

Arquitectura de Sistemas de Información en las Instituciones de Educación Superior en el Ecuador

Jorge Calderón¹ , Armando Cabrera² , Villie Morocho¹ 

¹ Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de Cuenca, Av. 12 de Abril y Agustín Cueva, Cuenca, Ecuador, 01.01.168.

² Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad Técnica Particular de Loja, San Cayetano Alto, Loja, Ecuador, 11.01.608.

Autores para correspondencia: stalin.calderon@gmail.com

Fecha de recepción: 30 de julio de 2017 - Fecha de aceptación: 15 de agosto de 2017

RESUMEN

Las Instituciones de Educación Superior (IES) soportan los procesos definidos en su cadena de valor en la tecnología y particularmente en los Sistemas de Información (SI), razón por la cual es fundamental contar con una arquitectura flexible de aplicaciones que apoyen de forma eficiente su modelo operativo. En el presente artículo se propone un modelo de referencia que permita a las IES establecer una arquitectura de aplicaciones sólida, escalable, evolutiva, identificando los diferentes elementos que conformarán la plataforma tecnológica de la institución, para esto se ha tomado como referencia lineamientos, estándares y mejores prácticas de la industria. El objetivo principal del modelo de referencia es contar con una guía práctica para la definición y consolidación de la arquitectura de los SI mediante la identificación de capas lógicas con responsabilidades y componentes bien definidos y apoyados en el uso de las tecnologías disruptivas de acuerdo con el modelo SMACIT (Social, Mobile, Analytics, Cloud e Internet of Things) así como también en los principios de la Arquitectura Orientada a Servicios. Para el desarrollo del modelo se utilizó el método de desarrollo arquitectónico de TOGAF denominado ADM, específicamente tres de sus fases: *Preliminar*, *Visión arquitectónica* y *Arquitectura de SI*, con la finalidad de que el modelo propuesto constituya un elemento fundamental para la gestión integral de toda la institución, basado en los conceptos de Arquitectura Empresarial. Finalmente, para validar el modelo propuesto, se eligió un caso de estudio a una IES del Ecuador, seleccionando los procesos de *Admisión* y *Matrícula* para la ejecución de cada una de las fases y generación de los entregables definidos en el modelo.

Palabras clave: Arquitectura de aplicaciones, Instituciones de Educación Superior, método de desarrollo arquitectónico, Sistemas de Información, arquitectura empresarial.

ABSTRACT

Higher Education Institutions (HEI) supports more and more their processes and activities through technology and Information Systems (IS). In this regard, it is essential possessing a flexible applications architecture to support efficiently their operational model. The article proposes a reference model for the establishment of a solid, scalable and evolutionary applications architecture in which each HEI can define the different elements that will conform their technological platform (reference guidelines, industry standards and best practices). The reference model main objective is the development of a practical guide to define and consolidate an information systems architecture through the identification of well-defined layers and components using disruptive technologies according to the model SMACIT (Social, Mobile, Analytics, Cloud and Internet of Things), and Service Oriented Architecture. ADM-TOGAF was used as the method of architectural development, working specifically in the first three phases: Preliminary, Architectural Vision and Information System Architecture, with the aim that the proposed model will constitute the basis for comprehensive management of an HEI, based on the concepts of Enterprise Architecture. The proposed model was

validated in an HEI of Ecuador through the development and evaluation of the deliverables defined each phase of the reference model.

Keywords: Applications architecture, Higher Education Institutions, architectural development method, Information Systems.

