

Universidad Francisco Gavidia  
Dirección de Tecnología y Sistemas  
Presentación de Buenas Prácticas para ser evaluadas por la Red  
TELESCOPI de El Salvador



Nombre de la práctica:  
Gestión eficiente de servicios en línea clusterizados  
en nube privada: UFG Cloud

Dirigido a:  
Red TELESCOPI de El Salvador

San Salvador, mayo 2018



## Tabla de Contenido

INFORMACIÓN GENERAL DE LA PRÁCTICA Y DE LA INSTITUCIÓN .....	3
RESPONSABLE DIRECTO DE LA PRÁCTICA.....	3
1. RESUMEN EJECUTIVO .....	4
2. PLANIFICACIÓN DE LA PRÁCTICA.....	5
3. DESARROLLO Y EJECUCIÓN DE LA PRÁCTICA.....	9
4. RESULTADOS DE LA PRÁCTICA.....	13
5. EVALUACIÓN Y REVISIÓN DE LA PRÁCTICA. ....	19
6. CARÁCTER INNOVADOR DE LA PRÁCTICA .....	20
7. DIVULGACIÓN DE LA PRÁCTICA.....	23
LISTA DE ANEXOS.....	25

## Información general de la práctica y de la institución

Título	Gestión eficiente de servicios en línea clusterizados en nube privada: UFG Cloud.
Palabras clave	Alta disponibilidad, clusterización, virtualización, computación en la nube, escalabilidad, servicios en línea, UFG Cloud.
Criterios de excelencia en los que se enmarca la buena práctica	Procesos, Productos y Servicios / Clientes
Institución responsable de la práctica	Universidad Francisco Gavidia
Ciudad	San Salvador
País	El Salvador
Teléfono/Fax	(503) 2209 – 2838
Sitio web de la Institución	<a href="http://www.ufg.edu.sv">www.ufg.edu.sv</a>

## Responsable directo de la práctica

Nombres y apellidos	Dr. Mario Rafael Ruiz Vargas
Cargo	Director de Tecnología y Sistemas
Unidad	Dirección de Tecnología y Sistemas
Correo electrónico	<a href="mailto:marior@ufg.edu.sv">marior@ufg.edu.sv</a>
Teléfono	(503) 2209-2838
Sitio web de la práctica	

## 1. Resumen ejecutivo

La Universidad Francisco Gavidia de El Salvador es una institución con 37 años de trayectoria académica y cuenta actualmente con dos sedes: una en San Salvador y un Centro Regional de Occidente en Santa Ana.

La institución se ha caracterizado por realizar una fuerte apuesta por la educación no presencial, brindando carreras completamente virtuales y asignaturas en línea, además de su oferta en educación presencial con un alto uso de herramientas de apoyo al Proceso de Enseñanza Aprendizaje, entre las que destacan laboratorios y centros de cómputo especializados, así como servicios en línea que permiten a sus estudiantes realizar sus procesos académicos, administrativos y financieros desde cualquier lugar conectados a internet.

La educación virtual requiere de un esfuerzo especial en materia de infraestructura y soporte, ya que los estudiantes tienen la posibilidad de acceder a la plataforma virtual a cualquier hora y desde cualquier lugar. A su vez, proveer de servicios en línea tales como la recepción de pagos por diversos medios electrónicos; todo ello requiere una infraestructura robusta y siempre disponible. Los estudiantes, representan el principal beneficiario de una estructura tecnológica acorde con los recursos y servicios para el desarrollo de su Proceso de Enseñanza Aprendizaje.

La Universidad Francisco Gavidia de El Salvador desarrolló a finales de 2015 el proyecto “Infraestructura tecnológica de nube privada como solución para la gestión eficiente de servicios en línea”, el cual consistió reestructurar sus aplicaciones a una arquitectura de clúster que garantice la alta disponibilidad de los servicios en línea, para lo cual contó como socio estratégico con un proveedor de servicios de nube privada TIER3, tras un proceso de evaluación de alternativas mediante la creación y aplicación de un instrumento de evaluación que permitiera determinar qué solución respondería a las necesidades en materia de infraestructura, versatilidad, flexibilidad, resistencia a fallos y facilidad de administración, entre otros elementos considerados. Finalmente, se seleccionó una opción de infraestructura utilizando una nube privada virtual. Este documento presenta la experiencia de la Universidad con el objetivo de proveer a otras instituciones de educación superior en la región, de un marco de referencia para la toma de decisiones en cuanto a la gestión tecnológica. A su vez, presenta los resultados y beneficios obtenidos como consecuencia de la ejecución del proyecto.

## 2. Planificación de la práctica

### 2.1. Situación de partida

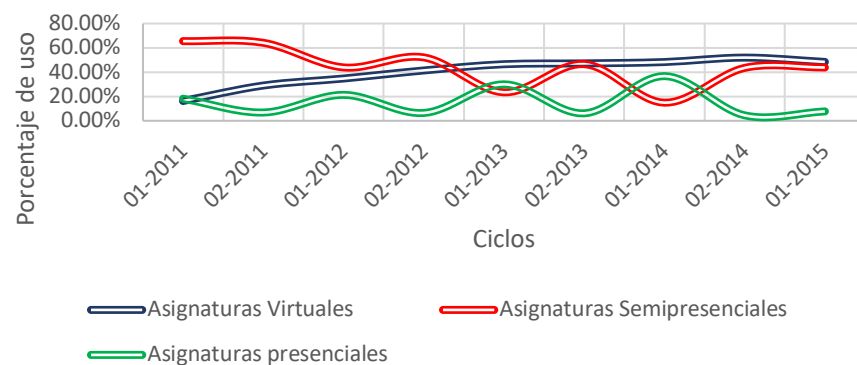
A principios de 2015, en períodos de alta demanda, la capacidad de los servidores era excedida, degradándose la calidad de los servicios, mientras que el resto del tiempo se subutilizaba. Además, se incrementó el tiempo necesario para realizar respaldos y atender incidentes.

#### 2.1.1. Análisis del contexto

Se identificó la necesidad de fortalecer la infraestructura tecnológica para asegurar la disponibilidad de los servicios informáticos de apoyo al Proceso de Enseñanza-Aprendizaje (PEA) y mejorar la experiencia de los usuarios.

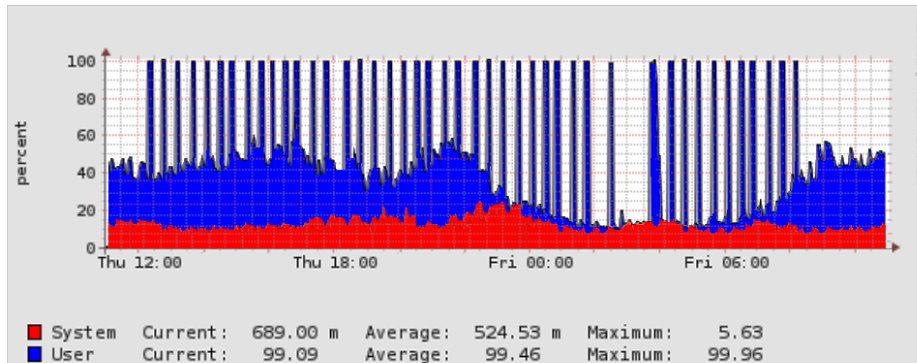
#### 2.1.2. Identificación de problemas y grupos de interés

Hasta el ciclo 01-2015 -ver figura 1-, la cantidad de estudiantes que cursaba asignaturas virtuales se había incrementado al grado de sobrepasar otras modalidades.



