Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica
Universitat Politècnica de València

Monitor de Calidad de Servicios en Google App Engine

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Informática

Autor: Andrés Páez Rosales

Tutor: Silvia Abrahao Gonzales

2015 - 2016

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible en gran parte al apoyo de mi familia, que sin ellos no hubiese sido posible llegar aquí. Agradecer a mis amigos y compañeros y en especial a mi amigo Alejandro Lopez Peris, por acompañarme y apoyarme en este camino académico.

Especial agradecimiento a Silvia y a Emilio por confiar en nosotros para la ejecución de este proyecto y a Javier Jimenez de cuyo proyecto está basado.

Resumen

En lo respectivo a las tendencias actuales a la hora del uso y creación de aplicaciones, la computación en la nube está en lo más alto. El uso de aplicaciones alojadas en servicios en la nube utilizando el modelo de Software como Servicio (SaaS) está siendo adoptada cada vez más por la gran mayoría de las organizaciones. A la hora de contratar estos servicios, se crea un Acuerdo de nivel de servicios (SLA) el cual define las características de calidad mínimas que el proveedor del servicio tiene que ofrecer en sus servicios, las cuales tienen que cumplirse por obligación. El incumplimiento de los acuerdos en el SLA desembocaría en una compensación por parte del proveedor del servicio al consumidor. Es por ello necesario el uso de sistemas de monitorización que se encarguen de la tarea de extraer, procesar y analizar la información necesaria para poder controlar el funcionamiento correcto del servicio contratado. Esto será de gran utilidad para las dos partes del contrato, por parte del consumidor del servicio para verificar que el servicio que ha contratado cumple los requisitos funcionales mínimos y por parte del proveedor del servicio para poder ofrecer garantías de calidad.

El grupo de investigación ISSI de la UPV está trabajando en una infraestructura de monitorización de servicios cloud que utiliza modelos en tiempo de ejecución (models@run.time) para evaluar la calidad de los servicios y detectar incumplimientos en los acuerdos a nivel de servicio (SLA). En trabajos anteriores se ha propuesto una infraestructura de monitorización [5] [6] y un componente Middleware encargado de dicha tarea [4] [10]. En particular, se ha propuesto el diseño de un middleware independiente de plataforma y una implementación de dicho middleware para la plataforma Microsoft Azure [10].

En este trabajo se presenta el diseño e implementación de un sistema de monitorización de calidad de servicios cloud específico para la plataforma Google App Engine. En particular, este proyecto se centra en definir un Monitor que permita leer las directivas de monitorización contenidas en un modelo de calidad en tiempo de ejecución, calcular las métricas, mostrar los resultados de monitorización a los usuarios y detectar incumplimientos del SLA. Para comprobar el pragmatismo de este acercamiento se ha realizado un caso de estudio que muestra como utilizar el monitor propuesto para monitorizar servicios en la plataforma Google App Engine.

Este enfoque significará un gran avance respecto a las herramientas de monitorización actuales, las cuales se centran en obtener datos de bajo nivel de las plataformas. Además el enfoque establecido establece un estándar para la recolección de datos de cualquier tipo de plataforma, ampliando la visión de un monitor para una plataforma o varias específicas a un monitor aplicable a cualquier plataforma de computación en la nube.

Palabras clave: Computación en la nube, Calidad de Servicio, Acuerdo de nivel de servicio, Modelos en tiempo de ejecución, Monitorización, Google App Engine.

Abstract

According to the current trends in the use and creation of applications, cloud computing is at the top. The use of applications as cloud services using the Software as a Service (Saas) model is more and more being adopted by most of the organizations. When hiring these services, a Service Level Agreement (SLA) is signed to define the minimum quality characteristics that the service provider has to offer in the services provided, which are mandatory to comply. The non-fulfillment of the SLA agreements will result in compensation to the consumer by the service provider. For these reasons, it is indispensable the use of monitoring systems which will manage the tasks of extraction, process, and analysis of the information needed for controlling the correct performance of the hired service. This will be very helpful for both parts of the contract, for the consumer of the service to verify that the hired services fulfills all the minimum functional and quality requirements and for the service provider to provide quality assurance.

The ISSI research group from the UPV is working in a monitoring infrastructure for cloud services which exploits models at runtime (models@runtime) to both evaluate the service quality and detect violations of SLAs. In previous works, it has been proposed a monitoring infrastructure [5] [6] and a Middleware component in charge of this task [4] [10]. In particular, it was proposed the design of a platform-independent middleware and an implementation of this middleware for the Microsoft Azure platform [4].

In this project, it is presented the design and implementation of a cloud services quality monitoring system specific for the Google App Engine platform. In particular, this project defines a Monitor that uses as input monitoring directives contained in a quality model at runtime in order to calculate the metrics to provide the monitoring results to the user and to detect SLA violations. To check the pragmatism of this approach, we have developed a Google App Engine platform oriented implementation and also a study case to illustrate the use of the monitor in practice.

This approach advances the existing monitoring tools, which are mainly focused in extracting low level data from the platforms. Also, the approach establish an standard of data recollection on any kind of platform, expanding the vision of one or several platform-dependent monitor to a monitor that can be implemented in any cloud computing platform.

Keywords: Cloud computing, Services quality, Service level agreement, Models at Runtime, Monitoring, Google App Engine.

Resum

En lo respectiu a les tendències actuals a l'hora de l'ús i creació de aplicacions, la computació al núvol està al cim. L'ús d'aplicacions allotjades en serveis al núvol utilitzant el model de Software com a servei (SaaS) està sent adoptat cada vegada mes per la gran majoria d' organitzacions. A l'hora de contractar aquests serveis, es crea un Acord de nivell de servei (*Service Level Agreement,* SLA) que defineix les característiques de qualitat mínimes que el proveïdor de servei ha d' oferir al seus serveis, les que tenen que complir per obligació. L'incompliment dels acords al SLA desembocaria en una compensació per part del proveïdor del servei al consumidor. És per això necessari l'ús de sistemes de monitorització que s'encarreguen de la tasca de extraure , processar i analitzar la informació necessària per poder controlar el funcionament correcte del servei contractat. Aquest serà de gran utilitat per les dos parts del contracte, consumidor del servei per poder verificar que el servei que ha contractat compleix els requisits funcionals mínims i per part del proveïdor del servei per poder oferir garanties de qualitat.

El grup d'investigació ISSI de la UPV esta treballant en una infraestructura de monitorització de serveis Cloud que utilitza models en temps de execució (model@run.time) per avaluar la qualitat dels serveis i detectar incompliments en els acords de nivell de servei (SLA). En treballs anteriors se ha proposat una infraestructura de monitorització [5] [6] y un component Middleware encarregat de aquesta tasca. En particular, se ha proposat el disseny d'un middleware independent de plataforma i una implementació de aquest middleware per a la plataforma Google App Engine.

En aquest treball es presenta el disseny i implementació d'un sistema de monitorització de qualitat de serveis cloud específic per la plataforma Google App Engine. En particular, este projecte es centra en definir un Monitor que permet llegir les directives de monitorització contingudes en un model de qualitat en temps d'execució calcular les mètriques, mostrar els resultats de la monitorització als usuaris i detectar incompliments del SL. Per comprovar el pragmatisme d'aquesta aproximació s'ha realitzat una implementació orientada a la plataforma al núvol Google App Engine a mes d' implementar un cas d'estudi per poder provar-la.

Aquest enfocament significarà un gran avanç respecte a les ferramentes de monitorització actuals, les quals es centren en obtindre dades de baix nivell de les plataformes. A mes l' enfocament estableix un estàndard per a la recol•lecció de dades de qualsevol tipus de plataforma, ampliant la visió d'un monitor per una plataforma o varies especifiques a un monitor aplicable a qualsevol plataforma de computació al núvol.

Paraules claus : Computació al núvol, Serveis de qualitat, Acord de nivell de servei, Models en temps de execució, Google App Engine.

Índice

Índice de Figuras

Índice de tablas

1. Introducción

Este documento tiene a fin presentar el trabajo de desarrollo de un Middleware para la monitorización de servicios desplegados en Google App Engine. A lo largo de este documento se expondrás los conceptos más relevantes para el proyecto, el desarrollo y resultado final del trabajo.

1.1. Motivación

La corriente del desarrollo de software en los últimos años, se ha encaminado a la creación de aplicaciones que tengan unas características esenciales: Alta disponibilidad y accesibilidad desde cualquier lugar. Esto ha sido facilitado en gran medida por la globalización en el uso de Internet. Hoy en día, es muy difícil encontrar un hogar que no tenga un ordenador o una persona que no posea un dispositivo móvil con acceso a Internet.

La mayoría de usuarios de dispositivos informáticos, se decantan por el uso de aplicaciones web, antes que por la descarga de aplicaciones en sus dispositivos, lo cual puede ocasionar daños o cargas innecesarias en memoria. Debido a esto, la mayoría de desarrollos de aplicaciones tienden a ser aplicaciones o servicios web. Estos son aplicaciones que están desplegadas en la web, cuya lógica esta puesta en servidores que dan un servicio de despliegue y ejecución en la web.

La necesidad de una alta disponibilidad y accesibilidad, ha creado una nueva tendencia en el mercado, la creación de servicios en la nube. Se trata de una tecnología relativamente nueva que está cobrando una gran importancia en el desarrollo y uso de sistemas software[1], cuyo principal interesado son las empresas de desarrollo de productos software, junto con las encargadas de seguridad software y empresas desarrolladoras de aplicaciones para dispositivos móviles.

Por ello muchas empresas han adoptado el modelo de negocio de la computación en la nube. Estas plataformas agrupan distintos tipos de servicios: Infraestructuras como servicios (*Infraestructure as a Services*, IaaS), Plataforma como Servicio (*Platform as a Service*, PaaS), o Software como Servicio (*Software as a Service*, SaaS). Este modelo de negocio posee un gran número de ventajas tanto para los clientes como para los proveedores, tales como la alta disponibilidad, estabilidad, modelo de pago por uso, máximo aprovechamiento de recursos hardware, capacidad de escalar-reducir las aplicaciones bajo demanda y rápidamente, etc...

En este trabajo nos centraremos en servicios que utilizan Software como Servicio, SaaS. SaaS es un modelo de distribución de software donde el soporte lógico y los datos almacenados se alojan en servidores de una compañía TIC a los que se accede vía internet. La empresa TIC se ocupa del mantenimiento, operación diaria y del soporte usado por el cliente.

Un servicio SaaS, tiene un número de usuarios en ocasiones con picos de tráfico muy altos, por tanto debe soportar el acceso de millones de usuarios con un rendimiento escalable que responda a esta variabilidad. Para determinar el nivel de cumplimiento de un servicio, se crea un Acuerdo de Nivel de Servicio (*Service Level Agreement,* SLA) entre las dos partes. Un SLA es un contrato entre el proveedor de

servicio y el usuario de este. En este se acuerdan los requisitos mínimos que el servicio debe cumplir en la ejecución del servicio ofertado al usuario. Normalmente el proveedor de servicios cloud ofrece algunas garantías de rendimiento para servicios de cómputo y deja la detección de violaciones del SLA en manos del cliente. Además, pocos proveedores cloud recompensan al cliente automáticamente por estas violaciones, por lo que es necesario que el cliente pueda demostrar, con evidencias, estas violaciones encontradas.

De esta manera, es importante en la actualidad que el cliente cuente con herramientas que le permitan conocer el estado del comportamiento en tiempo real del servicio ofertado y comprobar que, en efecto, este servicio cumple los requisitos mínimos acordados en el SLA, para tener evidencias de sus violaciones, o la garantía de su correcto comportamiento. Igualmente, es interesante para la empresa proveedora ya que puede dar garantías de uso a sus clientes.

Para dar respuesta a esta necesidad varios métodos y herramientas de monitorización se han propuesto recientemente. Sin embargo, estas propuestas tienes varias limitaciones (ver sección 2).

Por todo ello es necesario el uso de una herramienta de monitorización, que permita medir los atributos de calidad y que genere informes fiables del nivel de servicio que se provee.

El desarrollo de estas herramientas supone un reto dado que el despliegue y ejecución de sistemas software en infraestructuras altamente dinámicas introduce un nuevo conjunto de desafíos y requisitos en lo que respecto a la monitorización. En consecuencia, una aplicación de monitorización debe de poseer flexibilidad para adaptarse a cualquier cambio en los requisitos de monitorización y mantenerse según el servicio escale hacia arriba o hacia abajo dinámicamente.

Una solución que podría satisfacer estas necesidades es el desarrollo de software dirigido por modelos (Model Driven Engineering). Sin embargo, sería una solución estática para la integración del SLA con la monitorización de métricas, lo cual imposibilitaría el cambio en esta. Los requisitos acordados en el SLA pueden sufrir cambios a lo largo del tiempo por nuevos acuerdos entre las partes. Por ello debemos considerar opciones más dinámicas. Para solucionar esto, y como solución más viable, Cedillo et al. [5][6] plantea el uso de los modelos en tiempo de ejecución (*models@runtime*). Estos modelos tienen el potencial de ser utilizados en tiempo de ejecución para supervisar y verificar aspectos particulares de los servicios cloud en tiempo de ejecución.

Esta tecnología especifican los datos que debe recoger la herramienta de monitorización, los cuales estarán basados en el SLA y en otros requisitos adicionales. Este modelo estará producido acorde a un modelo de calidad SaaS, que recogerá las características, subcaracterísticas, atributos y métricas que permitirán medir los atributos de calidad de los servicios en la nube.

Un modelo de calidad SaaS describe las características de un producto software, como se relacionan, como pueden ser medidas y que interpretación se puede dar a estas medidas.

Utilizando el modelo de calidad SaaS junto al SLA y otros requisitos adicionales, podremos crear un modelo con las características para la medición de los acuerdos y una estructura para su medición, el cual estará reflejado en el modelo en tiempo de ejecución (*models@runtime*).

Esta aproximación de monitorización de servicios cloud basada en modelos en tiempo de ejecución así como la infraestructura software que le soporta se ha propuesto en trabajos anteriores [4] [5] [6]. Aunque se ha propuesto un middleware de monitorización de servicios cloud independiente de la plataforma cloud (Jimenez, 2014), este ha sido explotado para su uso únicamente en la plataforma Microsoft Azure.

1.2. Objetivos

El propósito de este trabajo es crear un middleware para la monitorización de la calidad de servicios cloud (SaaS) y detección de incumplimientos del SLA que soporte la infraestructura de monitorización propuesta en Cedillo et al (2015), centrándonos en el desarrollo de la aplicación de monitorización de servicios desplegados en la plataforma Google App Engine.

Se han tratado de conseguir los siguientes objetivos:

- Creación de una herramienta de monitorización capaz de, teniendo un modelo en tiempo de ejecución, determinar si se cumplen o no los requisitos acordados en el SLA y que el usuario ha escogido con anterioridad en el configurador de monitorización.
- Instanciación de esta herramienta en la plataforma cloud Google App Engine, investigando las herramientas que esta aporta para la extracción de los datos propios de la plataforma y trabajando con estas.
- Definición de un método para la obtención de los datos de monitorización de otras plataformas y su integración con el cálculo de las métricas.
- Definición de métodos para el cálculo de las métricas obtenidas y para la alerta en el caso de que se encuentre una violación del SLA.

1.3. Contexto.

Este proyecto es la creación del monitor de aplicaciones o servicios desplegados en la plataforma cloud Google App Engine basado en el trabajo de fin de grado presentado por Javier Jiménez el cual define un configurador y un middleware de monitorización de servicios cloud para la plataforma Microsoft Azure [10] [4].

El proyecto en general está dividido en dos trabajos de fin de grado: el trabajo de Alejandro López Peris, titulado “Configurador para la Monitorización de Calidad de Servicios en Google App Engine” cuyo objetivo es la configuración de los requisitos a monitorizar y la obtención del modelo en tiempo de ejecución y el presente trabajo cuyo objetivo es utilizar dicho modelo en tiempo de ejecución para la monitorización de la calidad de servicios cloud desplegados en la plataforma Google App Engine así como la detección de incumplimientos del SLA.

Asimismo, este proyecto forma parte del proyecto de investigación "Desarrollo Incremental de Servicios Cloud Dirigido por Modelos y Orientado al Valor del Cliente (*Value@Cloud*)" realizado por el grupo de investigación de Ingeniería del Software y Sistemas de Información (ISSI) del Departamento de Sistemas Informáticos y Computación (DSIC) y del Departamento de Organización de Empresas (DOE) de la Universitat Politécnica de Valencia. En particular, el trabajo desarrollado forma parte del paquete de trabajo "Definición y gestión de mecanismos de monitorización del valor en tiempo de ejecución".

1.4. Estructura del documento

En el primer capítulo se ha hecho una pequeña introducción a este trabajo, declarando la motivación para hacerlo, los objetivos que espera cumplir, el contexto alrededor del trabajo y la estructura que va a tener este documento.

Los siguientes capítulos se estructuraran de la siguiente manera:

En el Capítulo 2 se presenta el estado del arte acerca de los métodos relacionados con este trabajo: la evolución de las técnicas de monitorización y la monitorización de servicios en la nube.

En el Capítulo 3 se presenta el contexto a este trabajo en lo que refiere a Cloud Computing. Se explica los conceptos principales de la computación en la nube, los servicios que ofrece y se presenta los acuerdos de nivel de servicio que definen las relaciones legales entre el cliente y el consumidor del servicio.

En el Capítulo 4 se presenta el proceso de monitorización propuesto por Cedillo et al [5] [6] exponiendo sus distintas fases y artefactos.

En el Capítulo 5 se representa la estructura del Middleware de Monitorización independiente de plataforma propuesto por Jimenez (2014), presentando sus componentes, funciones y la relación entre ellos., así como la contribución de este proyecto que consiste en la instanciación del middleware propuesto en la plataforma Google App Engine. En particular, se presenta el diseño de la arquitectura del middleware en la plataforma de Google App Engine y su implementación

En el Capítulo 6 presenta un ejemplo de monitorización de servicios en la plataforma Google App Engine haciendo uso de la infraestructura definida.

Para finalizar, en el Capítulo 7 se describe las conclusiones generales, los problemas enfrentados en el desarrollo y los trabajos futuros.

2. Análisis del estado del arte

En esta sección se expondrán las tecnologías de monitorización halladas en la literatura. Primero se procederá a introducir la monitorización de servicios en la nube. A continuación, se pondrá en contexto la monitorización de servicios en la nube a través de sus orígenes en la monitorización de sistemas distribuidos. Tras ello se procederá a exponer los distintos acercamientos actuales encontrados en la literatura al problema, describiendo sus diferencias y tendencias. Por último se procederá a hacer una comparación entre las distintas herramientas de monitorización y se detallaran sus virtudes y carencias.

2.1. Introducción a la monitorización en la nube

Actualmente muchas empresas están adoptando tecnologías cloud como solución de provisión de recursos tecnológicos, para sus necesidades de infraestructura y software. Como consecuencia de esto, se hace necesario contar con mecanismos de monitorización flexibles, que permitan tanto al cliente como al proveedor, evaluar la calidad de los servicios ofertados con el fin de ofrecer una adecuada provisión de los mismos. Existen muchas soluciones en el mercado para la monitorización de servicios desplegados en la nube. Sin embargo, la mayoría provee métricas simples, que no están directamente relacionadas a los Acuerdos de Nivel de Servicios (SLA) y tampoco cuentan con mecanismos personalizados, que permitan especificar nuevas fórmulas para el cálculo de métricas complejas. Para administrar estos servicios y hacer posible que cumplan con los términos de acuerdo de servicio (SLA) es vital obtener información de rendimiento y calidad de los servicios desplegados.

Un proceso que complete y precisamente identifica la causa base de un evento mediante la captura de la información correcta en el momento correcto y con el menor coste para determinar el estado de un sistema y supervisar su estatus en una forma oportuna y significante.

Estas herramientas son vitales para proveedores y clientes de servicios en la nube ya que los métodos de pago por uso necesitan de datos precisos de rendimiento para poder realizar la facturación correcta. La monitorización es una parte necesaria para los procesos de provisión de recursos/servicios, planificación óptima de la calidad, comprobación de SLAs, gestión de la configuración, facturación y seguridad y privacidad. Para este cometido una gran variedad de herramientas y técnicas están disponibles. Estas utilizan distintos tipos de acercamiento a la monitorización. Estas herramientas pueden clasificarse según el tipo de datos que extraen y de cómo los obtienen.

2.1.1. Tipo de datos

Podemos clasificar los datos de un servicio cloud en tres capas, relacionadas con las tres formas de provisión de servicios cloud: IaaS, PaaS y SaaS. La infraestructura como servicio (***Infrastructure as a Service*, IaaS**) se encuentra en la capa inferior y es un medio de entregar almacenamiento básico y capacidades de cómputo como servicios estandarizados en la red. Servidores, sistemas de almacenamiento,

conexiones, enrutadores, y otros sistemas se concentran para manejar tipos específicos de cargas de trabajo. El ejemplo comercial mejor conocido es Amazon Web Services, cuyos servicios EC2 y S3 ofrecen cómputo y servicios de almacenamiento esenciales (respectivamente).

Es la capa del medio, en inglés conocida como **Platform as a Service (PaaS)** consiste en la encapsulación de una abstracción de un ambiente de desarrollo y el empaquetamiento de una serie de módulos o complementos que proporcionan, normalmente, una funcionalidad horizontal (persistencia de datos, autenticación, mensajería, etc.).

De esta forma, un arquetipo de plataforma como servicio podría consistir en un entorno conteniendo una pila básica de sistemas, componentes o APIs preconfiguradas y listas para integrarse sobre una tecnología concreta de desarrollo

En este nivel, los datos obtenidos por la herramienta de monitorización serán los referentes al entorno de máquinas virtuales sobre los que se ejecuta el servicio (sistema operativo y otras herramientas). Este es el caso de *Google Stackdriver*, la herramienta de monitorización propia de Google App Engine que permite obtener datos del sistema operativo Linux sobre el que trabajan las herramientas como el tiempo de ejecución de una petición.