1. INTRODUCCIÓN

Los SI constituyen un pilar fundamental en todo tipo de instituciones ya que han llegado a posicionarse como el elemento principal para dar soporte al modelo de negocio, permitiendo la automatización de procesos, operaciones y sobre todo el apoyo a la toma de decisiones. Esto da como resultado una mejor gestión de la institución, así como también a la mejora continua de los servicios para el beneficio de sus clientes internos y externos. En el contexto de las IES en el Ecuador, los SI se han convertido en un soporte primordial para brindar servicios de calidad en cada una de las etapas de su cadena de valor (procesos estratégicos, misionales y de apoyo). Sin embargo, al no existir un alineamiento estratégico entre TI (Tecnologías de la Información) con los objetivos del negocio, se incurre en grandes esfuerzos, generalmente aislados, por mantener la operación. Esto ha originado que con el pasar de los años se presenten problemas relacionados con la continuidad del negocio y en general con el desempeño de las IES, cómo, por ejemplo, tiempos considerables para atender a las necesidades cambiantes del negocio, adquisición de tecnología de forma descontrolada, elevados gastos en mantenimiento de software, recursos humanos, entre otros. Por esta razón, se ha generado la necesidad de implantar un nuevo modelo arquitectónico flexible y robusto para evidenciar con facilidad la trazabilidad de los procesos y los SI, con el fin de alinear estratégicamente la tecnología con los objetivos de la IES. En este artículo se propone un modelo de referencia para la definición de la arquitectura de SI en las IES en el Ecuador.

2. ANTECEDENTES Y MÉTODOS

Para verificar la existencia de estudios o trabajos relacionados al tema planteado, se realizó una revisión sistemática de la literatura con la finalidad de obtener el fundamento teórico para la propuesta del modelo y justificar la pertinencia de su desarrollo. El proceso de revisión consistió en la selección de bases de datos científicas (ver Tabla 1) para la búsqueda de información en base a la siguiente cadena: “*enterprise architecture AND information systems architecture AND higher education AND technical reference model*”.

Tabla 1. Bases de datos de consulta.

Referencia	Base de datos	URL
IEEE	IEEE Xplore	http://www.ieee.org/
SCO	Scopus	https://www.scopus.com/
ACM	ACM Digital Library	http://portal.acm.org
SPR	SpringerLink	http://link.springer.com/

Luego del proceso de búsqueda en cada una de las bases de datos, se obtuvo un total de 54 artículos científicos los cuales fueron clasificados y codificados en la herramienta *Mendeley* para mejorar su gestión (Mendeley Library, s.f.). En la Figura 1, se esquematiza las fases de la selección y resultado, del cual se obtuvieron 10 artículos para su análisis.

El listado de los artículos seleccionados se presenta en la Tabla 2, en donde se indica el título, año y número de citaciones.

Maskana - Ciencias de la Computación

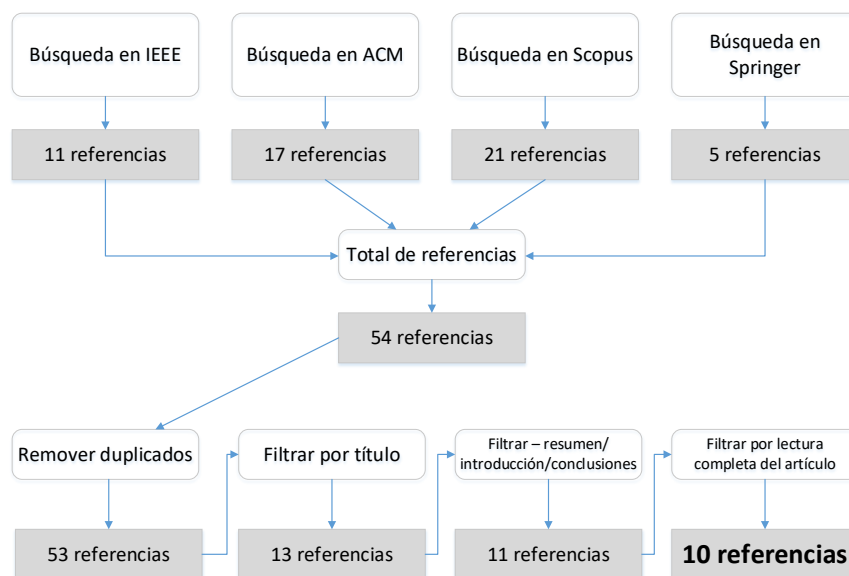


Figura 1. Proceso de búsqueda de los artículos científicos.