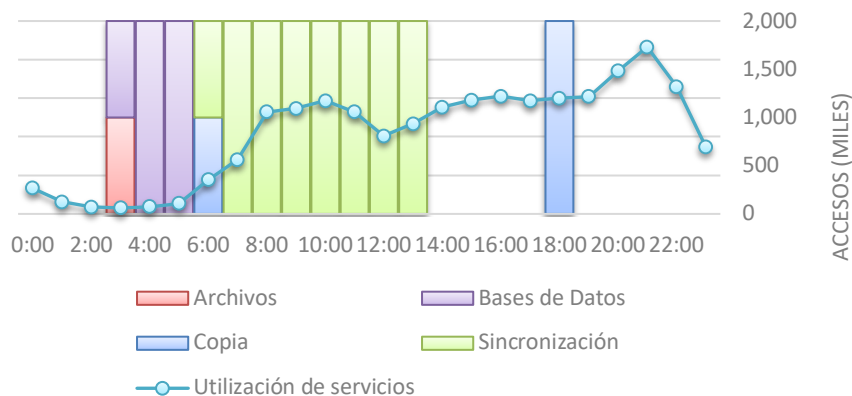
**Fig. 1.** Tendencias en la inscripción de asignaturas de los estudiantes.

Durante los períodos de inscripción de asignaturas y de evaluaciones, los estudiantes percibían demora en los servicios, al utilizar todos los recursos de los servidores locales, figura 2.



**Fig. 2.** Utilización de recursos de servidores en periodos de alta demanda.

El tiempo necesario para hacer respaldos del servidor de e-learning se incrementó a más de 24 horas, impidiendo que estos se realizaran en horas de baja utilización, figura 3.



**Fig. 3.** Tiempo requerido para respaldos, versus uso del servidor.

Para finales de 2015, todos los servidores gestionados por la Dirección de Tecnología y Sistemas habían sufrido algún tipo de incidente, generando inconformidad en los usuarios.

## 2.2. Objetivos de la Buena Práctica

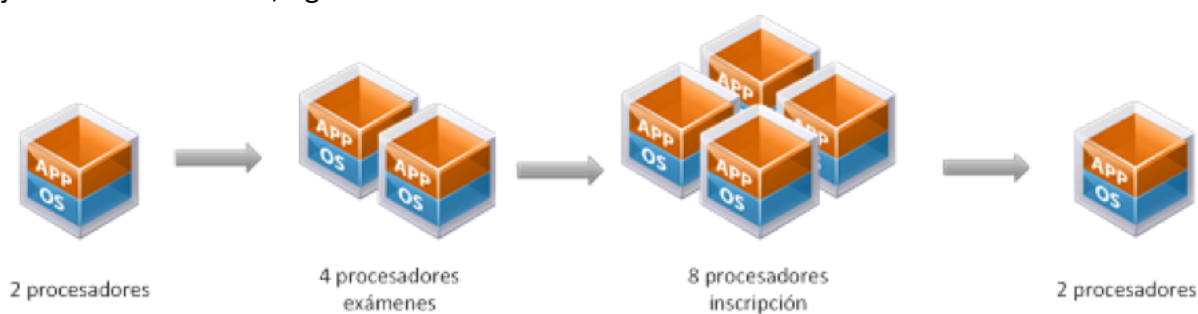
- Asegurar la disponibilidad y velocidad de acceso a los servicios informáticos de apoyo al PEA en todo momento.
- Reducir la lentitud en horas de alta demanda y/o ejecución de procesos de respaldos.
- Implementar herramientas de monitoreo de la infraestructura tecnológica y estado de los servicios para una mejor administración de los mismos.

### 2.3. Alineamiento con las estrategias de la universidad

Uno de los ejes estratégicos institucionales es la infraestructura, que incluye la estrategia de contar con Universidad tecnológicamente móvil y acciones como el fortalecimiento de la infraestructura tecnológica para garantizar los servicios online.

### 2.4. Método de abordaje de alternativas

Debido al número creciente de usuarios, se necesitaba una solución escalable en el tiempo que optimizara los recursos disponibles. Se optó por una arquitectura de clúster, donde varias máquinas virtuales funcionan como una sola para brindar un servicio sin interrupciones. Al incrementarse la demanda, se agregan nuevas máquinas virtuales, las cuales se reutilizan cuando dejan de ser necesarias, figura 4.



**Fig. 4.** Arquitectura de clúster para servicios en línea

Debido a los riesgos y complejidad de administrar un centro de datos, la nueva arquitectura se implementaría en un centro de datos virtual.

### 2.5. Justificación de la alternativa seleccionada

Además de permitir el escalamiento horizontal, una arquitectura de clúster es tolerante a fallos. Se eligió a un proveedor de nube mediante la aplicación de dos instrumentos, uno a proveedores de nube pública (anexo 1) y otro a proveedores de nube privada (anexo 2). Finalmente, con base en los objetivos planteados y los requisitos de la institución se optó por una solución de Nube Privada Virtual, a la que se denominó “UFG Cloud”.

## 2.6. Valor añadido esperado

Para la institución:

- Mejorar la calidad de los servicios en línea de la universidad, incluso durante períodos de alta demanda.
- Facilitar la administración de los recursos tecnológicos reduciendo la cantidad de horas que los responsables necesitan para mantener los servicios funcionando.
- Proveer una infraestructura de primer nivel en la categoría TIER 3 (99.982% de disponibilidad).

Para los estudiantes (grupo de interés):

- Mejorar su experiencia de uso de los servicios en línea de la universidad, al brindarles éstos de forma inmediata, estable y siempre disponible; creando una percepción de servicio de primer nivel acorde con sus expectativas.

## 2.7. Mecanismos de comunicación y participación

La restructuración de la infraestructura se comunicó, primero, a las áreas técnicas para modificaran las aplicaciones y forma de trabajo para aprovechar la nueva arquitectura de clúster.

Posteriormente, a los usuarios, para prepararlos para el cambio y se solicitó a algunos de ellos la realización de pruebas durante el despliegue de la nueva infraestructura.

Finalmente se publicó en periódicos locales, redes sociales, sitio web institucional, etc., invitando a los usuarios a acceder a los servicios con confianza y evidenciar la robustez de la solución.