Los datos de SaaS por otra parte serán los referentes a la implementación concreta del servicio y variarán dependiendo del dominio del servicio y la tecnología con la que esté implementado. Por ejemplo un servicio que gestiona una página de comercio electrónico o un servicio de gestión de pagos aportarán datos diferentes, en uno podremos obtener datos acerca del tiempo medio que un ítem pasa en el carrito hasta que es comprado y en otro el número de pagos realizados con una determinada sucursal en un día.

2.2. Monitorización en sistemas distribuidos tradicionales

El germen común de los inicios de monitorización de servicios en la nube, se tienen también en las tecnologías que marcaron los inicios de la nube, esto son los sistemas distribuidos de clústeres de cómputo y grids. De estas tecnologías emergieron también las herramientas de monitorización que se aplicarían a la nube.

La computación en la nube se diferencia de la de los clústeres en que el sistema es considerado como una unidad y la tarea a desarrollar es la misma en cada nodo de los clústeres. Además los clústeres son un grupo de ordenadores conectados entres si por una red local (LAN). Esto no es así en la computación en la nube donde en cada nodo diferentes máquinas virtuales comparten recursos cada una pudiendo servir a un propósito diferente y la escalabilidad es más amplia pudiendo estar geográficamente distribuidos. La comparación con el grid es más compleja dado que comparten varios puntos en común y de hecho la infraestructura de la computación en la nube puede verse como un grid. Según Hassan [9] la diferencia radica en los servicios ofrecidos por ambas plataformas, mientras que los grids están diseñados para ser de propósito general y las interfaces se mantienen a un nivel más bajo, la nube ofrece un conjunto más limitado de características pero a un nivel más alto ofreciendo servicios y recursos más abstractos (como por ejemplo un sistema operativo).

Aunque las características de este tipo de sistemas no sean idénticas a las condiciones de la nube, tanto como por requisitos a ser monitorizados como por las características de la tecnología que los constituyen, algunos de los sistemas y técnicas de monitorización han sido adaptadas para utilizarse en la nube y han surgido otras específicas para este tipo de entornos. Por ejemplo la herramienta de monitorización Nimsoft originalmente era utilizada para extraer datos relacionados con la infraestructura (red, servidores, bases de datos…) pero después evolucionó para ofrecer sus servicios como un Monitor de Nube Unificado para monitorizar servicios alojados externamente.

Categoria	Grid	Cluster	Cloud
Requerimientos SLA	Alto	Muy Alto	Bajo
Tipo de trabajo	Repetitivo	Muy repetitivo - MPP	Not MPP-Flujo de trabajo repetitivo
Dependencia de datos	Media	Alta	Alta
Dependencia I/O	Media	Alta	Baja
Dependencias externas	Media	Ninguna	Ninguna
Tiempo de integracion	Largo	Largo y en marcha	Corto
Tolerancia a fallos	No deseable pero posible	No	No
Unidades tipicas de trabajo	Segundos a minutos	Muy corto. Algunos minutos max.	Largo. Desde minutos a horas

Tabla 1. Comparación de sistemas

MPP*: Massively parallel

2.3. Herramientas de monitorización en la nube

Actualmente existen numerosas herramientas académicas y comerciales que cumplen con las funciones de monitorización de servicios. Algunas ofrecen solamente medios de extracción de datos del servicio monitorizado mientras que otras ofrecen soluciones integrales que se ocupan desde la extracción de datos hasta la generación de informes y su visualización.

Según la revisión realizada en 2014 por Kaniz Fatema et al [11], se pueden clasificar estas herramientas según el alcance del tipo de datos que pueden obtener del

servicio a ser monitorizado, tal y como se ha comentado la sección 2.1 de este capítulo. Muchas de las herramientas de monitorización de servicios en la nube como Amazon Cloud Watch [20], Azure Watch, Nimsoft y Datadog son capaces de monitorizar tanto al nivel de la infraestructura como de la aplicación. Sin embargo, otras herramientas solo son capaces de monitorizar o bien al nivel de la infraestructura, por ejemplo BMC TrueSight Pulse.

La gran variedad de tecnologías y plataformas proveedoras de servicios cloud ha tenido como consecuencia que las herramientas se especialicen en una plataforma en concreto y es difícil encontrar una solución multiplataforma, siendo estas cada día más necesarias. Un ejemplo de herramienta multiplataforma es ZENOSS .

Por una parte, la necesidad de los proveedores de ofrecer un servicio de confianza y calidad a los consumidores ha producido que por su parte los proveedores de servicios en la nube ofrezcan herramientas de monitorización propias especializadas en las características de sus plataformas. Es el caso de Amazon Cloud Watch el monitor de los Amazon Web Services en Amazon EC2, incluyendo instancias de servicios y las diferentes bases de datos ofertadas por Amazon[17]; Azure Diagnostiscs [21] en el caso de Microsoft Azure y sus servicios, instancias de servicios de Windows Azure, bases de datos SQL de Azure y almacenamiento Azure; o Google Cloud Monitoring la herramienta de Google Cloud Platform que permite la monitorización de servicios en la nube, máquinas virtuales y otros servidores de código abierto como Apache, MongoDB, Nginx...

En las siguientes subsecciones se llevará a cabo una revisión de las herramientas, técnicas y tendencias más populares, concluyendo con una comparación de las herramientas más populares y una exposición de los puntos débiles de estas técnicas.

2.3.1. Monitorización basada en agentes

Con respecto a las técnicas utilizadas por estas herramientas para la recuperación de información, la más común presente en propuestas académicas es Nagios y PandoraFMS. La monitorización por agentes es típica de la monitorización multipropósito. Este tipo de monitorización consiste en instalar una pieza de software denominada agente en cada servicio a ser monitorizado. Cada agente se encarga de recuperar datos del servicio en el que se ejecutan y, dependiendo de la solución, procesarlos construyendo métricas de más alto nivel. Cada uno de los agentes se encarga de que periódicamente esos datos propios de cada servicio sean enviados a un segundo componente software llamado servidor de monitorización cuya tarea principal es recuperar los datos recolectados por los agentes, tratarlos si fuese necesario y almacenarlos para su análisis posterior. Este servidor suele encargarse también del ciclo de vida de los agentes, detectando agentes desconectados y regulando el comportamiento de estos según el estado en el que se encuentre el sistema (por ejemplo reduciendo la actividad de los agentes en momentos de elevada carga) y además de lanzar alertas si fuese necesario.

Con el propósito de mejorar el rendimiento y características de calidad como la disponibilidad, se han establecido diferentes propuestas que varían la topología de la monitorización. Por ejemplo, para evitar que la monitorización se vea comprometida por un fallo del servidor del nodo que actúa como servidor de monitorización se han

propuesto sistemas de comunicación en los que el rol de servidor de la monitorización puede ser adoptado por cualquiera de los agentes llegado el caso. También con el propósito de mejorar la eficiencia de la monitorización Meng et al. [13] proponen el uso de árboles de agentes que puedan desarrollarse o ser podados de forma dinámica según el servicio varía en su aprovisionamiento según las condiciones de elasticidad así lo requieran.

La elasticidad es una de las propiedades más interesantes de la computación en la nube y a su vez es la que más difícil hace el proceso de monitorización, sobre todo en los casos que la monitorización es llevada a cabo por agentes. Dado que un agente es asociado a un recurso virtual como una máquina virtual que provee un servicio, cuando estas instancias se duplican no solo es un problema la identificación de cada una de las máquinas, sino que la infraestructura de monitorización debe adaptarse (lanzando más agentes o aumentando la carga de agentes libres con las tareas asociadas a esas nuevas máquinas virtuales). A su vez es complicado establecer que recursos físicos está empleando cada máquina virtual y es necesario establecer correlaciones entre los datos aportados por distintas máquinas virtuales. El problema de la elasticidad y la monitorización es tratado por Moldovan et al. [14] ofreciendo distintas soluciones a nivel de arquitectura y de funciones de cálculo sobre estos datos.

2.3.2. Monitorización como Servicio (Monitoring as a Service, MaaS)

Una tendencia que se hace patente en las últimas publicaciones sobre la materia es ofrecerlos servicios de monitorización como un servicio en la nube. La mayoría de herramientas de monitorización ofrecen sus servicios como SaaS, es decir el servicio es alojado y mantenido en una plataforma externa a la del servicio que se quiere monitorizar y un tercero contrata esos servicios de monitorización.

La provisión de un servicio de monitorización de esta manera supone grandes ventajas. Meng et al. [13] son expuestas algunas:

Primero, este tipo de provisión de servicios de monitorización ayuda a minimizar el coste de propiedad de estas herramienta permitiendo obtener los mismos resultados de forma más barata ya que el consumidor de estos servicios ya no tendrá que hacerse cargo de los costes de sobre trabajo que generan este tipo de aplicaciones a la hora de monitorizar los servicios, evitando así costes extras de almacenamiento y procesamiento, y la sobrecarga en instantes de alta demanda.

Además este modelo permite beneficiarse de las actualizaciones centralizadas de la plataforma de monitorización, proveyendo software de mayor calidad de manera constante.

También este sistema hace más sencillo para los propietarios de los servicios desplegar monitores a distintos niveles de los servicios en la nube en comparación con la obligación de crear cada uno de estos monitores específicos para tu servicio.

Además de ello, MaaS se beneficia de las ventajas del modelo de negocio de SaaS, de manera que permite el modelo de facturación pago por uso (pay-per-use). De esta forma, los costes iniciales necesarios para el uso de estas herramientas sería más bajo que en el formato tradicional, ajustándose así a proyectos de menor envergadura con presupuestos reducidos que podrán beneficiarse de este tipo de herramientas.

Este modelo también permite a los proveedores de servicio consolidar las demandas de monitorización a distintos niveles para conseguir una monitorización eficiente y escalable. Teniendo la capacidad de ceder más recursos según sea necesario para la monitorización de servicios que hayan crecido debido a la alta demanda y así evitando que los servicios de monitorización acaparen más tiempo de procesador del necesario en momentos críticos de la provisión del servicio.

Por último, MaaS incita a los proveedores a invertir en nuevas herramientas de monitorización y ofrecer siempre un servicio de monitorización de la más alta calidad.

Sin embargo, las ventajas ofrecidas por MaaS tienen su contrapartida en la dificultad de implementación. El uso de servicios MaaS es problemático cuando el acercamiento que se usa para la extracción de datos de la monitorización es el de agentes. Esta técnica hace necesaria que los servicios en la nube a ser monitorizados sean capaces de soportar la instalación y ejecución de los agentes de los servicios SaaS encargados de extraer y transmitir los datos del servicio al núcleo de la monitorización. Por ello, estos agentes suelen estar disponibles en código abierto en el lado del cliente para facilitar la incorporación a nuevos servicios.

Estos servicios además suelen proveer funciones extra como un sistema de alertas que avisa a los clientes de incidencias con el servicio por medio de mensajes SMS, correos electrónicos y otros medios de comunicación. Así como herramientas de visualización del estado de los servicios monitorizados.

2.3.3. Monitorización del SLA

Uno de los objetivos de la monitorización de servicios en la nube consiste en vigilar el cumplimiento del Acuerdo de Nivel de Servicio (Software Level Agreement, SLA). Un SLA es un contrato estricto entre un proveedor de un servicio y su cliente en el cual se fijan los términos referentes a la calidad de la provisión del servicio. En él, se establecen y consensan los términos de nivel de calidad de servicio de todos los requisitos no funcionales (RNFs), por ejemplo, garantizar que la latencia del servidor de aplicaciones web sea menor que 100 ms. Las principales partes involucradas en este acuerdo son las partes signatarias: cliente y proveedor del servicio. Además, puede haber terceras partes involucradas que cumplen el rol de auditores encargados de comprobar que los términos del servicio de calidad sean cumplidos. Para que sea posible comprobar el cumplimiento del SLA es necesario contar con las herramientas y procedimientos apropiados que permitan medir los atributos correspondientes a los RNFs expresados en el documento. Para ello es necesario un monitor que sea capaz de extraer datos en el nivel de aplicación ya que los términos del SLA habitualmente asumen que serán garantizados a este nivel. Sin embargo este es un trabajo complicado para los monitores convencionales, ya que los datos extraídos de la capa de plataforma o la de infraestructura no pueden asociarse de manera obvia con las métricas requeridas en la capa de aplicación para la medición de los RNFs expresados en el SLA [16]. Como se ha comentado en el punto anterior, una aplicación puede compartir una o varias máquinas virtuales así como ejecutarse en varias máquinas físicas a la vez, hecho que dificulta la asociación de la semántica de los datos de bajo nivel con respecto a las características de más alto nivel que quieren ser monitorizadas.

Debido a ello, las técnicas de monitorización del SLA, más que necesitar de un acercamiento a la extracción de datos específico, se centran en aspectos de más alto

nivel. Su objetivo es conseguir establecer las relaciones pertinentes entre las especificaciones del SLA (muchas veces escritas en lenguaje natural) y el tipo de datos a obtener del servicio en la nube que permitan medir esos RNFs. De forma que el posterior análisis de los datos obtenidos permita determinar el cumplimiento o no de los requisitos establecidos en el SLA.

2.3.4. Comparación de herramientas de monitorización

Para la comparación de las herramientas de monitorización se han tomado un conjunto de soluciones comerciales y académicas populares, incluyendo las propias de los grandes proveedores de servicios en la nube. Se ha comparado la capacidad de ser utilizada en distintas plataformas, el tipo de tecnología que utilizan, el tipo de datos que son capaces de extraer de los servicios, si ofrecen monitorización y detección de violaciones del SLA y si son capaces de incorporar a su proceso de monitorización métricas personalizadas. La Tabla 1 presenta un resumen de la comparativa de estas herramientas.

	Multiplataforma	Datos de infraestructura	Datos de plataforma	Datos de aplicación	Basada en agentes	MaaS	Monitorización del SLA	Métricas personalizables	Tipo de solución
Azure Watch /Diagnostics	No	Si	Si	Si	*	No	No	Si	Comercial
Amazon Cloud Watch	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Comercial
Google app engine/ Stackdriver	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Comercial
Nagios	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Comercial, GPLv2
ZMON	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Comercial
Avaya	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Comercial

Tabla 2 - Comparación de herramientas de monitorización

2.4. Conclusiones

Las herramientas analizadas y la revisión de la literatura al respecto de la monitorización de servicios en la nube destacan el esfuerzo realizado por encontrar métodos de la extracción de la información de los servicios eficientes y precisos, tratando de salvar los obstáculos presentados por la tecnología en la nube. En su mayoría optan por las técnicas basadas en agentes por ser las que más datos pueden extraer del servicio, pero en casos que esto no sea posible existen herramientas que

utilizan otras técnicas. En su mayoría centran la atención en la extracción de datos de los niveles de infraestructura y plataforma de bajo nivel y se deja en manos de otras aplicaciones o del usuario el análisis de estos datos con el fin de establecer correspondencias entre atributos de calidad (elasticidad, seguridad, fiabilidad) y datos crudos procedentes del servicio. Sin embargo muchas herramientas ya disponen de la posibilidad de incorporar métricas personalizadas al proceso de extracción de datos, sin embargo estas deben ser en muchas ocasiones implementadas por el usuario en el propio servicio, incapaces de aprovechar la infraestructura de monitorización más que para, la nada trivial, tarea de comunicar estos datos con un servidor de monitorización.

Así mismo, la monitorización de los SLAs no aparece en la mayoría de aplicaciones comerciales, el usuario debe interpretar los datos de monitorización con el fin de corroborar el cumplimiento o no de los acuerdos de nivel de servicio. A excepción de las herramientas propias de las plataformas de provisión de servicios en la nube, el resto de herramientas hacen especial hincapié en estar disponibles para diversas tecnologías

3. Cloud computing

En esta sección se ahondará en los conceptos relativos a la computación en la nube (Cloud computing). Primero daremos una definición general del concepto de Computación en la nube. Seguidamente expondremos las ventajas y desventajas de la utilización de servicios de computación en la nube. En tercer lugar, clasificaremos los servicios cloud que se ofrecen en la actualidad. Y para finalizar esta sección explicaremos el significado del Acuerdo de nivel de servicio (*Service Level Agreement* SLA) en el entorno de la computación en la nube.

3.1. Definición de computación en la nube

La computación en la nube es una nueva tecnología añadida a la jerga de las tecnologías de la información a comienzos de 2007. Esta se refiere tanto al servicio ofertado en internet como al hardware y sistemas software en los data centers que ofrecen el servicio [12]. La utilidad de la computación en la nube es la de dar acceso por demanda a recursos informáticos. En esta estructura, los clientes siguen un modelo de pay-as-you-go que provee acceso a cuantos todos los recursos informáticos que se necesiten desde cualquier lugar [2].

Es un modelo que permite el acceso mediante la red a distintos recursos informáticos configurables, los cuales pueden ser provistos y desplegados con un esfuerzo de gestión e interacción con el proveedor mínimo [1]. Este modelo cloud se compone de las siguientes características esenciales:

- **Autonomía:** El consumidor puede unilateralmente proveerse de las características computacionales, tales como tiempo del servidor o almacenamiento de red, sin necesidad de requerir interacción humana con cada proveedor de servicio.
- **Acceso mediante la red:** Los recursos están disponibles a través de la red y accesible mediante mecanismos estandarizados que promueven su uso mediante un amplio rango de tipo de plataformas (p. ej., dispositivos móviles, tablets, ordenadores portátiles, ordenadores de sobremesa y estaciones de trabajo).
- **Agrupación de recursos:** Los recursos provistos por el proveedor están agrupados para servir múltiples consumidores utilizando un modelo de simultaneidad de múltiples usuarios, con distintos recursos dinámicos, tanto físicos como virtuales, y reasignados acorde a la demanda del consumidor. Hay un sentido de localización independiente en la que el consumidor no tiene control o conocimiento sobre la localización exacta de los recursos ofrecidos por el proveedor, aunque si sobre una localización a un nivel más abstracto, como puede ser Ciudad o País.
- **Elasticidad:** Las características pueden ser provistas y publicadas con elasticidad, en muchos casos automáticamente, para ser escalado externamente e internamente dependiendo de su demanda. Para el consumidor, las características disponibles a menudo aparecen de forma ilimitada y puede ser adquirida en cualquier momento.
- **Servicios medibles:** Los sistemas en la nube controlan y optimizan automáticamente los recursos influenciando las características medidas a un

nivel de abstracción apropiado al tipo del servicio. El uso de recursos puede ser monitorizado, controlado y reportado, proveyendo transparencia tanto para el proveedor como para el consumidor del servicio utilizado.

- **QoS predefinidos:** Los términos de calidad van expresados en los acuerdos de nivel de servicio (SLA) los cuáles expresan los parámetros de calidad entre los cuales el servicio va a ser ofrecido.
- **Modelo de computación bajo demanda:** Las organizaciones ya no tienen la necesidad de construir y mantener sus propios centros de datos. Sus necesidades están cubiertas por los recursos contratados a un proveedor que posee unos recursos mucho mayores que los que podría obtener la empresa a un precio menor.

3.2. Ventajas y riesgos del cloud computing

En esta sección se expondrán las ventajas y desventajas de la computación en la nube, las cuales entran en distintos ámbitos tales como económicos, como de rendimiento, como de seguridad y muchos más

3.2.1. Ventajas del cloud computing.

Las ventajas del cloud computing las podemos clasificar según el punto de vista del uso de esta, es decir, desde el punto de vista de los proveedores de servicios de cloud computing y desde el punto de vista de consumidores de este.

3.2.1.1. Punto de vista de los proveedores

- **Utilización de hardware más óptima**: En la mayoría de organizaciones, la utilización de recursos hardware raramente está a su capacidad máxima. El valor de la utilización de estos recursos es extremadamente minimizado en contra del coste de su obtención. La computación en la nube puede ayudar a las organizaciones con grandes inversiones en recursos hardware a alquilar los recursos no utilizados a otras organizaciones.
- **Ingresos mayores**: Da la oportunidad a especialidades que no se encontraban antes en el Mercado de ejecutar nuevos modelos de negocios para recibir mayores ingresos económicos. Además, la posibilidad de arrendar el hardware no usado da a la organización la posibilidad de producir beneficios extras.
- **Mercados Software más amplios:** Los proveedores software pueden entregar sus aplicaciones en forma de suscripciones básicas. Esta característica pueden fomentar el uso de su aplicación a los consumidores, lo cual también produce minimizar el uso de software pirata, permitiendo al usuario recibir ingresos mayores.
- **Monitorización de actividad:** Los proveedores son capaces de monitorizar las acciones y actividades de los clientes. Con esto, pueden promover los servicios y productos más utilizados por los clientes, con la posibilidad de ganar más dinero.
- **Mejor gestión de publicación:** Los proveedores SaaS tienen la libertad de enviar diferentes parches, releases y actualizaciones a cualquier cliente por separado. Dado que las aplicaciones software están alojados en servidores, las actualizaciones pueden ser automáticamente aplicadas sin la intervención del cliente.

3.2.1.2. Punto de vista de los consumidores

- **Costes reducidos**: La computación en la nube permite a pequeñas y medianas empresas recibir servicios de startups low cost que arriendan servicios de los proveedores cloud, en vez de tener su servicio propio. Además, grandes empresas pueden aprovecharse de la computación en la nube como solución táctica para hacer frente a situaciones puntuales sin gastar grandes sumas de dinero en adquirir recursos que no van a estar inactivos la mayoría de tiempo.
- **Tiempo de configuración menor**: Las organizaciones pueden adquirir y operar los recursos necesarios sin necesidad de invertir mucho tiempo en la instalación y configuración de estos recursos.
- **Problemas de instalación/ actualización inexistentes**: Las organizaciones se evitan tener problemas de instalación o actualización de los recursos. Los proveedores de los recursos o servicios son los encargados de proporcionar y gestionar la instalación y actualización de los recursos.
- **Mayor escalabilidad**: Las organizaciones pueden instalar cualquier número de instancias hardware/software sin mayor esfuerzo. Además, los clientes pueden eliminar las instancias no utilizadas para ahorrar costes. Esta elasticidad tiene dos ventajas principalmente: Primero, libera a las organizaciones de gastar grandes costes en recursos informáticos que no se van a utilizar en un futuro. Segundo, permite a las organizaciones afrontar pequeños inconvenientes con flexibilidad añadiendo nuevos recursos en el momento que lo necesite.