## 3. Desarrollo y ejecución de la Práctica

### 3.1. Descripción estructurada del desarrollo y ejecución de la práctica

Para la reconversión de las aplicaciones a una arquitectura de clúster se utilizó como referencia el modelo de doce factores para el desarrollo de software como servicio (ver anexo 3), con el objetivo de cambiar el paradigma de servidores monolíticos a un esquema de recursos compartidos entre servicios.

Los doce factores comprenden el uso de formatos declarativos que permitan la incorporación de nuevos desarrolladores, declarar claramente los requisitos en cuanto a sistema operativo de forma que se fomente la portabilidad, preparar las aplicaciones para pasar de un contexto de servidores locales a un contexto de nube, homologar los entornos de desarrollo para permitir la mejora continua de forma ágil y la escalabilidad o crecimiento sostenido en el tiempo.

En la implementación de la UFG, se separan las tareas que realiza una aplicación y se asigna cada una de ellas a un clúster o grupo de máquinas virtuales. Por ejemplo, un clúster se encarga del almacenamiento en la base de datos, otro exclusivamente para la autenticación y validación de datos, etc. En la figura 6 se muestra la infraestructura utilizada para el proceso de inscripciones.

### 3.1.1. Cronograma de actividades

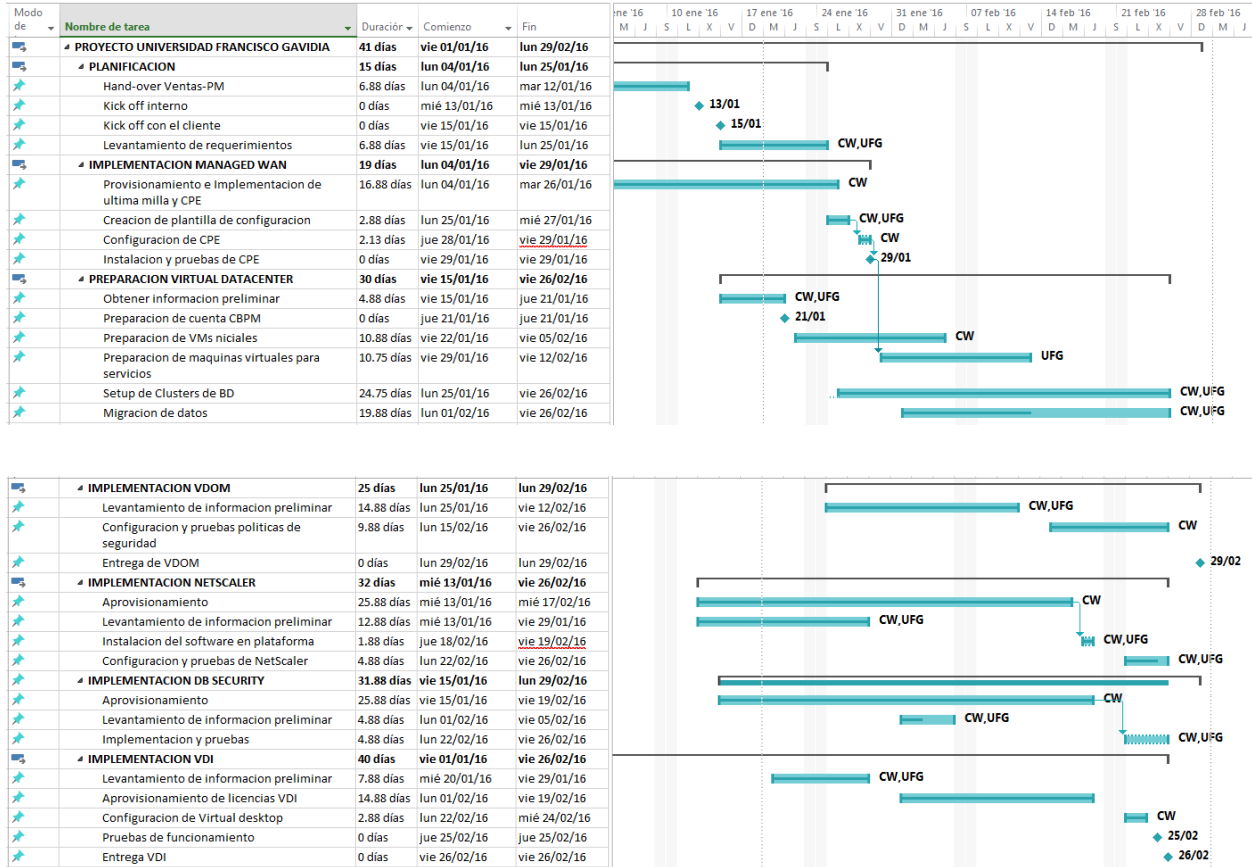


Fig. 5. Cronograma de actividades

Una descripción general de las etapas del cronograma se presenta en la tabla 1:

Etapa	Descripción general
Planificación	Recopilación de requerimientos y definición de actividades
Implementación Managed WAN	Una red de área amplia (WAN) delega algunas de las tareas de administración de la red en un tercero
Preparación Virtual Data Center	Un centro de datos virtual no está restringido a una sola ubicación física, la información puede estar distribuida en diversos centros de datos de un proveedor alrededor del mundo
Implementación VDOM	Creación de dominios virtuales (VDOM) para simplificar gestión de la red, pueden proveer políticas de cortafuegos separadas para cada dominio.

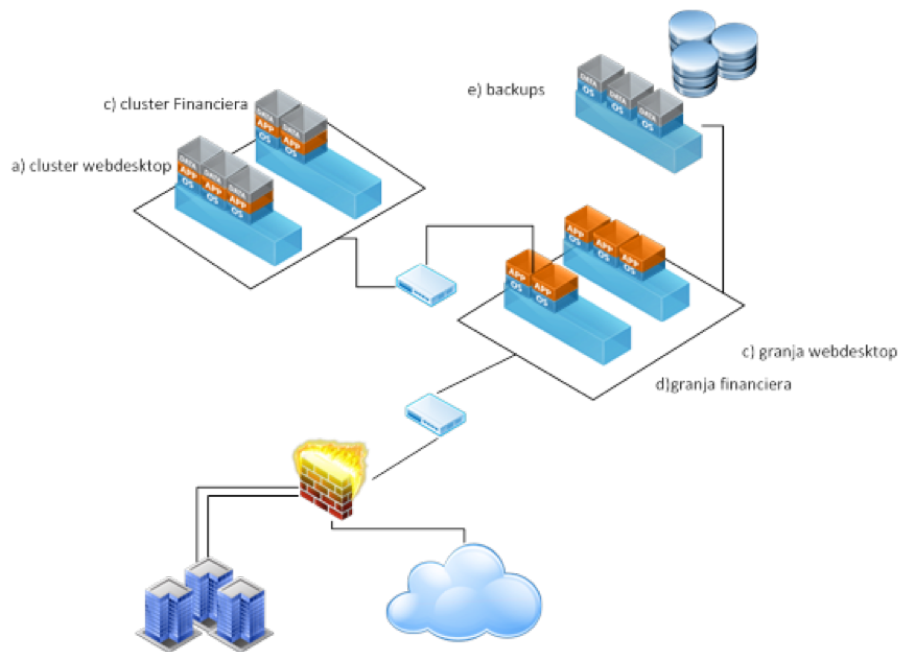
<b>Etapas</b>	<b>Descripción general</b>
Implementación NetScaler	Implementación del balanceador de carga encargado de distribuir el trabajo entre los nodos de los clústers o granjas de servidores
Implementación DB Security	Herramienta para monitoreo de bases de datos, incluye componentes para monitoreo, administración centralizada y cumplimiento de políticas.
Implementación VDI	Tecnología de virtualización que permite acceso a un escritorio virtualizado en un servidor por medio de internet.

**Tabla 1.** Descripción de etapas del cronograma de actividades

### 3.1.2. Procesos en los que se intervino

Se modificaron los elementos que originalmente utilizaban varios servidores, para permitir el crecimiento horizontal, distribuyendo los servicios entre los recursos disponibles en clústers o granjas. El término clúster en el contexto de la UFG se asocia a bases de datos, con nodos interdependientes. Por otra parte, para aplicaciones web, generalmente se habla de granjas. Ambos términos implican la idea de varias máquinas interactuando entre sí para presentarse al usuario como si se tratase de un único servidor, utilizando un balanceador de carga como intermediario para distribuir el trabajo entre las diferentes máquinas virtuales.

Fue necesaria la consolidación de diversos servicios y aplicaciones dentro de una misma infraestructura de servidores, pasando del modelo anterior de servidores separados a un esquema de servicios agrupados, compartiendo dependencias y recursos de forma inteligente.



**Fig. 6.** Arquitectura de clústers para proceso de inscripciones


Por ejemplo, para el proceso de inscripción (figura 6), la nueva infraestructura consistiría en:

- a) Un clúster de base de datos para autenticación y validación de datos
- b) Una granja de servidores para soportar el acceso de hasta 10,000 usuarios simultáneos
- c) Un clúster de base de datos para la consulta, creación y pago de aranceles
- d) Una granja de servidores para crear y visualizar talonarios de pago
- e) Una estructura para realizar respaldos de datos cada 30 minutos.

### 3.1.3. Recursos humanos, financieros y tecnológicos

La migración de los servicios a una nube privada utilizando la nueva infraestructura contó con la participación de empleados del Centro de Desarrollo de Software de la Universidad Francisco Gavidia y personal del proveedor de nube seleccionado. En términos de recursos financieros, se firmó un contrato con el proveedor por un pago fijo mensual.

En el centro de datos virtual, se han implementado herramientas estándar en la industria para la gestión de máquinas virtuales, balanceo de carga, monitoreo, auditoría de bases de datos, entre otras tareas requeridas por el nuevo diseño. Además, se cuenta con un portal de administración



para el aprovisionamiento de recursos. Aunque es técnicamente posible instalar las herramientas de software y hardware utilizadas para gestionar la nueva arquitectura en un centro de datos tradicional, la adopción de un modelo de infraestructura como servicio (IaaS) simplificó las tareas asociadas al centro de datos, con lo que se redujo el tiempo dedicado a tareas de mantenimiento por parte del personal técnico de la universidad y, gracias a las herramientas de monitoreo, ahora es posible los recursos asignados a los servicios de la universidad de acuerdo con el nivel de demanda esperado en períodos pre-identificados.

#### 3.1.4. Responsables

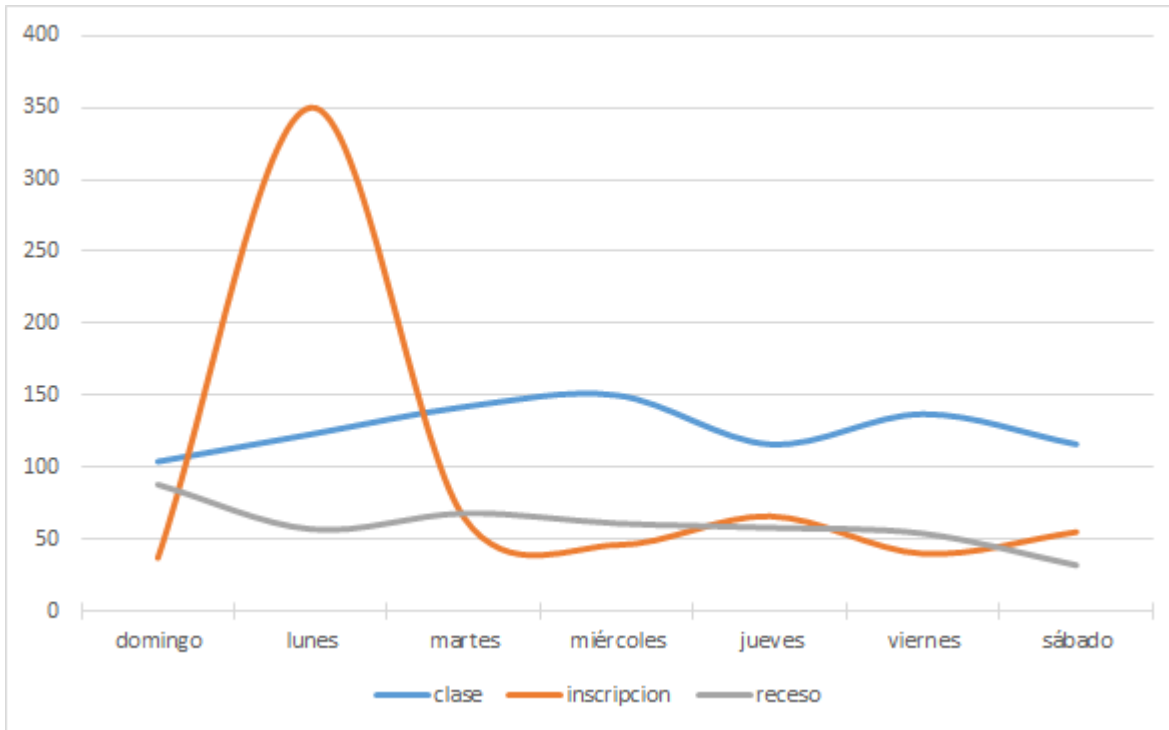
Centro de Desarrollo de Software de la Universidad Francisco Gavidia, cuyo equipo está compuesto por:

- Administrador de proyecto
- Arquitecto de infraestructura
- DevOps
- Ingeniero de confiabilidad
- Seguridad