3.2.2. Riesgos del cloud computing.

La computación en la nube todavía es una tecnología joven. Las organizaciones normalmente prefieren adoptar metodologías contrastadas a lo largo del tiempo y por la utilización de las mejores prácticas de anteriores consumidores. Algunos de los riesgos de la computación en la nube incluyen:

- **Estándares**: La computación en la nube carece de estándares necesarios para perder acoplamiento entre proveedores y clientes. Cada cliente deberá utilizar APIs ofrecidas por los proveedores, para permitir que sus aplicaciones puedan utilizar los servicios disponibles. Esto quiere decir que cada proveedor tiene su propia tecnología y estándares, lo cual hace imposible para los clientes moverse de un proveedor a otro.
- **Dependencias**: Las organizaciones no quieren invertir en soluciones informáticas que en un futuro decidan dejar el mercado.
- **Transparencia**: Debido a que los proveedores tienen el control total de los recursos de la nube, estos pueden realizar cambios en la infraestructura y en los servicios sin necesidad de notificar a sus clientes. Estas cuestiones deben quedar escritas en el SLA para garantizar la continuidad y fiabilidad de las soluciones que el cliente utiliza.
- **Seguridad**: Las organizaciones no pueden imaginar alojar información crítica fuera de sus fronteras. Ellos piensan que perder el acceso físico y el control de los servidores que alojen esta información significa perder la información de por sí. Estas cuestiones hacen que información sensible pueda ser vulnerable en

cuestiones de seguridad y que puedan llegar a agencias de inteligencias u organizaciones competidoras.

- **Conexión a internet**: Para la utilización de los recursos alojados en la nube es imperativo tener conexión a internet. Por ello depende siempre de que se posea esta, limitando el ámbito de utilización de estas.
- **Disponibilidad**: Esto es una característica crucial para la estabilidad y éxito de las empresas. Los proveedores clave de computación en la nube invierten cientos de millones de dólares en su hardware para garantizar el alto nivel de servicio provisto a sus clientes. No obstante, la fiabilidad y la disponibilidad de los servicios en la nube no están garantizadas al 100% debido a circunstancias inesperadas. La carencia en este sentido provoca que las organizaciones tengan una copia de seguridad de sus datos localmente para situaciones de emergencia, lo que equivale a un coste extra.
- **Legislación**: Las leyes relacionadas con situaciones referentes a la computación en la nube, tales como la confiabilidad de dichas soluciones, la disponibilidad de los proveedores, la seguridad de su información, así como situaciones económicas están aún por determinar.

3.3. Clasificación de servicios cloud

En esta sección se expondrán los distintos métodos de clasificación de los servicios en la nube, primero atendiendo al criterio de la forma de despliegue y en segundo lugar al modelo de servicio ofrecido:

3.3.1. Modelos de despliegue

El despliegue de servicios cloud incluye aquellos procesos mediante los cuales se procede a la puesta en marcha de aquella infraestructura y software necesario para que el servicio entre en la fase de producción, es decir, esté listo para su utilización. Según las características de la infraestructura de despliegue se pueden clasificar a un servicio como:

- **Nubes Privadas (Private Cloud):** La infraestructura en la nube es provista para el uso de una única organización con muchos consumidores. Puede pertenecer, ser gestionada y ser operada por una organización, por terceros, o por una combinación de las anteriores.
- **Nubes Comunitarias (Community Cloud):** La infraestructura en la nube es provista exclusivamente para una comunidad de consumidores que tienen asuntos compartidos. Puede pertenecer, ser gestionada y ser operada por una organización, por terceros, o por una combinación de las anteriores.
- **Nubes Públicas (Public Cloud):** La infraestructura en la nube es provista para el uso libre del público en general. Puede pertenecer, ser gestionada y ser operada por empresas, organizaciones gubernamentales o académicas, o una combinación de las anteriores.
- **Nubes Híbridas (Hibrid Cloud):** La infraestructura en la nube es una composición de dos o más infraestructuras cloud distintas que mantienen sus entidades únicas pero que se juntan por estándar o tecnologías que permiten la portabilidad de datos.

3.3.2. Modelos de servicio

Teniendo en cuenta qué tipo de servicio ofrece el proveedor podemos encontrar:

- **Software como servicio (Software as a Service - SaaS):** Las características que se provee al consumidor son las del uso de las aplicaciones de los proveedores las cuales son ejecutadas en infraestructuras cloud. Las aplicaciones se pueden acceder desde distintos dispositivos mediante una interfaz de cliente, tal como navegadores web, o programas específicos para cada dispositivo. El consumidor no gestiona o controla la infraestructura de las aplicaciones.
- **Plataforma como servicio (Platform as a Service - PaaS):** El servicio provisto por este modelo es el del despliegue en infraestructuras cloud de aplicaciones creadas usando lenguajes de programación, librerías, servicios y herramientas soportadas por el proveedor. El consumidor no gestiona ni controla la infraestructura de las aplicaciones.
- **Infraestructura como servicio (Infraestructure as a Service - IaaS):** Provee procesamiento, almacenamiento, red y otros recursos informáticos fundamentales donde el consumidor es capaz de desplegar y ejecutar software arbitrario, el cual puede incluir sistemas operativos o aplicaciones. El consumidor no controla ni gestiona la infraestructura, pero tiene control de los recursos provistos.

3.4. El acuerdo de nivel de servicio

El mayor problema actual del modelo de computación en la nube es la desconfianza que existe entre el cliente y el proveedor debido a los riesgos de esta tecnología y a la novedad de esta. En esta sección se describirá el rol que juega el acuerdo de nivel de servicio para regular la relación entre ambas partes y en el que se regulan sus derechos y obligaciones.

Los términos de un servicio en la nube contratado viene definido por 2 partes que constituyen un mismo documento: El acuerdo de servicio y el Acuerdo de Nivel de Servicio

El acuerdo de servicio es un documento que establece la relación legal entre el cliente y el proveedor de servicios Cloud. En este documento se establecen las reglas legales de la relación entre consumidor y proveedor.

El Acuerdo de nivel de servicio (Service Level Agreement, SLA) establece la calidad del servicio (Quality of Service, QoS) acordada entre clientes y proveedores. Es decir establece los límites mínimos y máximos para distintas propiedades acordadas, así como el procedimiento para reclamar al proveedor del servicio en el caso que se incumpla alguno de ellos, especificando además las compensaciones que se recibirán por el incumplimiento del acuerdo.

El mayor beneficio de la computación en la nube son los recursos compartidos, lo cual esta soportado por la naturaleza de su infraestructura. El SLA es ofrecida por los proveedores de servicio cloud como un acuerdo de servicio.

Cualquier estrategia de gestión del SLA consideran 2 fases: (1) La negociación del contrato y (2) la monitorización en tiempo real del servicio ofrecido. Así, la gestión del SLA engloba el esquema con los parámetros de la calidad de servicio (QoS, Quality of Service).

El punto principal es el de construir una capa sobre la red, la nube, o el middleware SOA capaz de crear un mecanismo de negociación entre los consumidores y los proveedores del servicio.

Resumiendo, el SLA describe la calidad mínima de servicio ofrecida por el proveedor cloud. Por normal general en ámbitos comerciales, los proveedores ofrecen unos términos no negociable que el cliente puede aceptar o buscar otro proveedor de servicios más acorde a sus necesidades. Solamente en casos en la que la organización tenga mucho peso en la contratación se puede llevar a cabo un contrato personalizado.

Este contrato puede ser suspendido en cualquier momento por cualquiera de las dos partes ya sea por alguna causa o por ningún motivo en concreto.

El SLA está formado por 3 partes básicas: (1) Una colección de promesas hechas al consumidor cloud, (2) una colección de promesas específicamente no hechas al consumidor y (3) un conjunto de obligaciones que el cliente tiene que cumplir.

En el caso de que el proveedor falle a la hora de cumplir alguna de los puntos acordados en el SLA, el proveedor deberá dar alguna compensación al cliente del servicio. Esta compensación estará especificada en el SLA.

La desventaja de la computación de la nube en relación con los SLAs es la dificultad de determinar la causa raíz en el caso de que no se cumpla alguna de las clausulas escritas en estas debido a la compleja naturaleza de su infraestructura.

La cláusula referente a la preservación de los datos concierne a los datos por parte del cliente que el servicio cloud puede almacenar y cuánto tiempo pueden estar almacenados en el proveedor. Por norma general, si el cliente rompe alguna de la cláusulas del SLA el proveedor no tiene ninguna obligación de guardar los datos guardados por el cliente. En el caso en el que el cliente sea el que quiera terminar el servicio, sus datos podrían conservarse durante 30 días.

En lo que concierne al uso de la información del cliente. Los proveedores se suelen comprometer a no vender, licenciar o hacer públicos cualquier dato que al cliente concierna con la excepción de que el cliente se lo pida explícitamente.

Por último, las limitaciones en el SLA describen las excepciones a la hora de tratar las clausulas acordadas en el contrato. Generalmente estas suelen ser por paradas de servicios programadas, las cuales no cuentan como una violación en las promesas del servicio.

En la mayoría de los casos el proveedor del servicio cloud no se hace cargo de la monitorización del cumplimiento de estos acuerdos expuestos en el SLA y debe ser el cliente el que debe encargarse de obtener estos datos y realizar las pertinentes reclamaciones. Aun así, el proveedor puede ofrecer métodos o aplicaciones para la monitorización de sus servicios.

3.5. Google App Engine

Google App Engine es una aplicación para construir aplicaciones web escalables y backend para aplicaciones móviles. App Engine provee servicios y APIS tales como almacenes de datos NoSQL, memoria caché y APIs de autentificación de usuario, comunes en la mayoría de aplicaciones.

App Engine trabaja con herramientas populares de desarrollo tales como Eclipse, IntelliJ, Maven, Git, Jenkins y PyCharm. Puedes construir tus aplicaciones con la herramienta que más te guste sin cambiar tu flujo de trabajo.

3.5.1. Google Stackdriver.

Servicio de monitorización, logging y diagnóstico de aplicación ejecutadas en Google App Engine, Amazon Web Services o una combinación de los dos.

Stackdriver es el primer servicio en incluir dashboards, monitoreo del tiempo de actividad, alertas, análisis del log, rastreo, reporte y debug en producción.

3.6. Otras plataformas Cloud

En esta sección se haremos una breve introducción a las plataformas cloud existentes: Microsoft Azure y Amazon AWS y de las aplicaciones de monitorización que estas plataformas ofrecen

3.6.1. Microsoft Azure

La plataforma Microsoft Azure fue anunciado por primera vez en el evento PDC (Professional Developers Conference) en 2008 como Windows Azure Platform y lanzado en 2010 como Windows Azure es un servicio IaaS y PaaS ofrecido por Microsoft para construir, desplegar y gestionar aplicaciones y servicios alojados en los centros de datos de Microsoft .

Este servicio es capaz de soportar distintos lenguajes de programación, herramientas y servicios, incluyendo los pertenecientes a terceros así como un ecosistema creado por Microsoft basado en .Net.

Microsoft Azure utiliza un modelo de pago de pay-as-you-go, en el cual el cliente paga el servicio según el número de datos utilizados.

3.6.1.1. Microsoft Azure Diagnostics

Microsoft Azure Diagnostics es un software y conjunto de APIs se encarga de "capturar datos del sistema y de logs procedentes de las máquinas virtuales y las instancias de las máquinas virtuales que se ejecutan en un servicio cloud de Azure y transfieren esos datos a una cuenta de almacenamiento de la elección del usuario". Es por ello el encargado de recuperar los datos de rendimiento de bajo nivel procedentes de los servicios. Estos datos están modelados en forma de instancias de la clase llamada Performance Counter. Un Performance Counter contiene datos relativos a únicamente una métrica de bajo nivel. Estos están clasificados por un nombre que representa la ruta de la procedencia de esta información.

3.6.2. Amazon Web Services (AWS)

Amazon Web Services es una colección plataforma de computación en la nube proporcionada por Amazon.com Los primeros servicios de AWS se lanzaron en 2006 para proporcionar servicios online para páginas webs y aplicaciones cliente. [15]

AWS proporciona algunos servicios incluidos:

- CloudDrive, que permite al usuario subir música, videos, documentos y fotos a aplicaciones conectados a la red. Este servicio solo permite a los usuarios a hacer streaming de la música en sus dispositivos.
- CloudSearch, una servicio de búsqueda usado normalmente para integrar búsquedas personalizadas en otras aplicaciones,
- DynamoDatabase, un servicio de base de datos NoSQL

3.6.2.1. Amazon CloudWatch

AmazonCloudWatch es un servicio de monitorización de los recursos de la nube de AWS y de las aplicaciones que se ejecutan en AWS. Se puede utilizar Amazon CloudWatch para recopilar y realizar el seguimiento de métricas y logs, establecer alarmas y reaccionar automáticamente a los cambios en sus recursos AWS. Amazon CloudWatch puede monitorizar recursos de AWS como, por ejemplo, instancias de Amazon EC2, tablas de Amazon DynamoDB e instancias de base de datos de Amazon RDS, así como métricas personalizadas generadas por las aplicaciones y los servicios, y los logs generados por las aplicaciones. Puede utilizar Amazon CloudWatch para obtener visibilidad para todo el sistema sobre la utilización de recursos, el desempeño de las aplicaciones y el estado de funcionamiento. Puede usar esta información para iniciar y mantener la ejecución de la aplicación sin problemas.

4. Arquitectura de Monitorización basada en Modelos en Tiempo de Ejecución

En esta sección se presenta la arquitectura de monitorización basada en modelos en tiempo de ejecución concebida por Cedillo et al [4] y refinada en posteriores trabajos [5] [6]. Esta arquitectura es la utilizada para la implementación tanto del monitor de servicios desplegados en la nube como en el configurador para la monitorización.

Primero presentaremos la arquitectura propuesta, a continuación se presenta el proceso de monitorización y se finaliza describiendo sus componentes más importantes.

4.1. Presentación de la Arquitectura de Monitorización basada en Modelos en Tiempo de Ejecución

Como hemos comentado anteriormente, la tendencia en la actualidad nos lleva al uso más común de los servicios que nos ofrece la computación en la nube. Siendo esta una tecnología bastante novel, tiene todavía algunos resquicios que hacen que falte mucho por solucionar.

Por esto, la evolución de la computación de la nube está promoviendo el desarrollo de nuevas tecnologías para proveer servicios de alta calidad. La infraestructura de la computación en la nube, en concreto el modelo de software como servicio, provee tanto herramientas que pueden ser usadas por los usuarios como servicios alojados en las plataformas cloud.

Debido a la naturaleza de la computación en la nube, la forma en la que los servicios se construyen y se despliegan ha cambiado. Como resultado de eso, es necesario cumplir una serie de requisitos no funcionales, incluyendo aquellas características específicas de la nube.

Uno de los resquicios mayores de la computación en la nube es el cómo poder determinar qué características se deben ofrecer para que el usuario reciba un servicio de calidad y como, de parte del usuario, se puede tener una certitud de que el servicio que se le ofrece y por el cual está pagando, en el caso en que sea de pago por uso, cumple unos requisitos mínimos. De esto, surge el Acuerdo de nivel de servicio (Service Level Agreement, SLA), el cual se define como un documento formal y negociado entre el proveedor del servicio y el cliente o consumidor del servicio, en el que se detalla el servicio mínimo que se va a ofrecer al consumidor, es decir, las características mínimas que debe cumplir el servicio. Estas características se miden según una serie de métricas, las cuales tienen que estar detalladas en el SLA, y por tanto tienen que poder ser medidas.

Con esto surge un interés común entre las dos partes del contrato, la monitorización del servicio ofertado. Por parte del consumidor, por tener constancia de que se cumple lo acordado en el SLA y en el caso de que no se cumpla poder reclamar y tener una compensación por ello, y, por parte del proveedor, certeza de calidad de su

servicio, pudiendo demostrar que este siempre cumple con los requisitos mínimos que se ofrecen.

Las opciones de monitorización tradicionales están restringidas a un entorno estático y homogéneo, y por ello, no pueden ser aplicadas correctamente a los entornos cloud. En el desarrollo de software tradicional muchas presunciones en el contexto están descritas en su diseño. La computación en la nube conlleva nuevos retos y necesidades a lo hora de evaluar y medir, debido a la a las características especiales de la computación en la nube, tales como la latencia, elasticidad y la escalabilidad.

Cedillo et al [4] propone el uso de Ingeniería dirigida por modelos (Model Driven Engineering, MFE) para enfrentarse a este problema presentando una arquitectura de monitorización basada en modelos de ejecución. Este proceso se centra en comprobar que los requisitos mínimos acordados en el SLA se cumplan así como los requisitos no funcionales que se desee monitorizar.

4.1.1. Modelo en tiempos de ejecución (Models@run.time)

En la Ingeniería dirigida por modelos, un modelo es una abstracción o representación de un sistema construido por un objetivo específico. Los modelos en tiempo de ejecución deben representar el sistema, sus estados y su comportamiento. Si el sistema cambia, los modelos tienen que cambiar también, y viceversa. Es esencial que también se representen por sí mismo. Los modelos en tiempo de ejecución son modelos con un alto nivel de abstracción, en concreto, son modelos que están conectados relativamente con el espacio del problema.

Los modelos en tiempo de ejecución, por lo tanto, se construyen en el reflejo pero buscan dibujar el problema desde la solución de este. Esto nos lleva a la siguiente conclusión: Un modelo en tiempo de ejecución es una auto representación casualmente conectada con el sistema asociado que hace énfasis en la estructura, el comportamiento o los objetivos del sistema desde una perspectiva del espacio del problema.

Así como en los modelos de desarrollo tradicionales, un modelo en tiempo de ejecución soporta el razonamiento. Los sistemas de usuario pueden utilizar los modelos en tiempo de ejecución para soportar la monitorización de estados dinámicos y el control de sistemas durante su ejecución, o para observar el comportamiento de los sistemas en tiempo de ejecución. Un modelo en tiempo de ejecución puede soportar potencialmente la integración semántica de elementos de software heterogéneos en tiempo de ejecución.

En una visión más global, podemos prever la utilización de los modelos de ejecución para arreglar errores o para tomar nuevas decisiones de diseño en sistemas en ejecución para soportar su diseño continuo.

4.1.2. Empleo de los modelos en tiempo de ejecución en la monitorización de servicios cloud

El uso de modelos en ámbitos de la monitorización de servicios permite en tiempo de ejecución detallar y clasificar los requisitos no funcionales a monitorizar, los cuales estarán definidos según unas métricas las cuales pueden ser extraídas desde la plataforma a monitorizar. Sin embargo no todos los requisitos no funcionales pueden

ser medibles en tiempo de diseño, por lo que es necesaria una tecnología que sea capaz de romper una barrera entre el diseño del sistema y el tiempo de ejecución.

Cedillo et al [4] sostiene que resulta útil el modelo en tiempo de ejecución para este propósito, dado que el desarrollador no tendrá que implementar un nuevo modelo y nueva implementación cada vez que aparecen nuevos requisitos, al contrario, con el modelo en tiempo de ejecución, se puede cambiar los elementos a monitorizar y como medirlos sin tener que parar la ejecución de la monitorización, lo cual representa menor coste de despliegue, de construcción y de ejecución. Además este modelo asegura la continuidad de la monitorización sin que tenga un coste muy elevado.

En este modelo, los atributos de la calidad de servicio están directamente conectados con la arquitectura de la monitorización, ya que esta depende de los requisitos no funcionales de estos. Por esta razón, es estrictamente necesario que exista una visión de los requisitos no funcionales a monitorizar con los datos que hacen posible la monitorización de alto nivel.

Por estas razones se decide realizar este proceso tomando como modelo el modelo en tiempo de ejecución.

4.2. El proceso de monitorización

El proceso de monitorización propuesto por Cedillo et al [4] consiste en 3 tareas, la cual se subdividen en una serie de actividades particulares. Este proceso se basa en la técnica de control de bucle autonómico (*autonomic control loop*). La idea de esta técnica es la de medir los parámetros de sistema, analizarlos, diseñar medidas correctivas en el caso de que sea necesario y ejecutar estas acciones en orden de mejorar el sistema. Un beneficio de esta técnica es el de la reducción de interacción humana para lidiar con la baja abstracción, el mantenimiento, y problemas de reusabilidad.

Las tareas a realizar por el proceso de monitorización son las siguientes (1) La Configuración de la monitorización, (2) el proceso de medición y (3) el análisis de los resultados. Como podemos ver en la Figura 1, el proceso de monitorización comienza con la configuración de la monitorización cuyo resultado es el modelo en tiempo de ejecución que va a ser utilizado para el proceso de medición y posteriormente para el análisis del resultado.

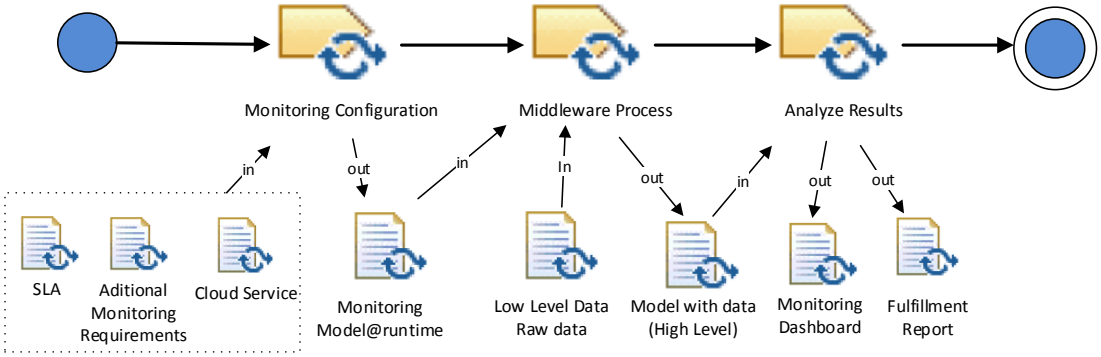


Figura 1. Proceso de Monitorización

El proceso de medición captura la información de bajo nivel de los servicios en ejecución utilizando técnicas que transformaran los datos en datos de mayor nivel los cuales permitirán a la tarea de Análisis de Resultados obtener un informe sobre la calidad del servicio

El proceso de Análisis de resultado utilizara los datos generados en el proceso de medición y los comparara con los requisitos no funcionales especificados crear un reporte en el que se detalle cuando ha fallado.

En el punto siguiente explicaremos as características de cada una de estas tareas así como sus entradas y sus resultados.

4.2.1. Configurador de la Monitorización

El configurador de la monitorización es responsable de la preparación del modelo en tiempo de ejecución. Genera el código mediante transformaciones. Este código va a ser utilizado por el middleware de monitorización para operar con la información sacada de la nube. La Figura 2 especifica el proceso de configuración de la monitorización.

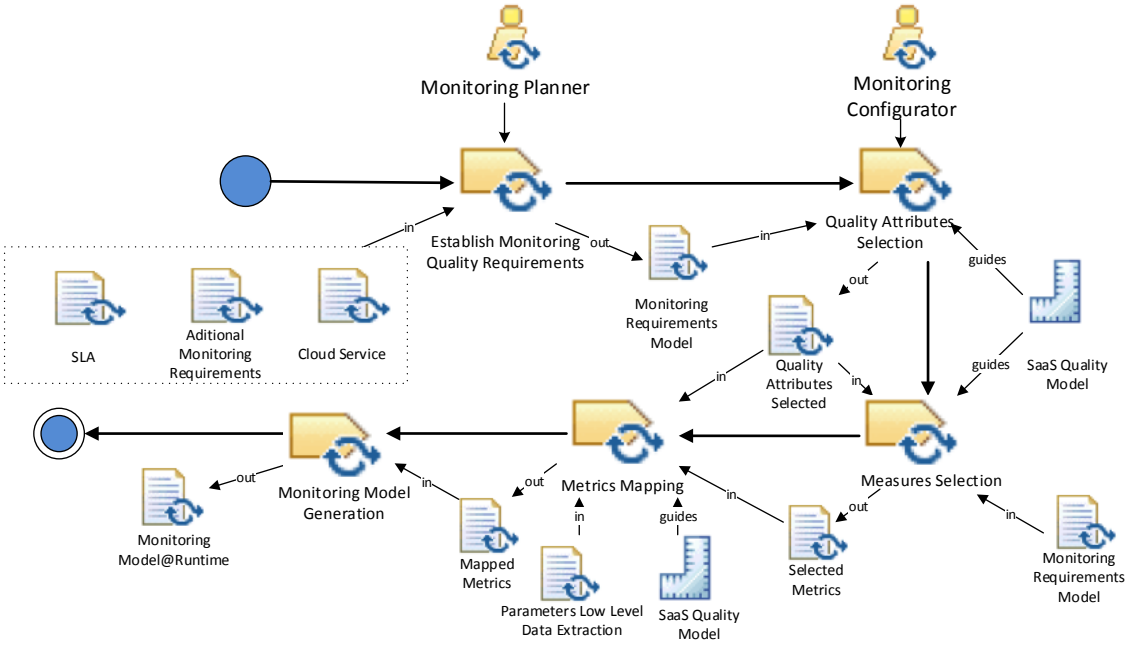


Figura 2. Configuración de la Monitorización

4.2.1.1. Tareas

A continuación se especificarán las tareas que intervienen en la configuración de la monitorización:

1) Establecer los requisitos de calidad para monitorizar (Establising Monitoring Quality Requirements)

Es la primera tarea de este proceso. Esta tarea tiene como entrada tres artefactos: (1) El acuerdo de nivel de servicio (*SLA*) con los requerimientos no funcionales, (2) los requisitos no funcionales adicionales a monitorizar (*Aditional Monitoring Requirements*), y (3) Los artefactos que van a ser analizados en el proceso de monitorización (*Artifacts*).

El resultado de este proceso son las Especificaciones de los Requisitos a monitorizar (*Monitoring Requirements Especification*). Este artefacto contiene las características, métricas y atributos a monitorizar. En el apéndice A se muestra el metamodelo del Modelo de Requisitos de Monitorización.

2) Selección de Atributos de calidad (*Quality Atributes Selection*)

Las características en las que se dividen la calidad y sus medidas asociadas pueden ser de gran utilidad para la evaluación de un producto software. En este trabajo, la calidad de un servicio Cloud se expresa mediante un modelo de calidad alineado con el estándar ISO/IEC 25010 [24] que descompone la calidad de servicio en Características, subcaracterísticas, métricas y atributos de calidad. El modelo también contiene métricas (con una o más operacionalizaciones).

En este proceso, se toma como entrada el documento de Especificación de Requisitos de Monitorización y, utilizando como guía un Modelo de calidad SaaS (*SaaS Quality Model*) y relaciona cada Requisito de Monitorización con el atributo de calidad SaaS apropiado. En el apéndice A se muestra el metamodelo del Modelo de Calidad SaaS.

El resultado de este proceso es el artefacto de Atributos de Calidad Seleccionados (*Quality Attribues Selected*).

3) Selección de Medidas (*Measures Selection*)

A los atributos de calidad que sacamos en el proceso anterior, es necesario especificar una forma de medirlos, para ello habrá que elegir las métricas para poder medir los atributos.

La Selección de métricas (*Measures Selection*) también utiliza el modelo de calidad SaaS y dependiendo de la perspectiva del usuario, selecciona las métricas apropiadas a aplicar. Es importante incluir la criticidad relativa a los atributos, para poner prioridades a tener en cuenta a la hora de ejecutivas las respectivas medidas correctivas.

El resultado de este proceso sería el conjunto de medidas asociadas a los atributos de calidad seleccionados identificadas como el artefacto Métricas Seleccionadas (*Selected Metrics*)

4) Asociación de métricas

Para monitorizar un servicio desplegado en la nube dependemos de las métricas dependientes de la aplicación. El resultado del proceso anterior es un artefacto con las métricas independientes de la aplicación, por tanto tendremos que mapear las métricas sacadas en el paso anterior con las métricas dependientes de la plataforma.

El resultado de esta tarea es el del artefacto de métricas asociadas (*Mapped Metrics*)

5) Generación del modelo de calidad en tiempo de ejecución (*Monitoring Model Generation*)

Las métricas ya escritas de manera dependientes de plataforma pasarán a formar parte del modelo en tiempo de ejecución (*Monitoring Model@Run.Time*), siendo este el producto final del configurador y la entrada del middleware de monitorización. Por lo tanto, el modelo en tiempo de ejecución contiene todas las directivas de monitorización: los requisitos a monitorizar, las características, atributos de calidad y métricas (tanto las métricas independientes de la plataforma como las específicas de la plataforma cloud), los mecanismos de extracción de datos, etc. En el apéndice A se muestra el metamodelo del modelo en tiempo de ejecución.

4.2.1.2. Artefactos

En esta sección explicaremos los artefactos implicados en el proceso de configuración de la monitorización:

- **SLA (*Service Level Agreement*):** Este artefacto representa al documento del acuerdo del servicio entre el proveedor del servicio cloud y el consumidor de este. En este documento se especifican los niveles mínimos y máximos acordados acerca del rendimiento del servicio contratado así como el

procedimiento para la reclamación por incumplimiento de alguno de estos acuerdos, especificando a su vez la compensación por ello.

- **Requisitos adicionales de la monitorización (*Additional Monitoring Requirements*):** Artefacto que representa los requisitos de monitorización no incluidos en el SLA pero incluidos en la monitorización debido a interés del consumidor.
- **Servicio en la nube (*Cloud Service*):** Este artefacto representa a la información necesaria relativa al servicio el cual va a ser monitorizado (tipo de servicio, datos de acceso, nombre del servicio, configuración, etc…).
- **Modelo de requisitos de la monitorización (*Monitoring Requirements Model*):** Este artefacto representa a los requisitos que deberán tenerse en cuenta durante la monitorización, los límites que deben mantener y la forma en lenguaje natural en la que deben medirse. Este modelo se puede encontrarse detallado en la sección 1.1 del Anexo
- **Modelo de calidad SaaS (*SaaS Quality Model*):** Este artefacto representa el modelo de calidad específico para la medición de la calidad de servicios en la nube provisionados como SaaS. Este modelo se toma como referencia a la hora de elaborar métricas válidas para la medición de atributos de calidad. Se puede encontrar el detalle de este modelo en la sección 1.2 del Anexo.
- **Atributos de calidad seleccionados (*Quality Attributes Selected*):** Este producto es el producto intermedio de la tarea. Contiene aquellos atributos que se han seleccionado para representar los requisitos no funcionales presentes en el modelo de requisitos de monitorización.
- **Métricas seleccionadas (*Selected Metrics*):** Este artefacto contiene las métricas independientes de plataforma escogidas para la medición de los atributos de calidad seleccionados.
- **Parámetros de bajo nivel de extracción de datos (*Parameters Low Level Data Extraction*):** Este artefacto contiene la información relativa a los diferentes tipos de datos que pueden extraerse del servicio y la plataforma donde se despliega y que podrán emplearse para medir atributos de calidad.

- **Métricas asociadas (*Mapped Metrics*):** Este artefacto es un producto intermedio de la tarea. Representa las métricas dependientes de la plataforma creadas para ser equivalentes a las métricas seleccionadas para medir atributos de calidad de los requisitos no funcionales seleccionados.
- **Modelo de monitorización en tiempo de ejecución (*Monitoring Model@Run.Time*):** Es el producto final del configurador de la monitorización. Este modelo contiene toda la información referente a la monitorización, es decir, los datos del servicio cloud, y los atributos, métricas, fórmulas, etc… Para la monitorización del servicio cloud.

4.2.1.3. Roles

En esta sección explicaremos los roles implicados en el proceso de configuración de la monitorización:

- **Planificador de la monitorización**: Este rol debe de ser desempeñado por un usuario con conocimientos sobre los acuerdos de nivel de servicio

alcanzados. A su vez debe tener conocimientos generales de la plataforma cloud y ser capaz de formular estos conceptos facilitando su medición y estableciendo los límites aceptados.

- **Configurador de la monitorización**: Este rol es desempeñado por un usuario experto del Modelo de Calidad Saas, con conocimientos de calidad de software y cuyos conocimientos sobre las métricas dependientes de plataforma sean bastante amplios para poder hacer una asignación entre las métricas del modelo de atributos de calidad SaaS y las métricas dependientes de la plataforma.

4.2.2. Proceso de Medición

El proceso de medición está incluido en el middleware de monitorización que recupera la información de los servicio y aplicaciones y provee información acerca de la monitorización a los usuarios y proveedores de servicios cloud. Usa el modelo en tiempo de ejecución descrito anteriormente (Ver punto 4.1.1) y usa un motor de medición para medir los atributos. La comunicación entre los servicios y el middleware es implementada mediante técnicas que permiten la comunicación bidireccional entre el middleware de monitorización y los servicio cloud.

El motor de análisis recibe la información del motor de medición y la compara con la información aportada por el SLA y los otros requerimientos no funcionales. El middleware provee los resultados los cuales pueden ser útiles a la hora tomar acciones a la hora de mejorar la calidad de la nube y la calidad del SLA.

4.2.3. Análisis de los resultados

El motor de análisis es parte del middleware de monitorización, su trabajo es el de comparar los valores obtenidos por el proceso de monitorización con los requerimientos no funcionales, analizar los resultados y hacer un reporte del análisis. Los resultados obtenidos por el sistema de monitorización se pueden utilizar para planear una estrategia para cambiar la infraestructura utilizando arquitecturas de reconfiguración que utilicen un sistema experto o un conocimiento base, adaptando su propio sistema y soportando el cumplimiento de los requisitos no funcionales, cerrando el bucle de control autonómico.

4.3. Componentes del Proceso de Monitorización

En esta sección se representara la estructura de los componentes de alto nivel que compondrán la estructura del monitor de servicios cloud. En la Figura 3. Se destacan dos grandes componentes:

- El Configurador del Middleware (*Middleware Configurator*)
- El Middleware de Monitorización y Análisis (*Monitorig and Analysis Middleware*).

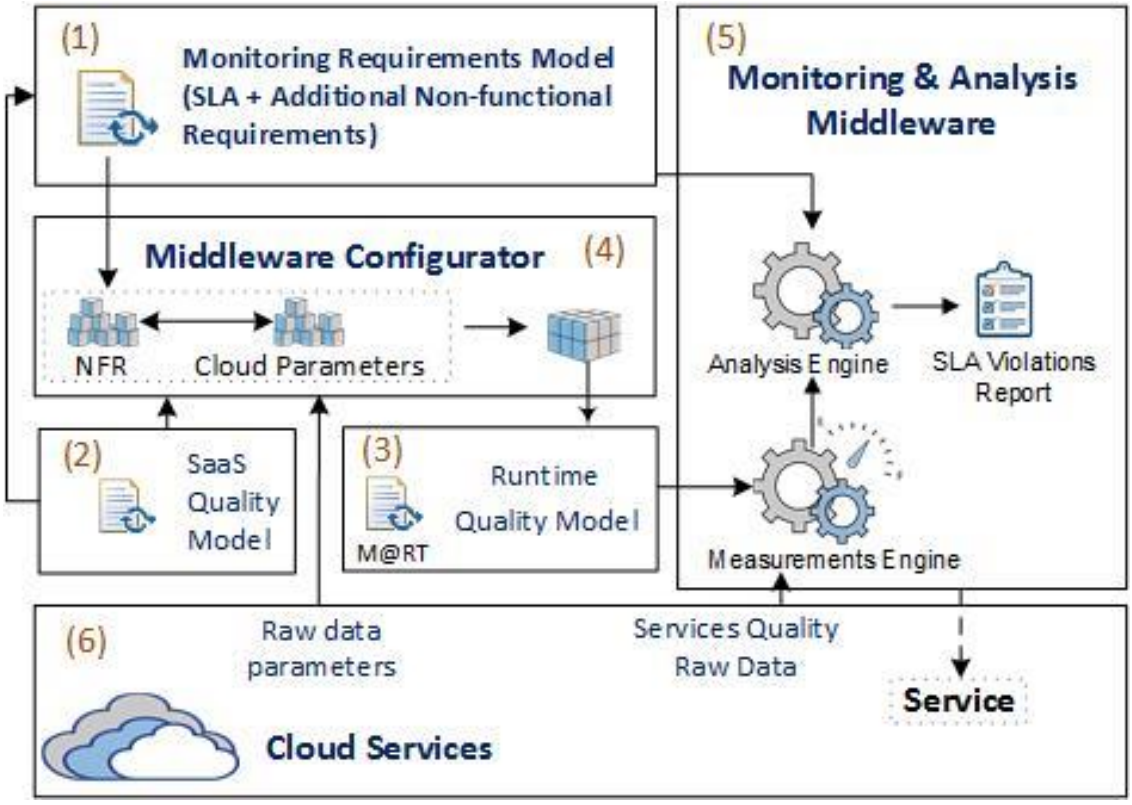


Figura 3. Componentes del proceso de monitorización

A continuación detallaremos cada uno de estos componentes.

4.3.1. Configurador del Middleware

En este proceso, un usuario con conocimientos respecto al modelo de calidad SaaS, al acuerdo de nivel de servicio (SLA) y a los parámetros dependientes de la plataforma, escoge una serie de parámetros para crear el modelo en tiempo de ejecución (*Monitoring Model@Run.Time*). Este usuario carga los datos del servicio cloud a monitorizar, carga el SLA para mapear los requerimientos con lo acordado con el usuario en el SLA, escoge los requisitos no funcionales del SLA y escoge del modelo de calidad SaaS las características, subcaracterísticas, atributos y métricas independientes de plataforma y posteriormente con estos escogerá las métricas dependientes de plataforma para monitorizar. Con esto creará las funciones para poder hacer los cálculos y mediciones para analizar los datos. Con todo esto se creará el documento XML el cual contiene el modelo en tiempo de ejecución que será el documento de entrada del middleware de monitorización.

4.3.2. El Motor de Monitorización y Análisis

El motor de monitorización y análisis es una parte esencial del proceso de monitorización, en él se producen las actividades nucleares del proceso de extracción y cálculo de datos.

El motor de Monitorización y Análisis se encarga de extraer los datos relacionados con los atributos de calidad del servicio y realizar las operaciones necesarias para obtener los valores necesarios a comparar con los datos a analizar.

Este proceso está dividido en tres componentes especializados: El Motor de Medición (*Measurement Engine*), el Mecanismo de recolección de datos de la plataforma (*Platform Data Retrieval Mechanism*) y el Motor de Análisis (*Analysis Engine*).

4.3.2.1. El Motor de Medición

El motor de medición es el encargado de realizar los cálculos sobre los valores extraídos por el Mecanismo de Recolección de datos de la plataforma.

Este componente calcula las métricas basadas en las operacionalizaciones detalladas en el modelo en tiempo de ejecución para la monitorización, después de calcularlas las guarda para su posterior análisis.

4.3.2.2. El Motor de Análisis

El Motor de análisis es el encargado de reportar si alguno de los datos recolectados se sale de los límites establecidos en el SLA.

Este componente analizara los cálculos obtenidos del motor de medición con los límites acordados en el acuerdo de nivel de servicio. Creará un reporte en el cual dejará si alguno de estos cálculos de los requerimientos no funcionales sobrepasa los límites establecidos, para que bien el usuario o el proveedor del servicio puedan tomar medidas al respecto en el asunto. Por parte del usuario, la reclamación y posterior cobro de la compensación y por parte del proveedor la posibilidad de mejora de su servicio.

4.3.2.3. El Mecanismo de recolección de datos de la plataforma

En este proceso se encuentran los mecanismos para recolectar los datos de la plataforma. Es decir las llamadas a la aplicación correspondiente y trata los datos de la manera pertinente. Este proceso depende de la plataforma cloud en la cual este desplegada el servicio, ya que está pondrá a disposición una API a la cual este proceso deberá llamar con una nomenclatura especial. Además se encargará de almacenar los datos para que estos puedan ser medidos y que quede constancia de estos.

5. Definición del Monitor de calidad de servicios de aplicaciones desplegadas en Google App Engine

En este capítulo se expone la implementación del proceso de monitorización y de servicios en la nube. Primero, se expondrá el diseño del monitor independendiente de plataforma propuesto por Jimenez [10]. A continuación, se expondrá la instanciación de este diseño para la plataforma Google App Engine, explicando las herramientas y tecnologías utilizadas para llevar al cabo el desarrollo del monitor de calidad en esta plataforma.. También, se expondrá un pequeño análisis de la plataforma seleccionada para la implementación y la influencia que tendrá en la implementación de este proceso. En el siguiente punto, se expondrá la parte del configurador de la monitorización y finalmente se expondrá la aplicación del Middleware de Monitorización.

5.1. Arquitectura del Monitor de Calidad de Servicios Independiente de Plataforma

La Figura 4 muestra la arquitectura del middleware de monitorización independiente de plataforma propuesta en el Trabajo Final de Master de Javier Jimenez [10], de la que nos basamos para la implementación del middleware de monitorización de servicios en la plataforma Google App Engine.

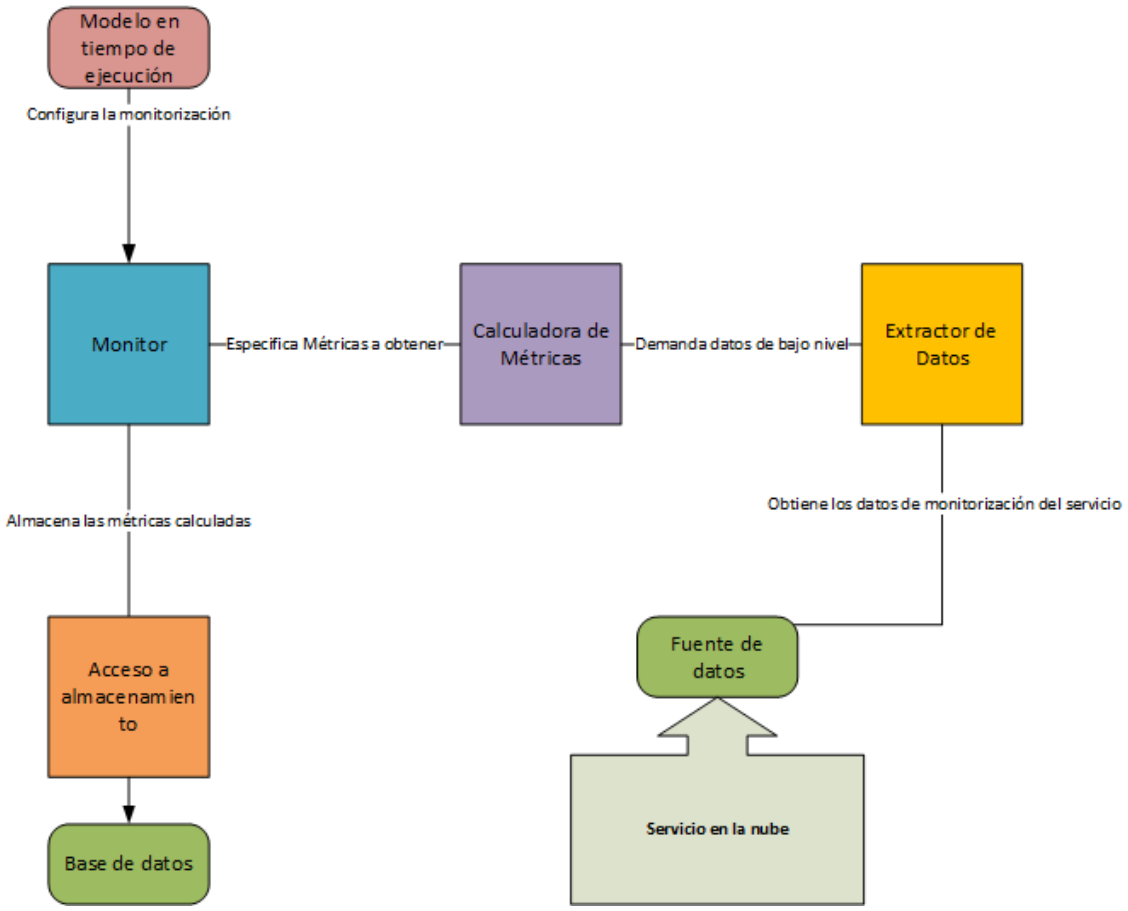


Figura 4. Arquitectura del middleware de monitorización de aplicaciones cloud independientes de plataforma

El middleware de monitorización de servicios cloud se compone de ocho elementos, los cuales se conectan entre sí para la ejecución de las tareas de extracción, procesamiento, análisis y almacenamiento de las métricas del servicio en la nube. A continuación se explicará los distintos elementos y su utilidad:

- **Monitor**

Es el core de la aplicación, se encarga de gestionar todos los procesos de la aplicación. Recibe el modelo en tiempo de ejecución, especifica las métricas a extraer y gestiona, gestiona la creación de las tareas para la extracción de los datos del servicio para el cálculo de las métricas del servicio en tiempo de ejecución y almacena los datos necesarios.