## 4. Resultados de la práctica

### 4.1.1. Medición de resultados Cuantitativos, en términos de procesos y productos y servicios

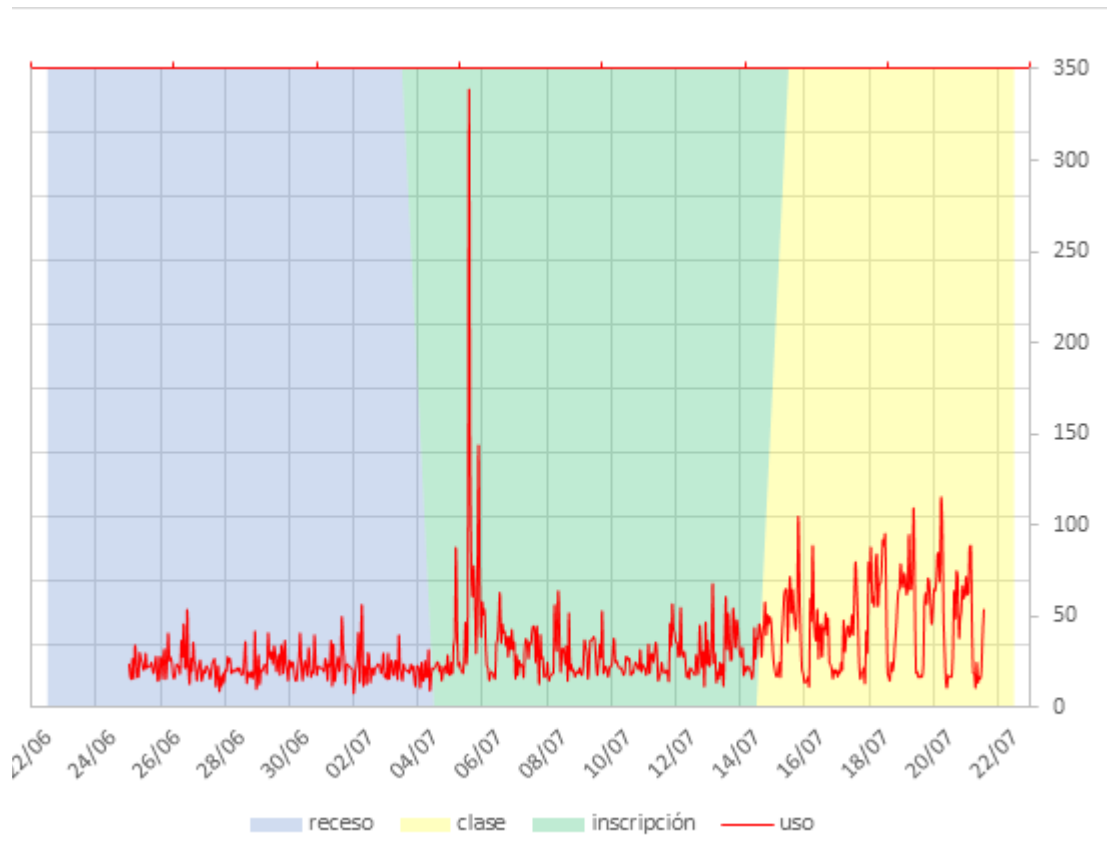
La cantidad de estudiantes que se conectan por segundo a los servicios en periodos de clase es de 150 estudiantes/segundo, durante el receso entre ciclos este disminuye a 88 estudiantes/segundo. Como se observa en la figura 7, el primer día de inscripción este número aumenta a un máximo de 350 estudiantes/segundo.



**Fig. 7.** Demanda promedio de recursos por día de la semana UFG, años 2015-2017

Previo al diseño e implantación de la solución, el incremento de peticiones ralentizaba el proceso de inscripción, tardando el estudiante en promedio 30 minutos para completar su inscripción.

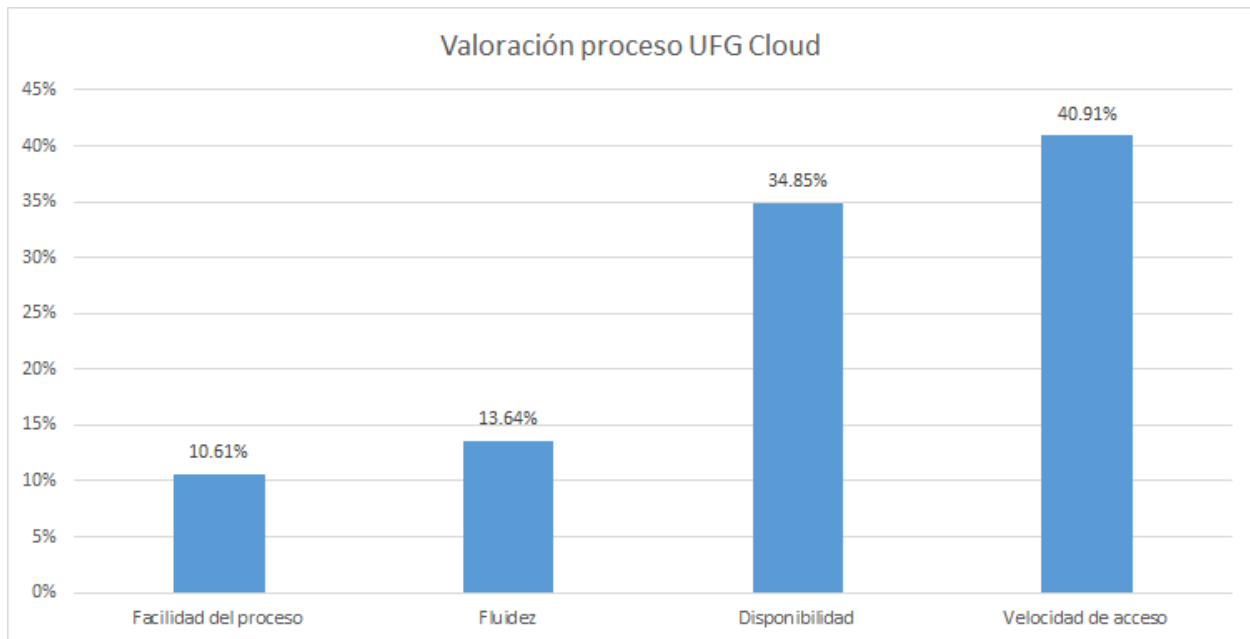
Luego del diseño e implementación de la solución, en el próximo proceso de inscripción se brindó una experiencia de usuario satisfactoria supliendo el acceso y entrada a la inscripción a 3,500 estudiantes en el primero minuto de proceso e inscribiendo 6,500 estudiantes en la primera hora del proceso de inscripción, figura 8.



**Fig. 8.** Conexiones simultaneas al intranet UFG (Webesktop) del 22-06-16 al 22-07-16

#### 4.1.2. Cualitativos

Durante el proceso de inscripción los estudiantes mostraron su satisfacción con el proceso a través de redes sociales, con mensajes positivos para los tópicos Velocidad de acceso, facilidad del proceso, disponibilidad, fluidez y estabilidad, figura 9.