- **Modelo en tiempo de ejecución**

Es el elemento de entrada del middleware de monitorización y es el resultado del configurador de la monitorización de calidad de servicios.

- **Acceso a almacenamiento**

Elemento encargado de la gestión de la base de datos. Se encargará de la extracción de los datos de la base de datos, el mapeo de las tablas de la base de datos con las clases de la aplicación, de la conexión y autentificación con la base de datos, y de crear y ejecutar las tareas de creación, actualización y eliminación de los elementos de la base de datos.

- **Base de datos**

Base de datos en la cual se guardan los datos resultado de los procesos de extracción de datos del servicio en la nube, los datos de los cálculos de las métricas y los datos del modelo en tiempo de ejecución.

- **Calculadora de métricas**

Conjunto de procesos necesarios para definir las fórmulas que permitirán calcular el valor de la métrica a monitorizar. Demanda los datos extraídos del servicio en la nube y una vez obtenidos realiza los cálculos necesarios para obtener el valor de la métrica.

- **Extractor de datos**

Elemento encargado de extraer los datos acordados del servicio cloud. Se encarga de crear la conexión con el servicio en la nube, introducir los datos de autentificación necesarios y ejecutar las llamadas necesarias al servicio en la nube para extraer los datos necesarios.

- **Fuente de datos**

Servicio ofrecido por la plataforma cloud el cual posee puntos a los cuales aplicaciones externas pueden hacer peticiones para la extracción de datos del servicio en la nube.

- **Servicio en la nube**

Servicio desplegado en la plataforma cloud a monitorizar.

5.2. Instanciación del Monitor a la Plataforma Google App Engine

En esta sección explicaremos la instanciación del monitor a la plataforma Google App Engine, primero haremos una introducción a las herramientas y tecnologías utilizadas, después resumiremos la plataforma Google App Engine, donde se desplegará la aplicación a monitorizar y el Middleware de monitorización, después explicaremos brevemente el configurador de monitorización, debido a que es el paso previo al middleware de monitorización y cuya salida es la entrada del middleware. Por último, explicaremos la instanciación del middleware de monitorización, resultado de este trabajo.

5.2.1. Introducción a las herramientas y tecnologías utilizadas

Para definir las tecnologías a utilizar para el desarrollo del middleware de monitorización de aplicaciones desplegadas en Google App Engine, definimos las siguientes subcategorías según el nivel de detalle de estas y su uso:

- Despliegue.
- IDE.
- Lenguaje de programación (*Backend*).
- Frameworks.
- Interfaz de Usuario.
- Base de datos.
- Frontend

5.2.1.1. Despliegue

La implementación del middleware requería de una plataforma en la nube debido a que la instancia de este requiere de alta disponibilidad dado que este proceso debe de estar activo de forma continua para que el procesamiento de resultados aportados en tiempo real por el servicio a ser monitorizado se realice con el mínimo retraso posible de manera que situaciones de riesgo sean detectadas a tiempo.

La plataforma en la nube escogida ha sido Google App Engine, una destacada plataforma como servicio (*PaaS*). Se ha escogido esta plataforma por distintas razones, tanto como por seguir la línea de proyecto (Utilización del mismo servicio a analizar), hasta por temas de rendimiento, versatilidad en el uso de diferentes lenguajes de programación y facilidad de despliegue directo desde Entornos de desarrollo tales como Eclipse. Además Google App Engine ofrece a los desarrolladores frameworks para la utilización de su API de monitorización para los lenguajes de programación que este soporta, facilitando su desarrollo en estos mismos y siendo Google App Engine la mejor opción de despliegue.

5.2.1.2. Entorno de desarrollo

El Entorno de desarrollo (IDE) [25] es una aplicación que contiene diferentes herramientas para la facilitación en el desarrollo o programación de aplicaciones. Eclipse es una plataforma de software compuesto por un conjunto de herramientas de programación de código abierto multiplataforma para desarrollar lo que el proyecto llama “Aplicaciones de Cliente Enriquecido”. Se ha elegido este IDE por la variedad de herramientas que facilitan la creación de aplicaciones, como la que proporciona Google App Engine para su despliegue directo y que se incorpora a Eclipse.

5.2.1.3. Lenguaje de programación

El lenguaje de programación utilizado es Java. Lenguaje de propósito general, concurrente, orientado a objetos.

La elección de Java para el desarrollo de la parte backend de la aplicación se determinó por su robustez, su amplia documentación encontrada en la red y su dinamismo a la hora de crear aplicaciones.

Además Java es uno de los lenguajes soportados por Google App Engine.

5.2.1.4. Frameworks

El proyecto del middleware de monitorización de servicios desplegados en Google App Engine es un proyecto Maven Spring MVC (Modelo Vista Controlador). A continuación, se explica los principales conceptos de este tipo de proyectos

5.2.1.4.1. Spring

Spring es un framework para el desarrollo de aplicaciones, y contenedor de inversión de control, de código abierto para Java. Una de sus funcionalidades es el Modelo Vista Controlador, que permite gestionar las distintas partes del proyecto, gestiona las distintas dependencias entre clases y tipos de archivos.

Además gestiona las llamadas REST, facilitando el uso de distinto tipos de anotaciones que crea toda la lógica de detrás de la aplicación.

Spring incorpora distintos módulos que simplifican el tratamiento de objetos y el mapeo de estos con distintos tipos de archivos (JSON, XML), como por ejemplo Spring's Object/XML Mapping que ayuda a la transformación de documentos XML en objetos y clases java y viceversa.

5.2.1.4.2. Maven

Maven es una herramienta software para la gestión y construcción de proyectos Java. Maven utiliza un Project Object Model para describir el proyecto software a definir, sus dependencias a otros módulos y componentes externos y el orden de construcción de los elementos.

5.2.1.5. Base de datos.

La base de datos utilizada es MySQL, base de datos relacional la cual está incorporada en los servicios ofertados por Google App Engine.

Para la conexión, recolección y tratamiento de los datos desde la aplicación se utiliza Hibernate que facilita la utilización y el mapeo entre los datos guardados en base de datos y los objetos de la aplicación.

5.2.1.5.1. MySQL

MySQl es un sistema de gestión de bases de datos relacional desarrollado bajo licencia dual GPL/Licencia comercial por Oracle Corporation y esta considerada como la base de datos opern source más popular del mundo y una de las más populares en general junto a Oracle y Microsoft SQL Server, sobre todo para entornos de desarrollo web.

5.2.1.5.2. Hibernate

Hibernate es una herramienta de Mapeo objeto-relacional para la plataforma Java que facilita el mapeo de atributos entre una base de datos relacional tradicional y el modelo de objetos de una aplicación, mediante archivos declarativos (XML) o anotaciones en los beans de las entidades que permiten establecer estas relaciones.

5.2.1.6. Frontend

Para la creación de la interfaz de usuario se ha utilizado HTML para la creación de la estructura, Javascript como lenguaje para el tratamiento de datos y JQuery para funcionalidades de interacción con la aplicación.

5.2.1.6.1. HTML

Lenguaje de Marcas de Hipertexto (*Hypertext Markup Language, HTML*) es un lenguaje marcado para la elaboración de páginas web. Es un estándar que sirve de referencia del software que conecta con la elaboración de páginas web es sus diferentes versiones, define una estructura básica y un código para la definición de una página

web como texto, imágenes, etc.... Es un estándar a cargo del World Wide Web Consortium (W3C) [19].

5.2.1.6.2. Javascript

Javascript es un lenguaje de programación interpretado, dialecto del estándar ECMAScript. Se define como orientado a objetos, basado en prototipos, imperativo, débilmente tipado y dinámico.

Se utiliza principalmente es su forma del lado de cliente implementado como parte de un navegador web permitiendo mejoras en la interfaz de usuario y páginas web dinámicas [8].

5.2.1.6.3. JQuery

JQuery es una biblioteca de Javascript que permite simplificar la manera de interactuar con los documentos HTML, manipular el árbol DOM, manejar eventos, desarrollar animaciones y agregar interacción con la técnica AJAX a páginas web.

5.2.2. Google App Engine

(Ver sección 3.5)

Sobre esta plataforma se desplegarán los servicios de monitorización y la página web que componen este proyecto.

5.2.2.1. API de monitorización a Google App Engine.

Los datos utilizados para la monitorización se han provistos por la versión 3 de la API de monitorización de Google App Engine [26]. La API de monitorización de Google permite el acceso al usuario de información de monitorización de servicios de Google Cloud. Esta información está organizada en métricas y representan información de un tiempo o periodo de tiempo determinado. Las métricas que pueden ser recolectadas por esta API pueden ser de 3 tipos:

Tipo	Descripción
cumulative	El valor es un total acumulado durante un tiempo determinado
delta	El valor es el cambio de valor durante un determinado período de tiempo
gauge	El valor es el calor del instante en el que se monitoriza la métrica

Tabla 3. Tipo de métricas de la API de monitorización de Google App Engine

Cada tipo de métrica puede tener los siguientes tipos de valor:

- Boolean
- Distribution
- Double
- Int64
- String

En la tabla mostrada a continuación aparece una pequeña porción, de la 900 métricas disponibles, de los datos disponibles en un servicio ejecutándose en Google App Engine:

Nombre	Definición	Tipo
http/server/response_latencies	Latencia de respuestas.	DELTA, DISTRIBUTION
interface/errors	Tiempo de errores de respuesta	CUMULATIVE, INT64
network/tcp_connections	Numero de conexiones TCP	GAUGE, DOUBLE
appengine.googleapis.com/http/server/quota_denial_count	Número de peticiones que fallaron debido a que la aplicación no aceptaba más peticiones.	DELTA, INT64
http/server/response_count	Número de repuestas HTTP.	DELTA, INT64
execution_count	Número de operaciones fallidas.	DELTA, INT64
function/execution_times	Numéro total de operaciones	DELTA, DISTRIBUTION
queue/task_attempt_count	Número de intentos en ejecutar una tarea fallidos.	DELTA, INT64
api/request_count	Número de llamadas a la aplicación	DELTA, INT64
queue/task_attempt_count	Número de llamadas fallidas a la aplicación	DELTA, INT64
container/uptime	Tiempo total que la aplicación ha estado activa	CUMULATIVE, DOUBLE

Tabla 4. Métricas de la API de monitorización de Google App Engine

5.2.3. El configurador de la Monitorización

En este trabajo nos centramos en el middleware de monitorización del proceso de monitorización de aplicaciones cloud, aun así se explicara de forma breve el configurador de la monitorización sin explicarlo detalladamente ni entrar en datos de su interfaz de usuario.

El configurador de la monitorización es una aplicación web cuyo objetivo es asistir al usuario durante la creación del modelo en tiempo de ejecución necesaria para la ejecución del middleware de monitorización y por tanto indispensable para la ejecución de la monitorización de la aplicación.

El usuario de esta interfaz no podrá ser el usuario de la aplicación web, sino más bien un usuario experto que tenga conocimientos del modelo de calidad de servicio, de las características de la plataforma cloud en la cual está desplegada la aplicación o servicio a monitorizar, y de los acuerdos de nivel de servicio. Ya que será el encargado de hacer un mapeo entre los atributos de la plataforma, los requisitos no funcionales del acuerdo de nivel de servicio y los atributos que dependen de la plataforma cloud.

El configurador constará de 4 partes para la creación asistida del modelo en tiempo de ejecución: (1) Selección de la plataforma, (2) Selección del modelo de requisitos de monitorización, (3) Asociación de métricas (4) Construcción de fórmulas. A la conclusión de estos 4 pasos obtendremos el modelo de monitorización en tiempo ejecución.

A continuación detallaremos cada paso del configurador de la monitorización:

5.2.3.1. Selección de plataforma

Se trata del primer paso del configurador de la monitorización y está relacionado con los datos de la aplicación o servicio desplegado en la nube, el cual va a ser monitorizado.

En este paso, se debe escoger la aplicación a monitorizar, es decir deberemos de poner la dirección para acceder, se deberá acceder un nombre único para la instancia para posteriormente poder acceder a los datos de la monitorización y se deberá insertar unos datos de autorización para que la aplicación pueda acceder a los datos que necesita para poder monitorizarla (Ver Figura 5).

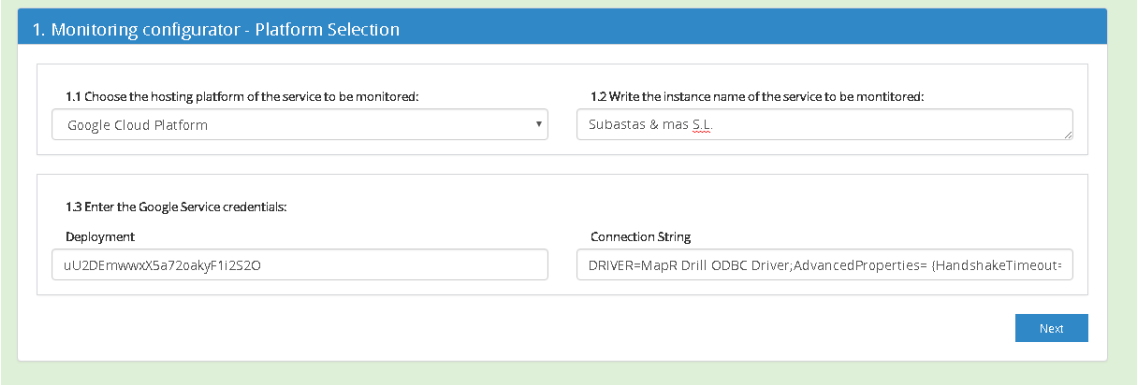


Figura 5. Configurador de la monitorización – Selección de la plataforma

Al terminar este paso pasaremos a la selección del modelo de requisitos de monitorización.

5.2.3.2. Selección del modelo de requisitos de monitorización

La importancia de este paso pasa por la transformación de un documento XMI en una serie de requisitos funcionales para poder monitorizar.

En este paso el usuario deberá subir a la aplicación el acuerdo de nivel de servicio. La aplicación transformará el documento XMI y guardara los datos de los requisitos no funcionales para posteriormente poder mapearlos con los atributos del modelo de calidad SaaS para poder monitorizarlos. En eta página se mostrará, una vez cargado el acuerdo de nivel de servicio en forma de tabla (Ver Figura 6).

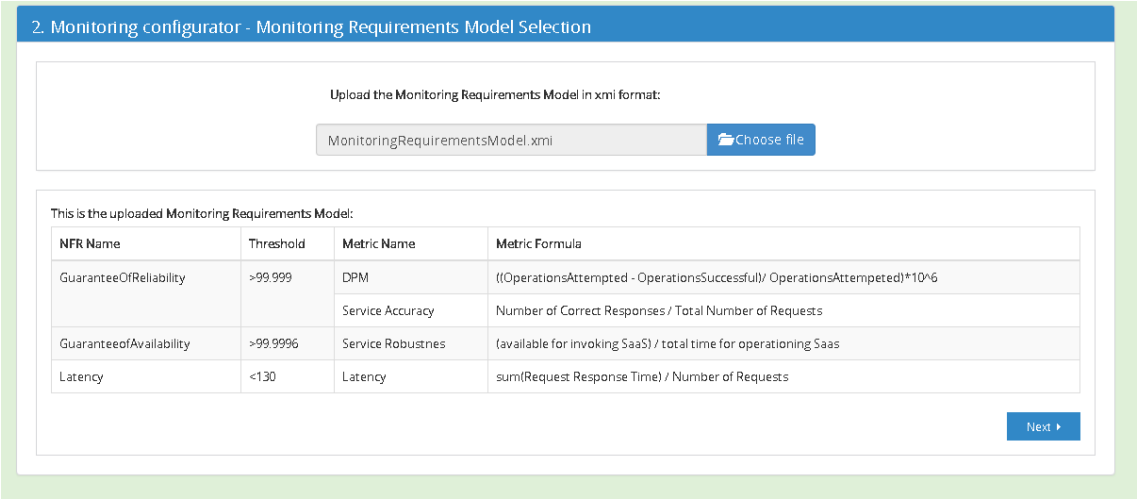


Figura 6. Configurador de la monitorización - Selección del modelo de requisitos de monitorización

Al terminar este paso pasaremos a la asociación de las métricas.

5.2.3.3. Asociación de métricas

En este paso se pasará a asociar las métricas del modelo de calidad con los requisitos no funcionales acordados en el acuerdo de nivel de servicio.

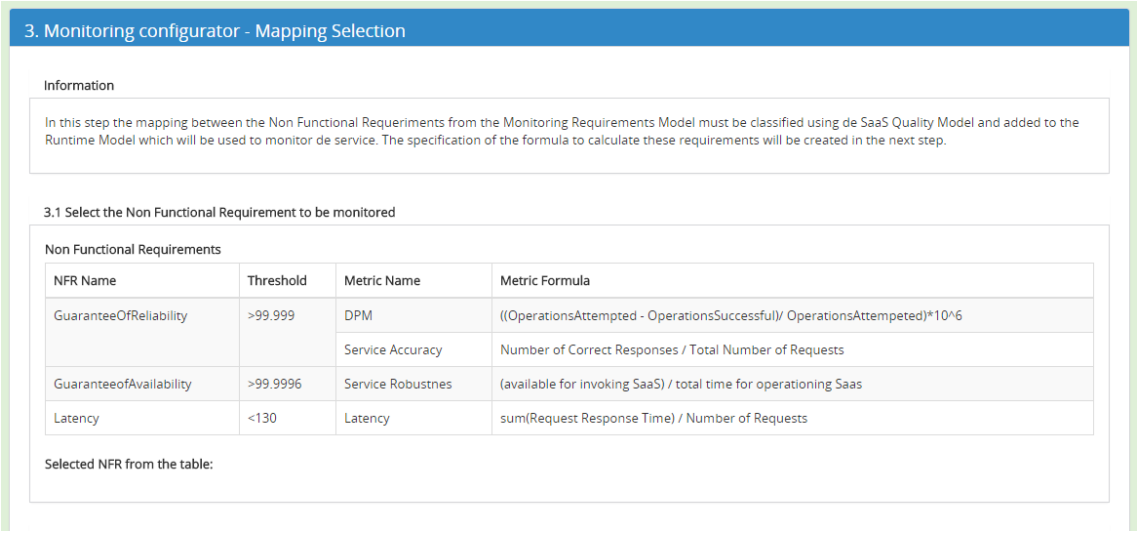


Figura 7. Configurador de la monitorización - Asociación de métricas I

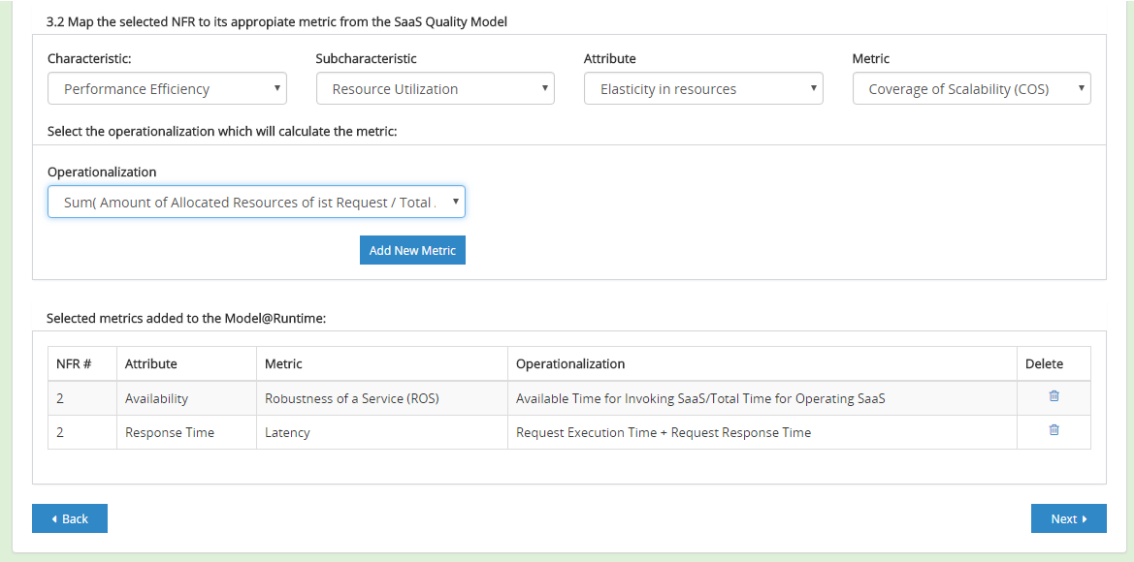


Figura 8. Configurador de la monitorización - Asociación de métricas II

El usuario tendrá que escoger los requisitos no funcionales que quiere monitorizar de la aplicación o servicio desplegado en la nube. Cada uno de los requisitos escogidos deberá asociarlos con la correspondiente característica, subcaracterística, atributo, métrica y operacionalización para poder monitorizarlo. Al hacer la pertinente asociación este requisito no funcional se añadirá provisionalmente al modelo en tiempo de ejecución, aunque posteriormente se tendrán que crear las funciones necesarias para poder calcular los datos para la monitorización.