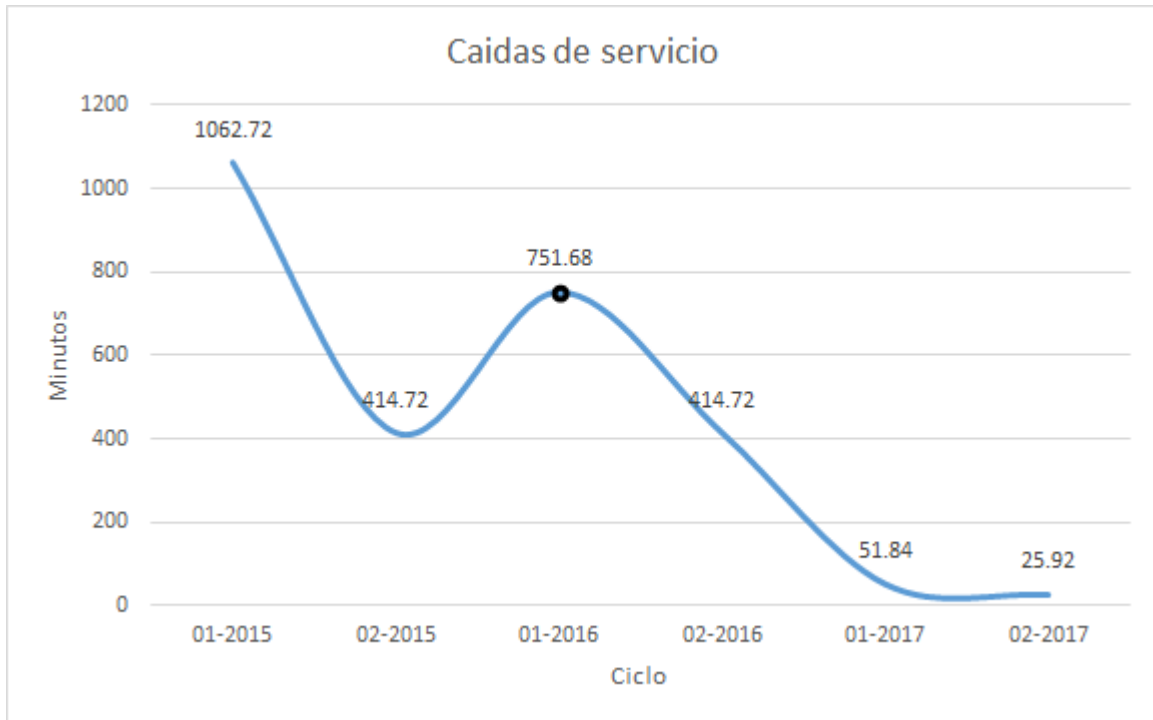
**Fig. 9.** Valoración de comentarios en redes sociales al primer proceso de inscripción con el modelo UFG Cloud.

Estos elementos fueron retomados en el video promocional UFG Cloud.

#### 4.2. Análisis de los resultados en relación con los objetivos y el valor añadido descrito en la planificación.

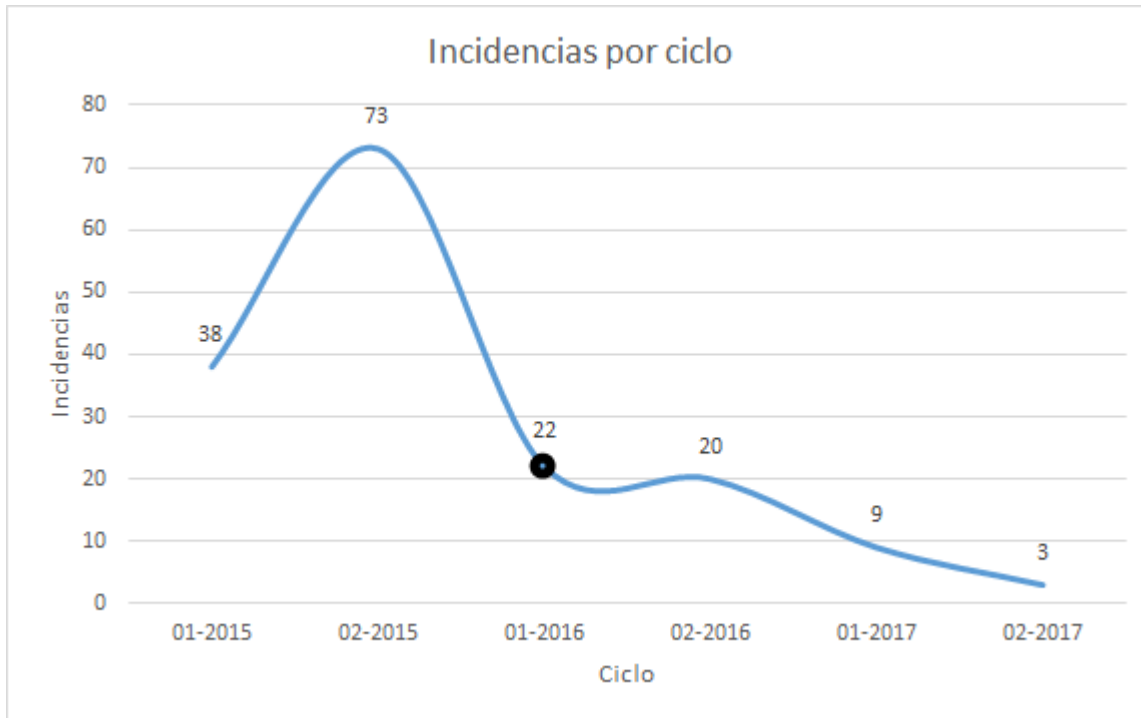
El indicador “Disponibilidad de Aplicaciones en línea”, figura 10, muestra que el servicio ha incrementado su disponibilidad de un 99.59%, 17.71 horas de baja semestrales el ciclo 01-2015, a un 99.99%, 25.92 minutos de baja semestrales en el ciclo 02-2017.





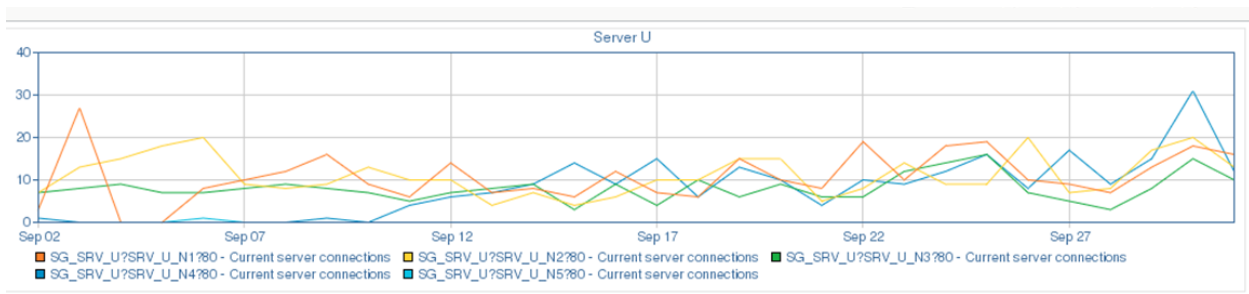
**Fig. 10.** Tiempo (en minutos) sin servicio, en negro el ciclo en el que se implementó la solución

Reduciendo el número de incidencias de lentitud o fallas en el servicio de nuestra plataforma de acceso (webDesktop) y el sistema de gestión del aprendizaje (Uvirtual) que los estudiantes reportaban a través del Sistema para la medición de la satisfacción del estudiante disminuyó en un 92.1%, 3 casos en el ciclo 02-2017 versus 38 casos en el ciclo 01-2015, figura 11.