Al terminar este paso pasaremos al último paso, el cual se trata de la construcción de fórmulas.

5.2.3.4. Construcción de fórmulas (funciones de medición)

En este proceso ya vendrán definidas los atributos, métricas y operacionalizaciones que se requieren para la monitorización, pero estas definidas a alto nivel, es decir todas estas propiedades definidas serán independientes de plataforma. Como la aplicación o servicio a monitorizar se encuentra desplegada en una plataforma cloud concreta, es indispensable para el monitor tener las fórmulas (funciones de medición) dependientes de plataforma para recuperar los datos del servicio en tiempo de ejecución y calcular las métricas.

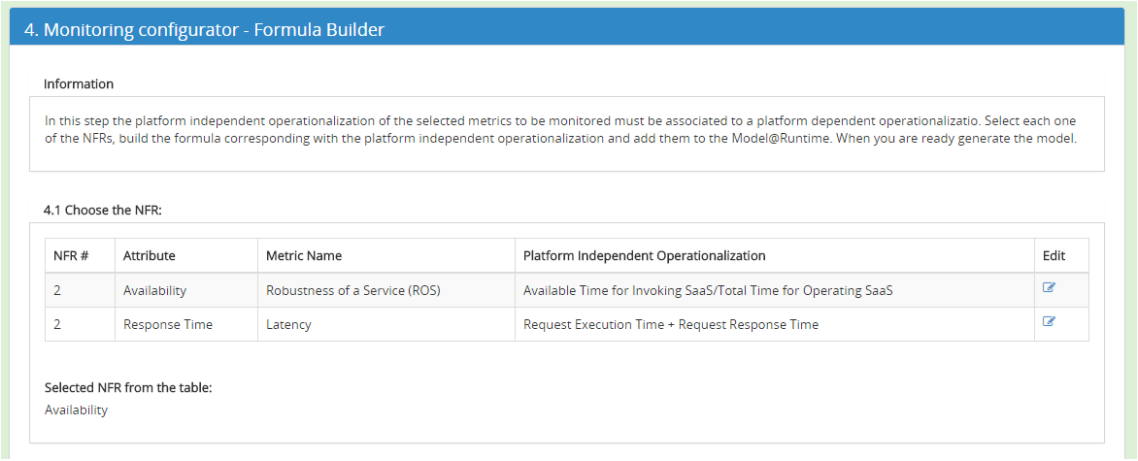


Figura 9, Configurador de la monitorización - Creación de Fórmulas I

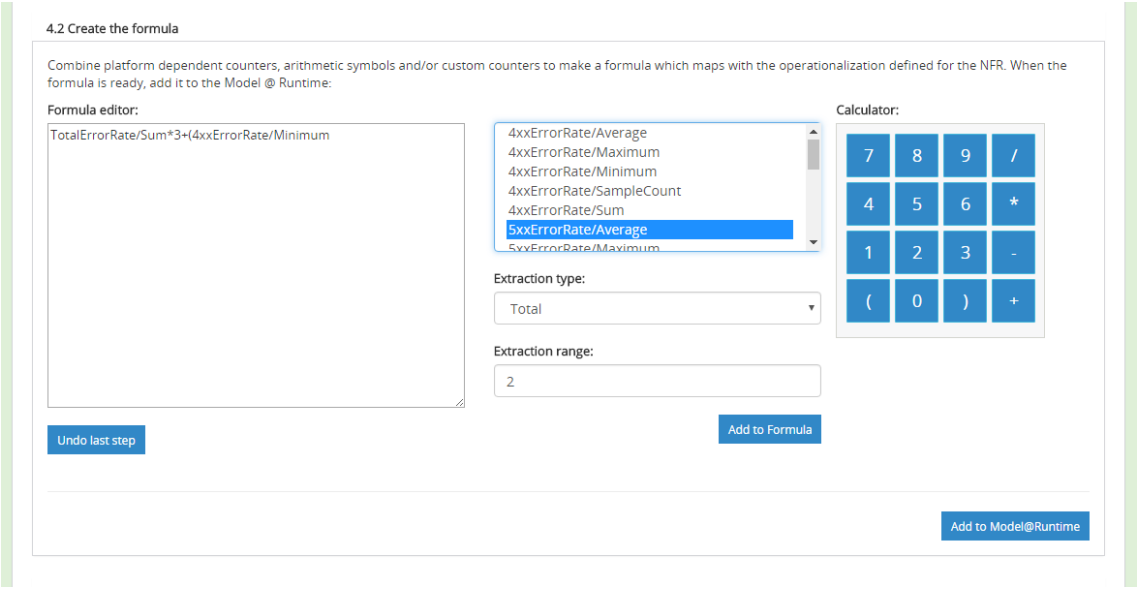


Figura 10. Configurador de la monitorización - Creación de Fórmulas II

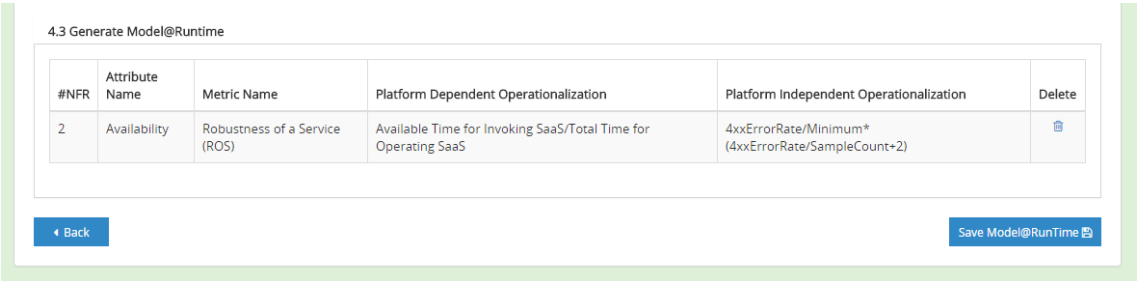


Figura 11. Configurador de la monitorización - Creación de Fórmulas III

En este paso, el usuario creará las fórmulas dependientes de la plataforma asociadas a los requisitos no funcionales escogidos con anterioridad. Cogerá como modelo de la función las operacionalizaciones independientes de la plataforma y la transformará utilizando las métricas que la plataforma ofrece. La creación de las

fórmulas se hará escogiendo las métricas dependientes de plataforma y mediante una calculadora incluida en la interfaz introducirá los operandos necesarios.

Este es el paso final del configurador de la monitorización. El resultado de este es el modelo de calidad en tiempo de ejecución que es la entrada para el middleware de monitorización.

5.2.4. El Middleware de Monitorización

El Middleware de Monitorización es la pieza de software encargada de dar soporte a la segunda tarea del proceso de Monitorización. Esta herramienta es la encargada de:

(1) Recibir el modelo de monitorización en tiempo de ejecución y configurar la monitorización del servicio.
(2) Extraer los datos de monitorización utilizando métodos para recuperar los datos de la plataforma mediante llamadas a la API de la plataforma.
(3) Realizar los cálculos especificados en las operacionalizaciones dependientes de plataforma descritas en el modelo de monitorización en tiempo de ejecución producto del configurador de monitorización.
(4) Almacenar los resultados de las métricas en un sistema para su posterior consulta.
(5) Generar un reporte en forma de gráficas accesibles para el usuario de los resultados obtenidos en la monitorización del servicio cloud.

Es este trabajo se ha creado un prototipo del middleware de monitorización en la plataforma Google App Engine para la monitorización de servicios desplegados en esta plataforma. En esta sección se procederá a exponer los requisitos y características del Middleware de monitorización así como su implementación y funcionamiento.

5.2.4.1. Requisitos y características de middleware de monitorización.

El prototipo deberá ofrecer las siguientes funcionalidades:

- **Configuración de la monitorización**: El monitor debe utilizar como elemento de entrada el modelo de monitorización en tiempo de ejecución, el cual configura los servicios objetivos para la extracción de datos de monitorización
- **Extracción de datos**: El monitor debe ser capaz de extraer los datos necesarios de la aplicación o servicio desplegado en la nube, es decir, tiene que ser capaz de interactuar con la API de monitorización de Google App Engine y extraer los datos necesarios.
- **Cálculo de medidas**: El monitos debe ser capaz de, utilizando los datos extraídos de la API de monitorización de Google App Engine, hacer los cálculos necesarios para obtener los valores de la métrica.
- **Almacenamiento de medidas**: El monitor debe ser capaz de almacenar las medidas calculadas en una base de datos de manera que puedan ser utilizadas posteriormente cuando las necesiten.

- **Análisis de las medidas**: El monitor debe ser capaz de analizar los valores obtenidos en los cálculos y determinar si estos salen de los límites establecidos en el acuerdo de nivel de servicio.
- **Actualización en tiempo de ejecución**: El monitor debe ser capaz de actualizar los parámetros a analizar de la configuración establecidos en el modelo de monitorización en tiempo de ejecución, sin necesidad de parar la ejecución del monitor.
- **Reporte de anomalías**: El monitor debe ser capaz de analizado los datos, reportar aquellos que datos que resulten anímalos, es decir que se salgan de los límites establecidos.
- **Informe de datos**: El monitor debe ser capaz de mostrar un informe en forma de tablas y esquemas de los datos extraídos de la aplicación en una interfaz de usuario la cual puede ser accesible para el usuario del middleware de monitorización.

Además de requisitos de la funcionalidad del sistema, se definen a continuación requisitos no funcionales que debe cumplir el Monitor:

- **Adaptabilidad y extensibilidad**: Debido a la naturaleza de la computación en la nube, el monitor debe ser capaz de adaptarse a cualquier plataforma sin que el proceso de monitorización cambie.
- **Interoperabilidad**: El monitor debe ser capaz de interactuar con los servicios que Google App Engine ofrece para la extracción de datos de la aplicación o servicio desplegada en la nube.

5.2.4.2. Actores

Los siguientes actores intervienen en la utilización del monitor:

- **Usuario del monitor**. Usuario que pone en marcha y para los servicios del monitor. Este puede visualizar los datos y definir los filtros y alertas a mostrar del monitor. Previamente habrá firmado un SLA con Google App Engine y tendrá desplegado una o varias aplicaciones en esta plataforma.
- **Plataforma Google App Engine**. Proporciona servicios de despliegue en la nube para el usuario, además proporciona una API la cual el monitor puede acceder.
- **API de monitorización de Google App Engine**. API de la aplicación de la cual mediante peticiones REST devuelve valores de las métricas que se le solicite.

5.2.4.3. Arquitectura de Middleware de Monitorización dependiente de plataforma.

El prototipo desarrollado presenta la arquitectura descrita por el diagrama de clases de la Figura 12:

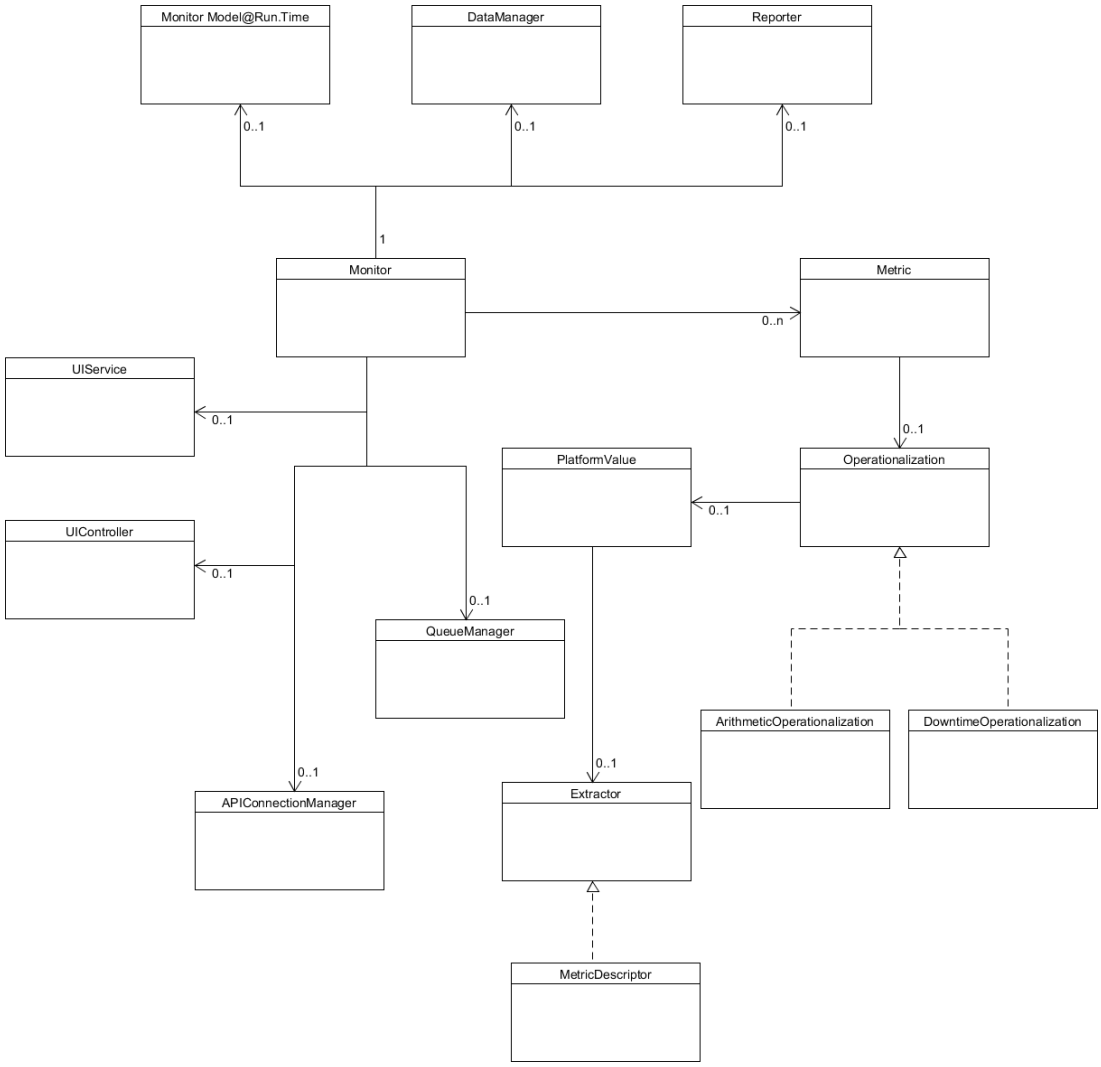


Figura 12. Arquitectura de la instanciación del middleware de monitorización para Google App Engine

A continuación, se realizará una descripción de alto nivel de los componentes descritos en el diagrama de clases del Middleware de Monitorización:

I. Monitor

Clase principal del prototipo, encargada del ciclo de vida del Middleware de Monitorización, se encarga de gestionar todas las operaciones del middleware, es decir, recolectar los datos, calcular las métricas, analizar los resultados, guardar los resultados, reportar anomalías.

II. Metric

Representación de una métrica medible a través de una operacionalización. Una vez obtenido el valor de esta, este será el resultado del proceso de medición, el cual contiene la medida obtenida en cada iteración.

III. Operationalization

Interfaz que define los métodos para el cálculo de las operacionalizaciones. Este puede ser de dos clases, las cuales implementan esta interfaz: ArithmeticOperationalization y DowntimeOperationalization, ya que no todas las operacionalizaciones pueden ser de carácter aritmético y es probable que otras requieran de cálculos más complejos.

IV. ArithmeticOperationalization

Implementación de la interfaz Operationalization. Esta clase se encarga de todas aquellas métricas cuya operacionalizacion pueda ser expresada en forma de fórmula aritmética.

V. DowntimeOperationalization

Implementación de la interfaz Operationalization para realizar una medida personalizada cuando la operacionalización no puede ser expresada en forma de fórmula aritmética.

VI. PlatformValue

Representación de los datos de bajo nivel obtenidos por los medios de extracción de datos de los servicios desplegados en la nube. Estos valores son la asignación de las operacionalizaciones dependientes de la plataforma. El resultado de estos es utilizado para el cálculo de las métricas.

VII. Extractor

Clase encargada de la extracción de los datos necesarios para el cálculo de las métricas necesarias para la monitorización de los servicios desplegados en la nube. Esta clase se encarga de la conexión con la API de monitorización de GoogleAppEngine, las llamadas a los servicios que esta ofrece y la recolección de los datos devueltos por la API. El extractor especificará el tipo de dato que tiene que extraer, el cual dependerá de la operacionalizacion a bajo nivel o dependiente de plataforma. Además se encargara de gestionar el almacenamiento de este dato para su futuro análisis.

VIII. MetricDescriptor

Objeto representación de la respuesta de la API de monitorización de Google App Engine. Instanciación de la respuesta para poder utilizar sus datos.

IX. DataManager

Clase encargada de la gestión de la base de datos, se encargará de mapear las clases pertinentes con los objetos en la base de datos, y de gestionar la creación modificación y eliminación de estos datos en base de datos.

X. Monitor Model@Run.Time

Esta clase es la representación del modelo de monitorización en tiempo de ejecución. Esta clase se inicializa con los datos al crear una nueva instancia de la monitorización, es decir al iniciar el middleware de monitorización. Es la representación del modelo de entrada de este.

XI. QueueManager

Clase que se encarga de gestionar la cola de acceso a la aplicación, se encargará de crear instancia por cada conexión entrante a la aplicación, además de gestionar las tareas programadas para la ejecución de la extracción de datos para monitorizar.

XII. APIConnectionManager

Clase encargada de gestionar las conexiones con la API de monitorización de Google App Engine, gestionará la autentificación a las aplicaciones y la conexión y el tratamiento de posibles desconexiones con esta. Tiene configurado los datos básicos de conexión con la API y recoge del modelo de monitorización en tiempo de ejecución los datos de autentificación del servicio correspondiente a monitorizar.

XIII. UIController

Clase controlador encargada de gestionar la interfaz de usuario, es decir el enrutamiento de estas, el paso de variables entre páginas y el tratamiento de los datos necesarios para su funcionamiento. Controla las peticiones realizadas por parte del cliente.

XIV. UIService

Clase servicio del tratamiento de los datos necesarios por el controlador y de las llamadas a la clase que gestiona la base de datos.

XV. Reporter

Clase encargada de crear y almacenar los reportes, así como de gestionar el envío de correo electrónicos.

5.2.4.4. Descripción del funcionamiento

En esta sección se detallará el funcionamiento de una ejecución del Middleware de Monitorización.

Primero, el monitor se encuentra desplegado y ejecutándose en una instancia de la plataforma Google App Engine. Una vez lanzado a ejecución, se crea un objeto Monitor que se encargará en un primer momento de buscar un modelo de monitorización en tiempo de ejecución con el cual iniciar el proceso de monitorización. Una vez cargado este modelo, como salida del Configurador de la Monitorización (descrito en el apartado 5.3), el *Monitor* lo mapeara como objeto y lo guardara sus atributos en la base de datos mediante la utilización del *DataManager*.

Con el modelo en tiempo de ejecución ya cargado, el Monitor creará una conexión estable con la API de monitorización de Google App Engine, introduciendo los datos de autentificación para que la API permita extraer datos de ella

Seguidamente el *QueueManager* se encargará de crear las tareas programadas para la recolección de los valores desde la API. Las tareas programadas llamarán al Monitor con las distintas operaciones y cálculos a realizar. Cuando la operación a hacer sea extraer datos de la aplicación desplegada en la nube, el monitor llamará al extractor

con los datos necesarios el cual pasara a la Operationalization y hará los cálculos necesarios. El resultado de esto será el valor final de la métrica.

El monitor llamará al *DataManager* para guardar en base de datos el valor de la métrica obtenido. Al finalizar esta operación analizará este valor con el valor rescatado de la aplicación.

En el caso de que el valor de la métrica obtenida incumpla los valores máximos y mínimos *Monitor* llamará a *Reporter* el cual llamará a DataManager para guardar un reporte en base de datos y enviará un correo electrónico al consumidor con el reporte del incumplimiento del SLA.

Este proceso se repetirá de forma cíclica hasta que se actualice el modelo de monitorización en tiempo de ejecución o se cancele la monitorización.

En el caso de querer actualizar los datos de monitorización, cargará el nuevo modelo en tiempo de ejecución y mediante el *DataManager* actualizará los valores en la base de datos, sin parar la ejecución del middleware de monitorización.

5.2.4.5. Descripción del funcionamiento del informe de datos.

En esta sección se especificará el funcionamiento de la página de informe de datos del middleware de monitorización. La implementación de esta interfaz es un valor añadido a la arquitectura expuesta por Cedillo et al [4], ya que no aparece en esta, pero se consideró útil para la visualización de los resultados de la ejecución del Middleware de Monitorización para Google App Engine.