**Fig. 11.** Incidencias reportadas

Por medio del monitoreo de servicios es posible determinar el incremento o disminución de recursos de acuerdo a las necesidades de los estudiantes, en la figura 12 se puede apreciar que en septiembre 10 se añadió un nuevo nodo de proceso, en celeste, cuando se puso a disposición de los estudiantes un nuevo servicio en la plataforma U-Virtual.



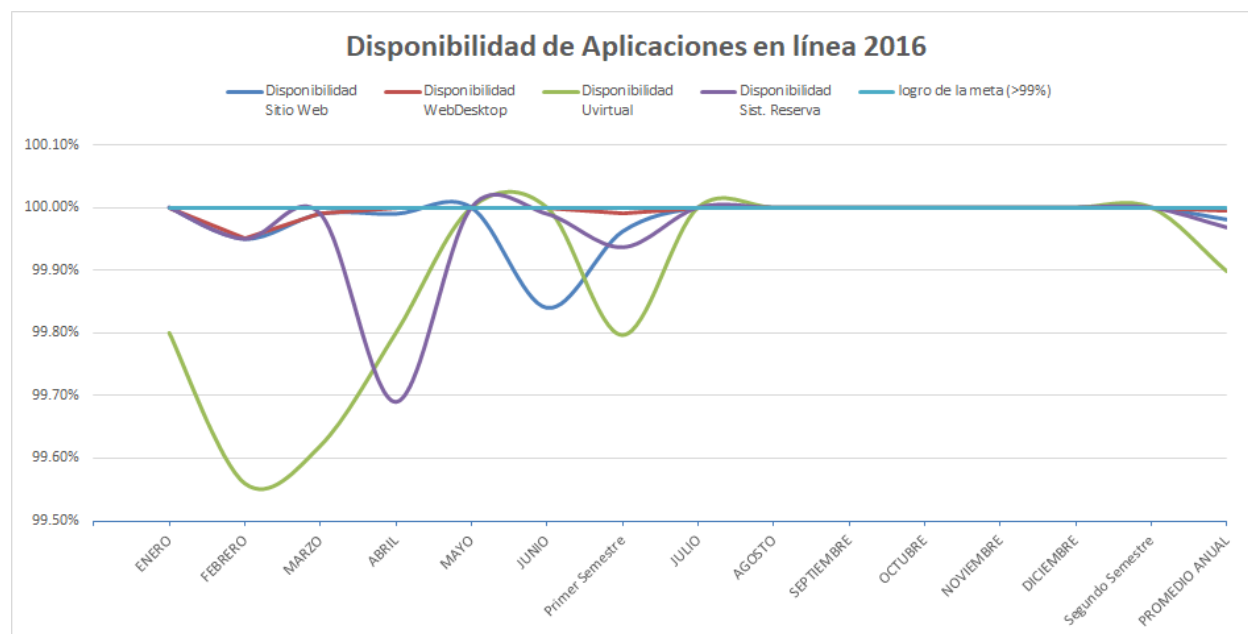
**Fig. 12.** Adición de recursos de acuerdo a demanda (septiembre 2017).

## 5. Evaluación y revisión de la práctica.

### 5.1. La descripción del método y del proceso de evaluación realizado tras la implementación de la práctica

La evaluación de eficiencia en el uso de los recursos se realizó por medio de dos herramientas:

- La medición del desempeño de los servicios por medio de herramientas de monitoreo, que permitió priorizar y determinar la combinación óptima de recursos para dos de los procesos más intensivos el periodo de exámenes y la inscripción.
- Recolectando estadísticas que sirven como insumo para el indicador mensual PI9 Disponibilidad de Aplicaciones en línea, figura 13 y anexo 4. Con el cual se pudo evidenciar que disminuyó el tiempo de baja en los servicios número de incidencias y con ello las incidencias reportadas, figura 11, en el sistema de consultas, quejas y sugerencias.



**Fig. 13.** Resultados del indicador PI9 por aplicación.

### 5.2. Identificación y análisis de los resultados de la evaluación de la práctica

Por medio del monitoreo y la recolección de estadísticas, se planificaron acciones de optimización en el corto y mediano plazo, para mantener un acceso a los servicios en cinco segundos o menos para un estudiante conectado con un ancho de banda de 1Mb.

Las herramientas de evaluación de satisfacción de los estudiantes sirvieron como insumo al Procedimiento para brindar soporte a los servicios virtuales, con el que se generó un diagrama de Pareto en el cual se priorizan las necesidades externadas por los estudiantes.

Producto de todos estos análisis, se programaron ventanas de mantenimiento en las que se readecuan los recursos de acuerdo a las necesidades detectadas.

- 5.3. Retroalimentación en términos de ciclos de efectividad institucional (PDCA) y, de corresponder, grado de aplicación de las acciones de mejora

Al implementar las mejoras, en el ciclo 01-2017 se inició el proceso de evaluación descrito previamente, validando las mejoras de desempeño e incrementó en la satisfacción del cliente, como se muestra en la figura 11, en preparación para un nuevo ciclo de mejoras.

## 6. Carácter innovador de la práctica

- 6.1. Descripción de los aspectos de innovación en la institución y los cambios generados en la misma

La buena práctica "Gestión eficiente de servicios en línea clusterizados en nube privada: UFG Cloud" tiene como carácter innovador la integración de un conjunto de tecnologías que permiten el acceso remoto a los servicios online ofrecidos de la Universidad, almacenamiento de archivos y procesamiento de datos por medio de Internet. La nube privada le proporciona a la Universidad una mayor flexibilidad en relación a la gestión de los datos e información, dando lugar a que la población estudiantil tenga los servicios disponibles siempre y en todo lugar.

Esta buena práctica tiene como base una plataforma de infraestructura en la nube (IaaS) la cual soporta un modelo de integración de servidores virtualizados y servicios dedicados a los estudiantes a través de una arquitectura avanzada y en capas, todo ello gestionado por medio de un único punto de control (Portal web, API de gestión y VDI'S dedicadas).

Los cambios realizados en la infraestructura tecnológica de la Universidad, representa una mejora significativa, ya que para el año 2017 se observó una reducción 92.1% en las incidencias relacionadas a los procesos académicos-financieros los cuales se le brindan a los estudiantes, estas acciones a provocado al mismo tiempo un crecimiento en la satisfacción (ver figura 14) de los estudiantes y mejor aceptación de los servicios.