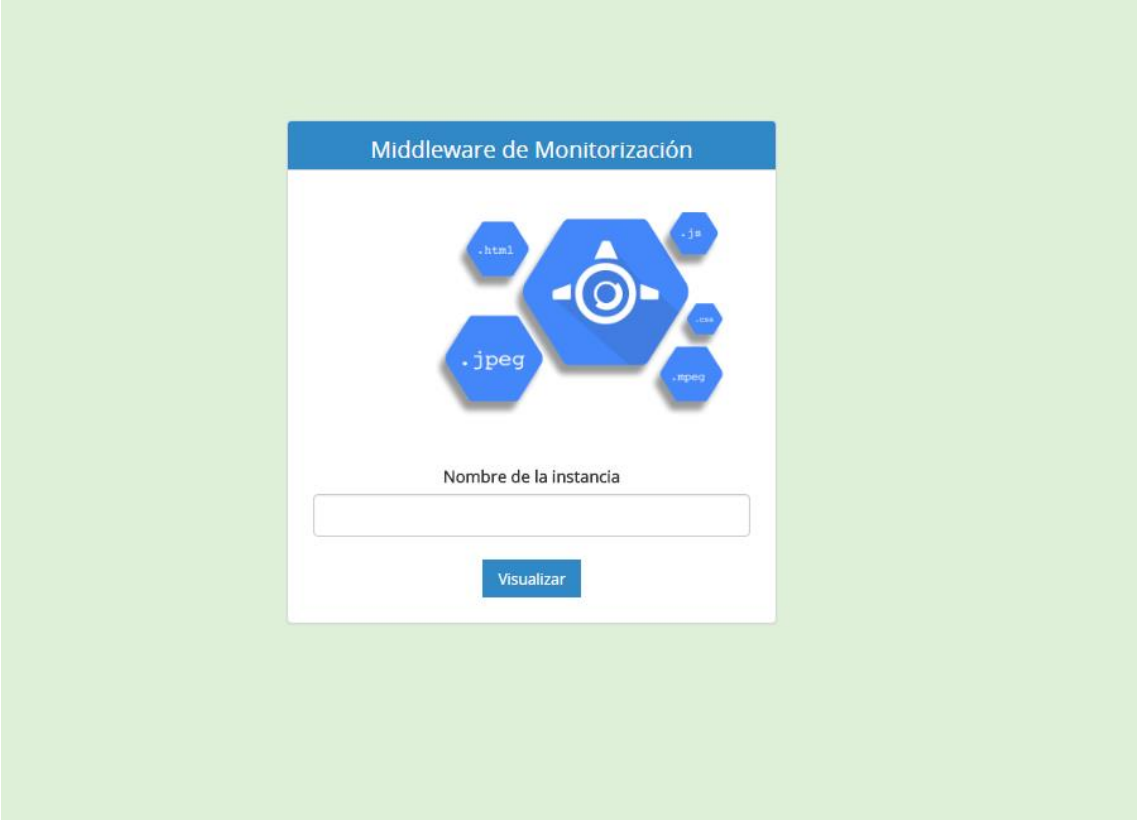


Figura 13. Middleware de monitorización- Autentificación

El usuario accederá a una web en la cual tendrá que introducir los datos de la aplicación a monitorizar (ver Figura 13). Una vez autentificado, la aplicación mostrará una tabla con los datos recogidos (ver Figura 14).

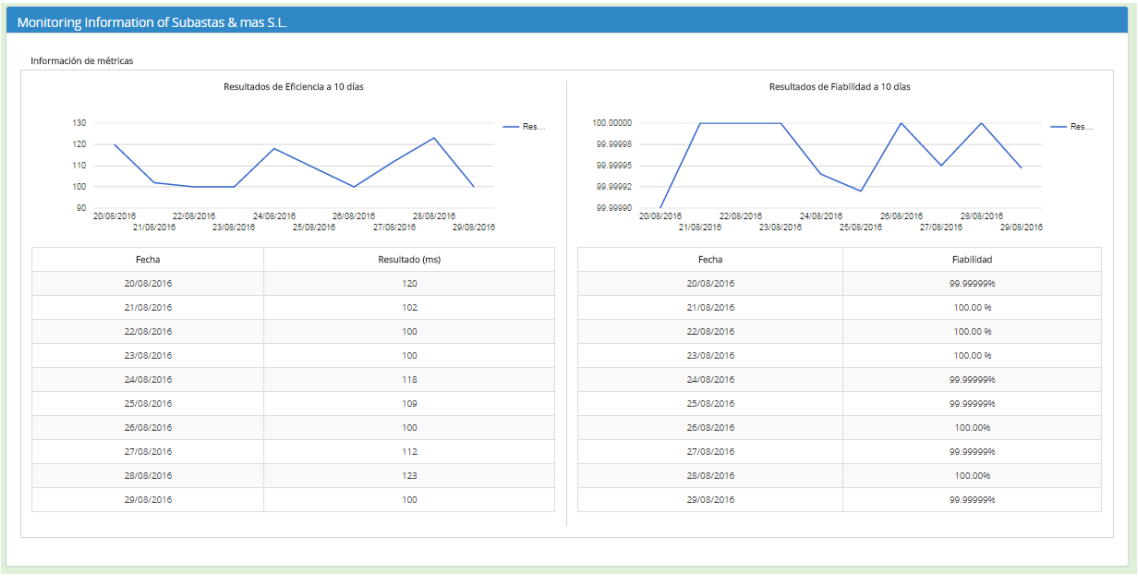


Figura 14. Middleware de Monitorización - Dashboard

Internamente, al introducir los datos de la aplicación UIServices llamará al DataManager para recuperar los datos de la base de datos, lo pasará al controlador y este se encargará de introducirlos en la página web, además de encargarse de redireccionar a la vista correspondiente.

5.2.5. Conclusiones

Por tanto, hemos adaptado la arquitectura propuesta para el middleware de monitorización por Cedillo et al [4] a la plataforma de computación en la nube Google App Engine. Utilizando las tecnologías expuestas anteriormente, hemos conseguido la implementación del middleware de monitorización para aplicaciones desplegadas en Google App Engine. Esta aplicación tomará de entrada el modelo de calidad en tiempos de ejecución y creará tareas programadas que se encargarán de gestionar la extracción de los datos de la API de Google App Engine, de hacer los cálculos necesarios para conseguir el valor de las métricas, de analizar estos datos y en el caso de que se incumplan los límites establecidos en el SLA de reportar al consumidor del servicio estos incumplimientos. Además se ha implementado una interfaz de usuario como valor añadido, para que el usuario del middleware pueda acceder a un pequeño dashboard, en el que aparecen los datos de las métricas establecidas en el modelo de calidad en tiempo de ejecución.

6. Caso de estudio.

En este capítulo se presentará un escenario como caso de estudio para ejemplificar el funcionamiento del middlewawre de monitorización. En primer lugar se presentará el caso de estudio, a continuación se expondrá el contexto anterior para la creación del modelo de monitorización en tiempo de ejecución, es decir, los pasos seguidos en el configurador de la monitorización y para finalizar explicaremos el funcionamiento del Middleware de Monitorización para la monitorización de ese servicio.

6.1. Presentación del caso

Una empresa de subastas Subastas y más S.L. ha decidido crear un servicio online de subastas en la línea y ha decidido desplegarlo en la nube. Un sitio de subastas en línea permite comprar y vender mercancías o servicios a través de pujas a modo de subasta, asignando un artículo o servicio al mejor postor como se indica en la Figura. Estos sitios necesitan contar con una serie de características de calidad, entre las cuales se contemplan altos niveles de disponibilidad, elasticidad, etc... Los servicios de subasta pueden tener distintos formatos, los más populares son las subastas directas e inversas.

Este servicio se encuentra desplegado en la plataforma Google App Engine en la forma de una aplicación web. Se ha decidido esta plataforma debido a su facilidad de despliegue, alta disponibilidad, integración con Eclipse y por la facilidad de precios que esta ofrece, la cual se basa en la cantidad de datos que recibe la aplicación.

La empresa de subastas considera críticas para el servicio la disponibilidad, la eficiencia y la latencia. Subastas y más S.L. está interesada en que los tiempos de respuesta del servicio sean los suficientemente bajos para que al cliente no le resulte desconfiable pujar por mercancías o servicios o poner en subasta sus productos. A su vez, también es vital que durante el proceso de subastas se generen el menor número de errores posibles para evitar frustraciones en los usuarios que pujen y también errores que puedan suponer menos pujas para la subasta. Por esto la Subastas y más S.L y el proveedor del servicio incluyen estas condiciones en el acuerdo de nivel de servicio.

Con mayor detalle en el acuerdo de nivel de servicio se acuerdan los requisitos no funcionales siguiente:

1) El tiempo de respuesta del servicio (*Response Time*) será medida a través de la latencia, para ello se usará la métrica del tiempo de ejecución de la petición y se ha establecido que será de máximo 130 milisegundos y será calculada con la siguiente fórmula:

$$Latency = Request\ Execution\ Time + Response\ Time$$

2) La confiabilidad (*Reliability*) será medida a través de las operaciones defectuosas por millón (*DPM*). En este caso, el servicio tendrá un máximo de 10 operaciones defectuosas por millón (99.9999% de fiabilidad del servicio). Este requisito será calculado utilizando la métrica correspondiente (*Defective Operations per Million, DPM*).

$$DPM = \frac{Operations\ Failed}{Operations\ Attempted} * 10^6$$

Estos requisitos no funcionales serán monitorizados para velar por su cumplimiento. En el caso de que no se cumplan, el proveedor del servicio deberá reembolsar a Subastas & mas S.L. el coste del servicio y el coste de las pérdidas.

6.2. Configuración de la monitorización

Para la creación del modelo de monitorización en tiempo de ejecución se utilizará el configurador de monitorización implementado en el trabajo final de grado de Alejandro López Peris, la cual seguirá los siguientes pasos, los cuales no vamos a entrar en detalle ya que se trata de una implementación externa a este trabajo:

Primero. Introducirá los datos de autentificación para monitorizar el servicio de Subastas & más. Los cuales se detallan a continuación

- **Plataforma de los servicios a monitorizar**: Google App Engine
- **Nombre de la instancia**: Subastas & mas
- **Deployment Id**: fdc45005307044e0a00073e118ab71b0
- **ConnectionString:** Eby8vdM02xNOcqFlqUwJPLlmEtlCDXJ1OUzFT50uSRZ6IFsuFq2UVErCz4I6tq/K1SZFPTOtr/KBHBeksoGMGw==

Segundo. Introducirá el archivo correspondiente al Acuerdo de Nivel de Servicio. Cuyos Requisitos no funcionales (NFR) y sus valores máximos o mínimos se exponen en la tabla siguiente:

NFR	Límite
Confiabilidad	>99.999
Tiempo de resupuesta del servicio	<130 ms

Tabla 5. Caso de Uso - métricas SLA

Tercero. Escogerá los requisitos no funcionales del SLA y les asignará una operacionalización independiente de la plataforma. Para ello escogerá una característica de la lista de calidad de servicio SaaS, en el caso de que esta tenga una subcaracterística escogerá una, se escogerá un atributo de la característica o subcaracterística, una métrica de este atributo y para finalizar la operacionalización independiente de la plataforma. En concreto hara la aignación especificada en la siguiente tabla:

NFR	Característica	Subcaracterística	Atributo	Métrica	Operacionalización
Tiempo de resupuesta del servicio	Eficiencia del rendimiento	Comportamiento del tiempo	Tiempo de Respuesta	Latencia	Tiempo de Solicitud + Tiempo de Solicitud de respuesta

Confiabilidad	Confiabilidad	-	Tolerancia a fallo	Millones de Operaciones fallidas (DP;)	Operaciones Fallidas / Nº Total de Operaciones

Tabla 6. Caso de Estudio - Asignación independiente de plataforma

Cuarto. Asignará funciones con métricas dependientes de la plataforma Google App Engine a los requisitos no funcionales. Las asignaciones de los requisitos no funcionales y las funciones dependientes de plataforma se describe en la tabla siguiente:

NFR	Función dependiente de plataforma
Tiempo de resupuesta del servicio	$Latencia = \boldsymbol{h}ttp/server/response\_latencies$
Confiabilidad	$DPM = \frac{function/execution\_count}{function/execution\_times} * 10^6$

Tabla 7. Caso de Estudio - Asignación Requisitos no funcionales con funciones dependientes de plataforma

Al finalizar los cuatro pasos anteriores se creará el modelo de calidad en tiempo de ejecución el cual será la entrada del Middleware de monitorización. Podemos ver el modelo en el Anexo 2.

6.3. El Middleware de Monitorización

Una vez generado el modelo en tiempo de ejecución este se introducirá en el middleware de monitorización. Se analizará el modelo en XML y se transformará la información recibida en instancias de la clase de Monitor Model@Run.Time y se almacenaran o se actualizarán los valores del modelo de monitorización en tiempo de ejecución en la base datos.

Una vez almacenado el modelo de monitorización en tiempo de ejecución, el middleware de monitorización analizará el modelo en tiempo de ejecución y creará una tarea programada para extraer de la API de monitorización de Google App Engine los datos de Operations Attempted, Opperations Failed y Request Execution Time.

Estas datos se recuperaran de la plataforma recogiendo las siguientes métricas dependientes de la plataforma de Google AppEngine:

- **http/server/response_latencies**: Que corresponderá a la métrica independiente de plataforma *Request Execution Time*. Se trata de la latencia total de respuesta de la aplicación.
- **function/execution_count** : Que corresponderá a la métrica independiente de plataforma *Operations Failed*. Se trata del número de operaciones hechas a la aplicación cuyo resultado fue fallido.
- **function/execution_times**: Que corresponderá a la métrica independiente de plataforma *Operations Attempted*. Se trata del número de operaciones total hechas a la aplicación.

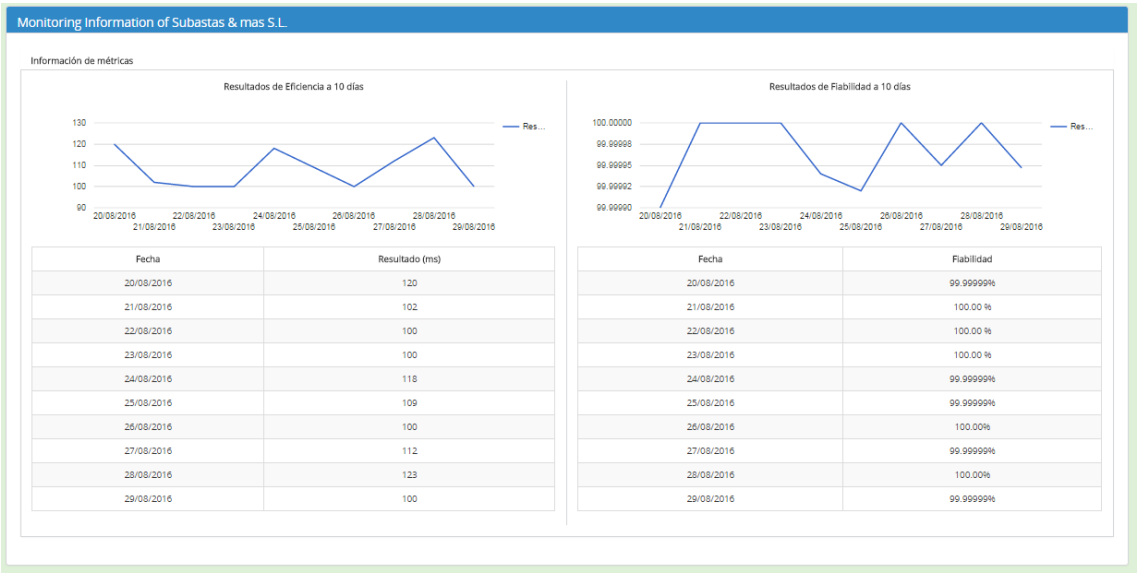
Las tareas programadas se encargarán de cada 2 veces al día recuperar en un proceso las métricas de Operations Attempted y Operations Failed y hacer el cálculo de

la métrica, y en otro proceso recuperar la métrica de Request Execution Time. Una vez realizadas las operaciones anteriores, se almacenaran los cálculos de las métricas en base de datos y se analizarán los resultados. Para ello recuperara los datos del modelo de monitorización en tiempo de ejecución y se compararán los valores. En el caso de que los resultados se salgan de los límites establecidos, el monitor creara un reporte del fallo, creando una instancia de alerta en base de datos especificando, el tiempo y valor anómalo.

El middleware continuará recogiendo datos y calculando las métricas hasta que un nuevo modelo en tiempo de ejecución sea recibido y se actualicen los parámetros o hasta que se cancele el servicio de monitorización del servicio o aplicación desplegada en la nube.

Figura 15. Caso de estudio - Introducción de datos de autentificación

Cuando el usuario entra en la interfaz de usuario del middleware de monitorización introducirá el nombre de la instancia de la monitorización (ver Figura 15) podrá ver un historial en forma de tabla de los datos recogidos en el proceso de monitorización y una gráfica de los resultados de esta (ver Figura 16).



Fecha	Resultado (ms)
20/08/2016	120
21/08/2016	102
22/08/2016	100
23/08/2016	100
24/08/2016	118
25/08/2016	109
26/08/2016	100
27/08/2016	112
28/08/2016	123
29/08/2016	100

Fecha	Fiabilidad
20/08/2016	99.99999%
21/08/2016	100.00 %
22/08/2016	100.00 %
23/08/2016	100.00 %
24/08/2016	99.99999%
25/08/2016	99.99999%
26/08/2016	100.00%
27/08/2016	99.99999%
28/08/2016	100.00%
29/08/2016	99.99999%

Figura 16. Caso de estudio - Dashboard

7. Conclusiones y trabajos futuros.

En este capítulo se recogen las conclusiones generales del presente trabajo, a continuación se presenta los trabajos futuros propuestos para continuar con este trabajo y para concluir los resultados obtenidos.

7.1. Conclusiones

En la actualidad, aunque las tecnologías ofrecidas por la computación en la nube son bastante noveles, el uso de estas tecnologías es cada vez más frecuente en el mundo de la informática. La computación en la nube ofrece una serie de ventajas tales como no necesitar dispositivos hardware en las organizaciones para el almacenamiento de sus datos lo que significaría menos costes para las organizaciones, o disponibilidad global, es decir, la posibilidad de llegar a nuevos mercados al estar en plataformas más globalizadas. Al ser una tecnología bastante novel, estas tecnologías generan algo de desconfianza, principalmente en el hecho de la transparencia de las características que estos servicios ofrecen. Por ello, se establece un Acuerdo de Nivel de Servicio entre el cliente del servicio cloud y el proveedor de este. Este sirve de contrato entre el consumidor y el proveedor del servicio, en el cual se establecen los requisitos funcionales mínimos que debe cumplir el servicio, así como la forma en el que el proveedor debe compensar al consumidor en el caso de que se incumplan estos. El proveedor de estos servicios no se hace cargo de la monitorización del servicio ofrecido, esta tarea recae en el usuario. Esto hace necesario la existencia de herramientas que puedan monitorizar estas características estipuladas en el SLA, es decir, que extraigan los datos de los servicios, procesen estos datos , analicen el resultado y en el caso de que se incumplan los acuerdos del SLA avisen al consumidor.

La utilización de herramientas de monitorización de servicios de la computación en la nube conlleva un gran beneficio tanto para los consumidores del servicio y los proveedores de estos. Para los consumidores del servicio, el uso de estas herramientas les sirve para comprobar que se cumplen los requisitos mínimos estipulados en el SLA y también como método de prueba a la hora de solicitar la compensación al proveedor en el caso del incumplimiento del Acuerdo de Nivel de Servicio. Para el proveedor del servicio, el uso de estas herramientas sirve para ofrecer garantías de calidad a los nuevos clientes.

El problema de las herramientas existentes en la actualidad es que estas monitorizan características de la aplicación de bajo nivel, con lo que no es posible la correcta monitorización de los requisitos establecidos en el SLA. Debido a la naturaleza única de la computación en la nube re

Cedillo et al [4] nos ofrece una solución al proceso de monitorización, en el que se crea una arquitectura en la cual se extrae y analiza características del servicio monitorizado de más alto nivel. Esta solución propone, basándonos en el modelo de calidad SaaS, y teniendo como entrada el SLA del servicio, crear un modelo de calidad en tiempo de ejecución, el cual se utiliza por un middleware de monitorización para la extracción, procesamiento, análisis y reporte de estas características específicas. El middleware de monitorización constará de 3 partes: El mecanismo de extracción de datos, el cual se encargará de la extracción de los datos necesarios para la aplicación, el

motor de medición, que se encargará de hacer la mediciones pertinentes para el cálculo de la métrica y el motor de análisis que se encargará de analizar estos datos y generar los pertinentes reportes.

La implementación de esta arquitectura para la plataforma de computación en la nube Google App Engine, ha servido para verificar la aplicación de esta arquitectura para plataformas concretas. Además, este trabajo ha demostrado el interés en la utilización de herramientas que se centren en la captación, procesamiento y análisis de características de alto nivel para la toma de decisiones que puedan mejorar la calidad de servicio. Siendo las herramientas actuales no un competidor de la herramienta expuesta sino siendo estas un valor añadido a esta. Los mecanismos de recolección de información proporcionan al middleware la capacidad de utilizar herramientas ofrecidas por la misma plataforma, la posibilidad de definir fórmulas personalizadas para el cálculo de la calidad de los servicios, y la posibilidad de extender los servicios para que la información que provea sea de calidad.

7.2. Tecnologías

En esta sección se exponen algunos de los inconvenientes presentados durante la realización de este trabajo relacionados con las tecnologías utilizadas.

7.2.1. El Uso de Modelos en tiempo de ejecución

El uso de modelo en tiempo de ejecución implica el mapeo de un problema determinado en un modelo específico que pueda ser utilizado por un programa. La utilización de los modelos en tiempo de ejecución lleva consigo una serie de ventajas para el Middleware de Monitorización. En concreto, estos modelos permiten actualizar las fórmulas de las métricas específicas en tiempo de ejecución sin la necesidad de alterar o parar el proceso de monitorización.

La implementación de estos han traído consigo una serie de complicaciones, la mayor de ella es el tratar su carácter transformable, es decir, como tratar la inserción de actualizaciones en el middleware sin que esto altere el proceso de monitorización. También resulto algo costoso, el hecho de crear los objetos necesarios que concuerden con las instancias, es decir, el mapeo del documento XML del modelo en tiempo de ejecución con un objeto específico que el programa pueda modificar, consultar y eliminar.

Sin embargo, con el análisis continuo y las herramientas y tecnologías apropiadas estas inconvenientes desaparecen dejando solamente las virtudes de estas herramientas.

7.2.2. Google App Engine

Aunque la utilización de tecnologías tales como Java, HTML, Javascript, Spring, jQuery no eran desconocidas para mí, los frameworks y tecnologías específicas de la plataforma Google App Engine si lo eran. Esto significa que la implementación con estas tecnologías supuso un tiempo de investigación bastante alto y la implementación específica para esta plataforma un tiempo de implementación moderado.

La falta de información específica encontrada en la red no ayudo a que esto sea más sencillo, la mayoría de información encontrada en la red era demasiado abstracta

ya que era proporcionada por Google. Al ser esta tecnología bastante novel además hacia que encontrar soluciones a problemas específicos sea más complicado, ya que no existe mucha gente que haya realizado implementaciones parecidas anteriormente.

Otro problema que se encontró es a la hora de desplegar las aplicaciones y prueba en entornos de producción. Las versiones de los servicios de despliegue utilizadas al principio eran limitadas, haciendo difícil la comprobación de su correcto funcionamiento en un entorno de producción y no solo en uno de prueba. Para solucionar esto se tuvo que cambiar a un plan con más opciones disponibles que permitieron su correcta comprobación, aunque significando un coste mayor.

7.2.3. API de monitorización de Google App Engine

Google App Engine ofrece algunas herramientas que facilitan la utilización de su API, aun así la implementación de los conectores a la API de monitorización y las clases necesarias para poder extraer datos de está han significado un tiempo bastante grande en la implementación, el mayor tiempo invertido ha sido en estos procesos.

Así como con la mayoría de herramientas de Google App Engine, aunque existan bastantes ejemplos proporcionados por Google, la información que se puede encontrar es muy abstracta y no hay muchos sitios de los que se pueda sacar la información. Además al ser el proceso de extracción de datos de la plataforma uno de los procesos más importantes, la dificultad de su implementación es mayor.

7.3. Herramienta en pruebas

A continuación se expondrá las conclusiones y problemas encontrados a la hora de elaborar el Middleware de Monitorización.

La creación del middleware de monitorización de servicios desplegados en plataformas cloud depende en gran medida de la plataforma específica para la cual esta implementada y las tecnologías utilizadas. Las base de este proyecto son el modelo propuesto por Cedillo et al [4] y la implementación específica del middleware de monitorización para la plataforma Microsoft Azure de Jimenez [10]. Las tecnologías utilizadas en este proyecto no son iguales a las utilizadas en la implementación de Jimenez, por tanto había que hacer una implementación con nuevas tecnologías, para una plataforma distinta, lo cual ha ocasionado que se necesite un tiempo considerable en la adaptación de estas bases.

Aunque se ha creado un prototipo inicial, el potencial del Middleware es muy grande, lo que significa que el prototipo creado todavía tiene mucho margen de mejora, el cual puede ser llevado a cabo con un tiempo y dedicación futura.

Sin embargo, la adaptación de estas bases ha significado el descubrimiento de nuevas herramientas y tecnologías que amplían el número de conocimientos adquiridos a lo largo de mi vida. Además, para la implementación de este proyecto, se han utilizado muchos de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, principalmente de la rama de ingeniería de software tales como la utilización de patrones de diseño, la utilización de modelos y las características de la calidad de servicio de una aplicación o plataforma.

7.4. Trabajos futuros

Este proyecto abre la posibilidad de diferentes trabajos para implementar en un futro tales como:

- **Mejora del Middleware de Monitorización**: Como se ha dicho anteriormente, el middleware aún tiene mucho margen de mejora. Actualmente, hay un dashboard creado el cual puede ser visualizado, pero está orientado más a una persona que de soporte a estas herramientas. Una mejora del middleware puede ser la creación de un dashboard orientado al usuario del servicio desplegado en la red con información específica que necesite este. Otra mejora es la posibilidad de que el monitor pueda aprovechar las posibilidades de computación paralela y la gestión de múltiples instancias.
- **Creación de un conector independiente de plataformas**: La implementación de una aplicación intermedia para la conexión con las plataformas y sus APIs disponibles para la extracción de datos de información de los servicios ofertados. Esta aplicación ofrecerá unos puntos de conexión estándares para cualquier plataforma e implementará internamente los procesos de extracción de datos de las plataformas específicas. Es decir, conectándonos a esta aplicación, podremos recuperar la información de distintas plataformas utilizando el mismo tipo de llamada, sin la necesidad de conocer el funcionamiento de las APIs específicas de cada plataforma.
- **Unión del configurador y el middleware**: Hacer que la aplicación del middleware y la del configurador de la monitorización sea una aplicación conjunta, por la cual no es necesario la descarga del modelo de monitorización en tiempo de ejecución del configurador y la posterior subida al middleware de monitorización de plataformas cloud. Las aplicaciones solo serían parte del proceso. A la finalización de la configuración la monitorización ya se queda configurada automáticamente.

8. Referencias

[1] Aceto, Giuseppe, et al. "*Cloud monitoring: A survey*." Computer Networks 57.9 (2013): 2093-2115. https://www.researchgate.net/profile/Alessio_Botta/publication/257582212_Cloud_monitoring_A_survey/links/551e59000cf29dcabb03b3bd.pdf

[2] Armbrust, Michael, et al. "A view of cloud computing." *Communications of the ACM 53.4 (2010): 50-58.* *http://delivery.acm.org/10.1145/1730000/1721672/p50-armbrust.pdf?ip=90.74.200.161&id=1721672&acc=OPEN&key=4D4702B0C3E38B35%2E4D4702B0C3E38B35%2E4D4702B0C3E38B35%2E6D218144511F3437&CFID=659078997&CFTOKEN=26105083&__acm__=1471973554_7aa5121f613efa7fc717d04ede64ba0b*

[3] Blair, G. & Bencomo, N. & France, R. "Models@run.rime". *http://www.nellybencomo.me/publications/2009/ModelsatRunTime_EditorialOct09.pdf*

[4] Cedillo P., Jimenez-Gomez J., Abrahão S., Insfrán E. Towards a Monitoring Middleware for Cloud Services. 12th IEEE International Conference on Services Computing (IEEE SCC 2015), 27 June - 2 July, 2015, New York, USA.

[5] *Cedillo P., González-Huerta J., Abrahão S., Insfrán E. A Monitoring Infrastructure for the Quality Assessment of Cloud Services. 24th International Conference on Information Systems Development (ISD 2015), Model-Driven Development and Concepts Track, August 25 - 27, 2015, Harbin, China.*

[6] Cedillo, P., Gonzalez-Huerta, J., Abrahao, S., & Insfran, E. (2014). *"Towards Monitoring Cloud Services Using Models@ run. time. 9th Workshop on Models@run.time, 31–40".* http://st.inf.tu-dresden.de/MRT14/papers/mrt14_submission_5.pdf

[7] De Volder, Kris. "*JQuery: A generic code browser with a declarative configuration language.*" International Symposium on Practical Aspects of Declarative Languages. Springer Berlin Heidelberg, 2006.

[8] Flanagan, D. (1996). "*JavaScript: The Definitive Guide*". ftp://ftp.micronet-rostov.ru/linux-support/books/programming/JavaScript/[O%60Reilly]%20-%20JavaScript.%20The%20Definitive%20Guide,%206th%20ed.%20-%20[Flanagan].pdf

[9] Hassan, Q. F., & Computers, F. (2011). "Demystifying Cloud Computing." Cross-Talk, *The Journal of Defense Software Engineering, 24(1), 16–21.* http://static1.1.sqspcdn.com/static/f/702523/10181434/1294788395300/201101-Hassan.pdf

[10] Jimenez, J. (2014). "Middleware para la monitorización de la calidad de servicios cloud". https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/55548/JIM%C3%89NEZ%20-%20Middleware%20para%20la%20monitorizaci%C3%B3n%20de%20la%20calidad%20de%20servicios%20cloud.pdf?sequence=1

[11] Kaniz Fatema, Vincent C.Emeakaroha, Philip D.Healy, John P.Morrison, Theo Lynn, "A survey of Cloud monitoring tools: taxonomy, capabilities, and objectives" J. Parallel Distrib. Comput. 74 (2014) 2918–2933

[12] Mell, P. & Grance, T. (2011). "The NIST Definition of Cloud Computing" Recommendations of the National Institute of Standards and Technology. *NIST Special Publication 800 – 145*. http://faculty.winthrop.edu/domanm/csci411/Handouts/NIST.pdf

[13] Meng, S., & Liu, L. (2013). Enhanced monitoring-as-a-service for effective cloud management. IEEE Transactions on Computers, 62(9), 1705–1720. http://doi.org/10.1109/TC.2012.165

[14] Moldovan, D., Copil, G., Truong, H.-L., & Dustdar, S. (2013). MELA: Monitoring and Analyzing Elasticity of Cloud Services. 2013 IEEE 5th International Conference on Cloud Computing Technology and Science, 80–87. http://doi.org/10.1109/CloudCom.2013.18

[15] Rouse, M. (2013). "Amazon Web Services (AWS)". http://whatis.techtarget.com/definition/Amazon-Web-Services-AWS

[16] V. Emeakaroha, T. Ferreto, M. Netto, I. Brandic, C. De Rose, CASViD: application level monitoring for SLA violation detection in clouds, in: Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), 2012 IEEE 36th Annual, 2012, pp. 499–508. http://dx.doi.org/10.1109/COMPSAC.2012.68.

[17] Amazon. Amazon Cloud Watch. 2014. https://aws.amazon.com/es/cloudwatch/ (accessed Agosto 2016).

[18] .Boundary. Boundary - Server and applications monitoring. 2015. http://www.boundary.com/ (accessed Agosto 2016).

[19] "HTML", Wikipedia, https://es.wikipedia.org/wiki/HTML

[20] Google. What is Google Cloud Monitoring? 2015. https://cloud.google.com/monitoring/docs (accessed Agosto 2016).

[21] Microsoft. *Collecting data with Microsoft Azure Diagnostics*. 2014. https://msdn.microsoft.com/en-us/library/azure/gg433048.aspx (accessed Agosto 2016).

[22] Monitis. *Network & IT Systems Monitoring- Monitis*. 2015. http://www.monitis.com/ (accessed Agosto 2016).

[23] Nimsoft. *Nimsoft*. 2015. https://support.nimsoft.com/ (accessed Agosto 2016).

[24] ISO/IEC 25010:2011-Systems and software engineering -- Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) -- System and software quality models, 2011

[25] Eclipse. https://www.eclipse.org/ (accessed Agosto 2016).

[26] Google monitoring API. https://cloud.google.com/monitoring/api/v3/ (accessed Agosto 2016).

Anexo A

1. Metamodelos de los modelos empleados por la infraestructura de Monitorización

1.1. Metamodelo del Modelo de Calidad SaaS (fuente: Cedillo et al [5])

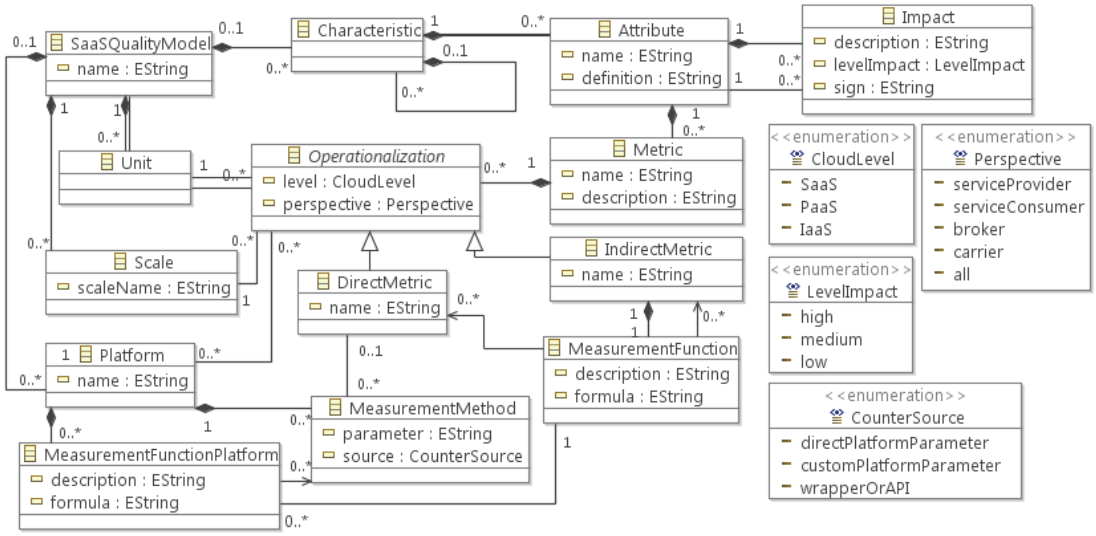


Figura 17. Anexo - Metamodelo del Modelo de Calidad SaaS

1.2. Metamodelo del Modelo de Requisitos de Monitorización (fuente: Cedillo et al [5])

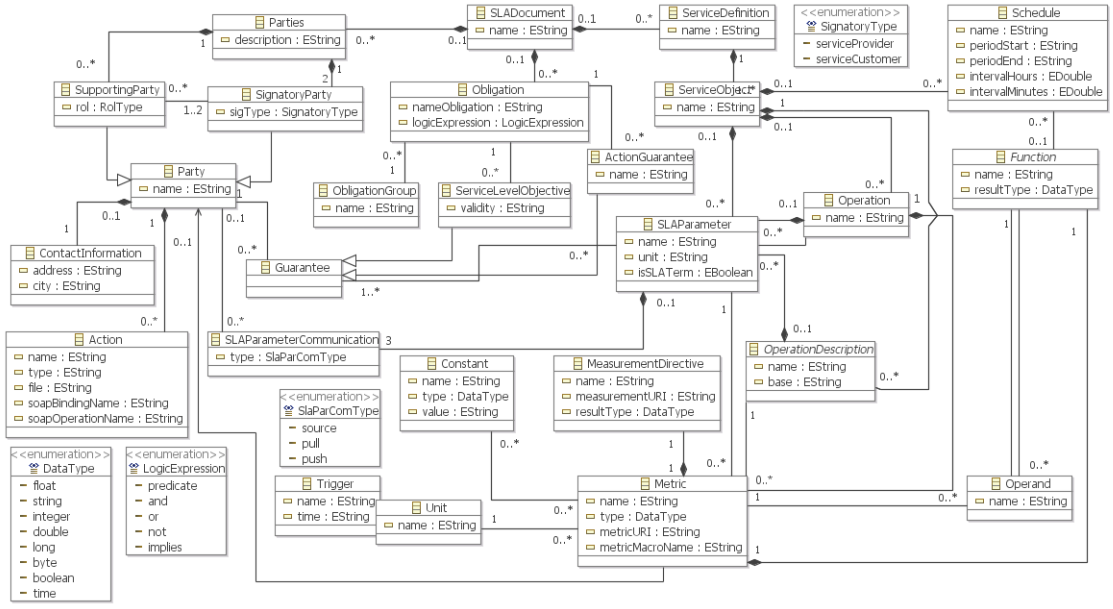


Figura 18. Anexo - Metamodelo de Reauisitos de Monitorización

1.3. Metamodelo del Modelo Monitorización en tiempo de ejecución (fuente: Cedillo et al [5])

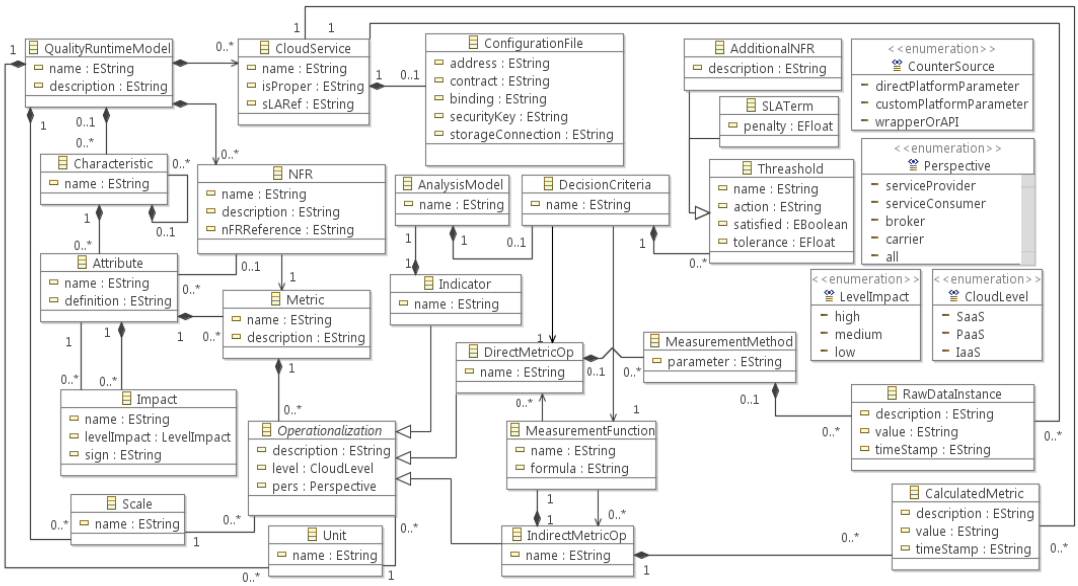


Figura 19. Anexo - Metamodelo del Modelo de Monitorización en tiempo de ejecución

2. Modelos empleados en el caso de estudio

2.1. Modelo de Requisitos de Monitorización

Nombre	Métrica	Formula	Umbral	SLA Specification
Eficiencia	Latencia	$Latencia = Tiempo\ de\ Ejecución\ de\ Peti + Tiempo\ de\ Respuesta$	<130ms	El tiempo de respuesta no puede ser superior a 130 ms
Confiabilidad	DPM	$DPM = \frac{Operaciones\ Fallidas}{Nº\ Total\ de\ Operaciones}$	<0.01	El número de operaciones defectuases por millón de operaciones es máximo 1

Tabla 8. Anexos - Modelo de Requisitos de Monitorización

2.2. Modelo de Calidad SaaS

Características	Sub-Características	Atributos	Métricas	Operacionalizaciones
Reliability		Maturity		
		Availability	Robustness of a Service (ROS)	Available Time for Invoking SaaS/Total Time for Operating SaaS
			Metric of Availability	(Agreed Service Time - Outage Downtime)/Agreed Service Time
				Uptime/Agreed Service Time
		Fault Tolerance	Defective Operations Per Million	(Operations Attempted – Operations Successful)/ Operations Attempted

			(DPM)	Operations Failed / Operations Attempted
				Operations Failed / (Opeations Successful + Operations Failed)
		Service Stability	Coverage of Fault Tolerande (CFT)	Number of Faults Without Become Failures / Total Faults Occured
			Coverage of Failure Recovery (CFR)	Number of Failures Remedied / Total Number of Failures
		Service Accuracy	Service Accuracy (SA)	Number of Correct Responses / Total Number of Requests
Performance Efficiency	Time Behaviour	Response Time	Latency	Request Execution Time + Request Response Time
			Request Execution Time	Execution Time
			Time Behaviour (TB)	Execution Time / Total Service Invocation Time
		Data Exchange Workload		
	Resource Utilization	Elasticity in Resources	Coverage of Scalability (COS)	Sum(Amount of Allocated Resources of ist Request / Total Amount of Requested Resources of ist Request)/Total Requests for Extending Resources Used
		Optimization in the use of resources		
	Capacity	Concurrent Users		
		Throughput of Services	Throughput	Number of Successful Transactions per Hour

Tabla 9. Anexo - Modelo de calidad SaaS

2.3. Modelo en tiempo de ejecución XML

```
<?xml version="1.0"?>
<RuntimeModel                xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <CloudService>
    <Name>Subastas & mas S.L.</Name>

<connectionString>Eby8vdM02xNOcqFlqUwJPLlmEtlCDXJ1OUzFT50uSRZ6IFsuFq2U
VErCz4I6tq/K1SZFPTOtr/KBHBeksoGMGw==</connectionString>
    <deploymentID>fdc45005307044e0a00073e118ab71b0</deploymentID>
  </CloudService>
  <Characteristics>
    <Characteristic>
      <name>Reliability</name>
      <attributes>
        <Attribute>
          <name>Fault Tolerance</name>
          <metrics>
            <Metric>
              <name>Defective Operations Per Million (DPM)</name>
              <operationalization xsi:type="IndirectMetric">
```

```
            <name>DPM</name>
            <function>
              <formula>([34]/[36])*1000000</formula>
              <operands>
                <DirectMetric>
                  <name>  function/execution_times </name>
                  <identifier>[36]</identifier>
                  <extractionRate>4</extractionRate>
                  <extractionType>0</extractionType>
                </DirectMetric>

                <DirectMetric>
                  <name>function/execution_count</name>
                  <identifier>[34]</identifier>
                  <extractionRate>4</extractionRate>
                  <extractionType>0</extractionType>
                </DirectMetric>
              </operands>
            </function>
          </operationalization>
        </Metric>
      </metrics>
      <nfr>
        <name>GuaranteeOfReliability</name>
        <nFRReference>0</nFRReference>
        <attributes />
      </nfr>
    </Attribute>
  </attributes>
  <subCharacteristics />
</Characteristic>
<Characteristic>
  <name>Performance Efficiency</name>
  <attributes />
  <subCharacteristics>
    <Characteristic>
      <name>Time Behaviour</name>
      <attributes>
        <Attribute>
          <name>Response Time</name>
          <metrics>
            <Metric>
              <name>Latency</name>
              <operationalization xsi:type="DirectMetric">
                <name> http/server/response_latencies </name>
                <identifier>[68]</identifier>
                <extractionRate>3</extractionRate>
                <extractionType>0</extractionType>
              </operationalization>
            </Metric>
          </metrics>
          <nfr>
            <name>Latency</name>
            <nFRReference>2</nFRReference>
            <attributes />
          </nfr>
        </Attribute>
      </attributes>
      <subCharacteristics />
    </Characteristic>
  </subCharacteristics>
```

```
  </Characteristic>
</Characteristics>
<NFRs>
  <NFR>
    <name>GuaranteeOfReliability</name>
    <nFRReference>0</nFRReference>
    <attributes />
  </NFR>
  <NFR>
    <name>Latency</name>
    <nFRReference>2</nFRReference>
    <attributes />
  </NFR>
</NFRs>
 </RuntimeModel>
```