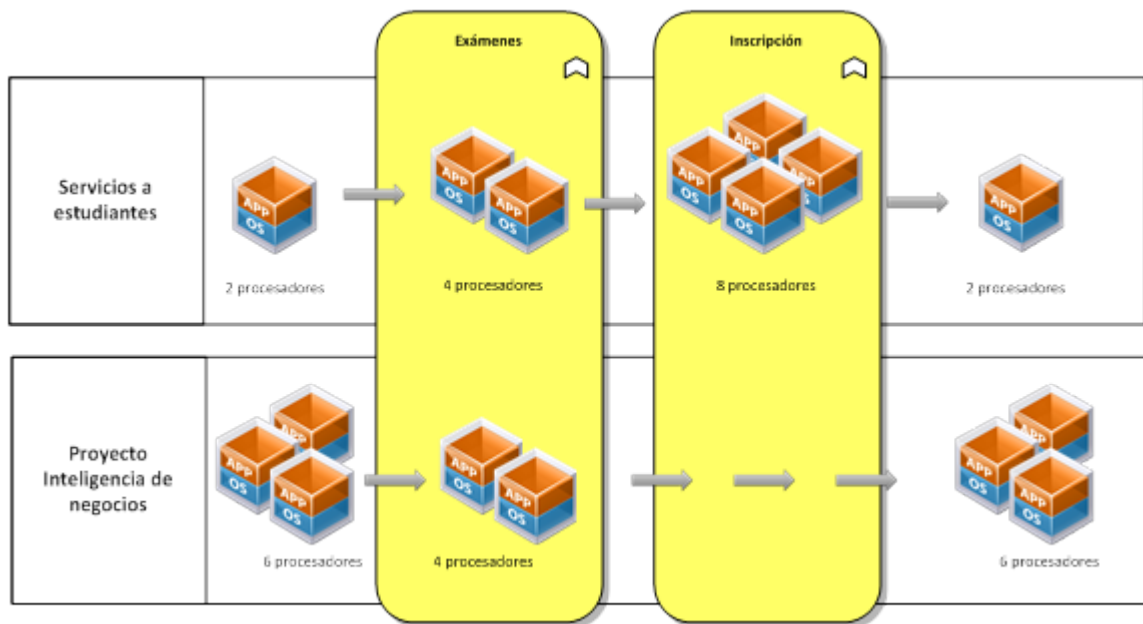


**Fig. 14.** Satisfacción en los servicios en base a las incidencias reportadas en los últimos 4 años

## 6.2. Descripción del potencial innovador de la práctica en el sistema universitario o en otros grupos de interés externo.

El potencial innovador de esta práctica es la capacidad de automatización y control que se tiene en todo el proceso académico-financiero en el que cada uno de los estudiantes es parte. La arquitectura de UFG Cloud ha sido diseñada con la capacidad para desarrollar e implementar proyectos que tiene como objetivo principal mejorar la experiencia educativa a nivel superior, sirviendo como modelo no solo para las Universidades locales sino también para las universidades en la región.

Adicionalmente contribuye a la eficiencia de los servicios, manteniendo una escalabilidad de los recursos y proporcionando una reducción de costos por mantener una operatividad siempre (Ver figura 15).



**Fig. 15.** Automatización en el traslado de recursos inteligentes, priorizando las actividades orientadas al alumno en época de exámenes e inscripción.

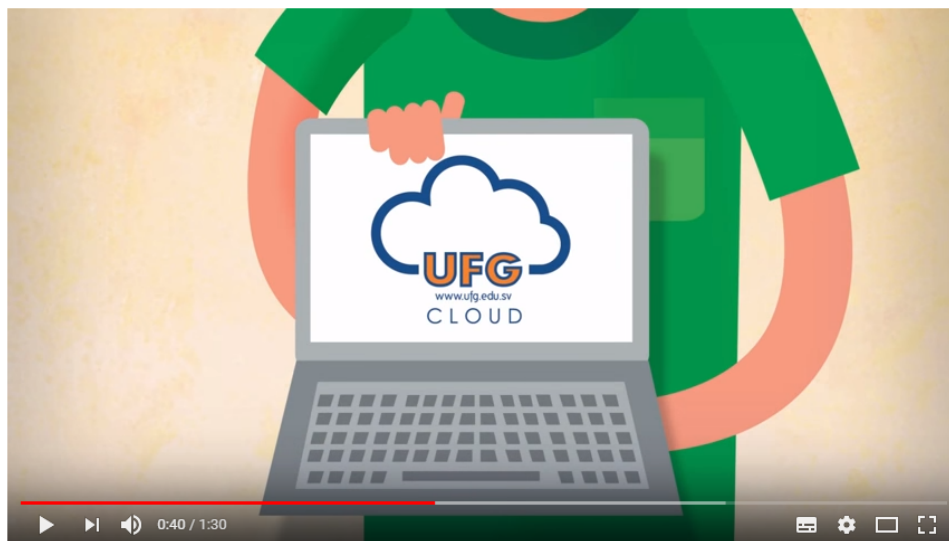
## 7. Divulgación de la práctica

### 7.1. Acciones de comunicación externas de la práctica y eventuales reconocimientos obtenidos.

La primera acción para la divulgación de la práctica fue el lanzamiento oficial de UFG Cloud, al evento se invitaron diferentes medios de comunicación donde se destaca la participación de la Prensa Gráfica, esto con el fin de realizar una divulgación a nivel nacional, dando a conocer todos los beneficios que UFG Cloud ha traído para la Universidad.

Como parte de la campaña de divulgación se lanzó un video donde se da a conocer los resultados obtenidos desde que UFG Cloud comenzó a operar, en él se puede observar los comentarios de los estudiantes manifestando su satisfacción en el uso de los servicios (ver figura 16). El video está disponible en el siguiente enlace:

<https://www.youtube.com/watch?v=vKFSi9QeVH8>



UFG Cloud

**Fig. 16.** Captura video promocional UFG Cloud.

Adicionalmente se repartieron flyers describiendo algunos de los beneficios que UFG Cloud ha traído a la Universidad, haciendo énfasis en el compromiso de la Universidad

por mantener una cultura innovadora y de calidad, que contribuye a la mejora educativa a nivel nacional. (ver figura 17 y 18)



Fig. 17. Parte frontal del flyers



Fig. 18. Parte posterior del flyers

7.2. Documentación y evidencias aportadas para la replicabilidad de la práctica y, si es el caso, referencias donde se haya replicado o de actividades de benchmarking realizadas.

Se ha compartido la experiencia en la implementación de los servicios en la Nube privada UFG Cloud, como caso de éxito UFG, bajo ese marco se destaca la participación en ponencias en eventos que se ha llevado a cabo en diferentes países de la región, los que se mencionan a continuación:

- Educación Summit en Honduras, República Dominicana, Guatemala y Colombia.
- En El Salvador, se realizó una ponencia en la Cámara Americana de Comercio de El Salvador (AMCHAM).





## Lista de Anexos

Anexo 1. Evaluación técnica de proveedores de nube pública.

Anexo 2. Evaluación técnica de proveedores de nube privada.

Anexo 3. Modelo de doce factores para software como servicio (SaaS).

Anexo 4. Ficha Técnica del Indicador Disponibilidad de Aplicaciones en Línea.