Tabla 2. Listado de artículos seleccionados.

Id	Título	Año	Citas
P01	A new paradigm for the continuous alignment of business and IT: Combining enterprise architecture modelling and enterprise ontology (Hinkelmann, Gerber, Karagiannis, Thoenssen, Van der Merwe, & Woitsch, 2016).	2016	5
P02	ESaaS: A new software paradigm for supporting higher education in cloud environment (Masud & Huang, 2013).	2013	4
P03	Developing an intelligent cloud for higher education (Yadav, Khatri, & Singh, 2014).	2014	3
P04	Modeling approach using goal modeling and enterprise architecture for business IT alignment (Doumi, Baïna, & Baïna, 2011).	2011	2
P05	Roadmap for the implementation of an enterprise architecture framework oriented to institutions of higher education in Ecuador (Carrillo, Cabrera, Román, Abad, & Jaramillo, 2010).	2010	1
P06	IT governance in organizations facing decentralization-case study in higher education (Zdravkovic, Rychkova, & Speckert, 2014).	2014	1
P07	The architecture of Information Management System through cloud computing according to Thai Qualifications Framework for Higher Education (Rodmunkong, Wannapiroon, & Nilsook, 2015).	2016	0
P08	Research on the Architecture of Education Cloud for Joint Training Programs in Higher Education Institutions (Xiong, Xu, & Shan, 2015).	2016	0
P09	Potential of information technology as a tool for improving innovation performance in higher education institutions (Yang, Yang, & Wen, 2010).	2010	0
P10	Value creation drivers in SOA for research & innovation: A proposed framework for HEI context (Golooba & Ahlan, 2013).	2013	0

Una vez realizada la lectura completa de los artículos se pudo identificar los siguientes aspectos clave:

- o Modelos de computación en la nube para el soporte a la educación superior.
- o Arquitectura orientada a servicios para la interoperabilidad de los sistemas que dan soporte a los procesos de las IES.
- o Marcos de referencia para la implementación de una Arquitectura Empresarial.
- o Tendencias ágiles para la definición y gobierno de una arquitectura de TI.
- o Uso de tecnologías disruptivas para la creación de nuevos servicios innovadores.

Los hallazgos, resultado del análisis de los artículos seleccionados, permitieron establecer la base conceptual para la definición del modelo arquitectónico de aplicaciones para las IES, con la finalidad de que el modelo propuesto tenga como soporte principal los estándares de la industria, marcos de referencia y demás mecanismos tecnológicos que permitan la generación de valor a través de los SI.

La necesidad de alinear TI con la estrategia del negocio en las IES ha motivado la adopción de un modelo de Arquitectura Empresarial, cuyo objetivo es la organización lógica de los procesos de negocio y la tecnología con el fin de reflejar la integración y estandarización del modelo operativo de la institución (Ross, Weill, & Robertson, 2006). La Arquitectura Empresarial se estructura en cuatro dominios relacionados entre sí, cada uno de los cuales se enfoca en un tipo particular de arquitectura (The Open Group, 2013). En la Tabla 3 se presenta esta clasificación y es importante mencionar que el objetivo principal de este artículo es el dominio de arquitectura de aplicaciones.

Para la implementación de la Arquitectura Empresarial existen algunos marcos de trabajo que brindan guías, procedimientos, métodos, para la adopción de este modelo de trabajo en las instituciones. Entre los principales marcos de trabajo se puede citar: Zachman, FEA (Federal Enterprise Architecture), Gartner, TOGAF (The Open Group Architecture Framework).

Tabla 3. Estructura de la arquitectura empresarial.

Tipo de arquitectura	Descripción
Negocio	Se refiere a las actividades que componen los principales procesos del negocio.
Datos	Hace referencia a las definiciones de los datos y su uso compartido.
Aplicaciones	Define la estructura de las aplicaciones individuales y sus interacciones.
Infraestructura	Tiene que ver con los servicios de infraestructura como servidores, equipos de telecomunicaciones, etc.

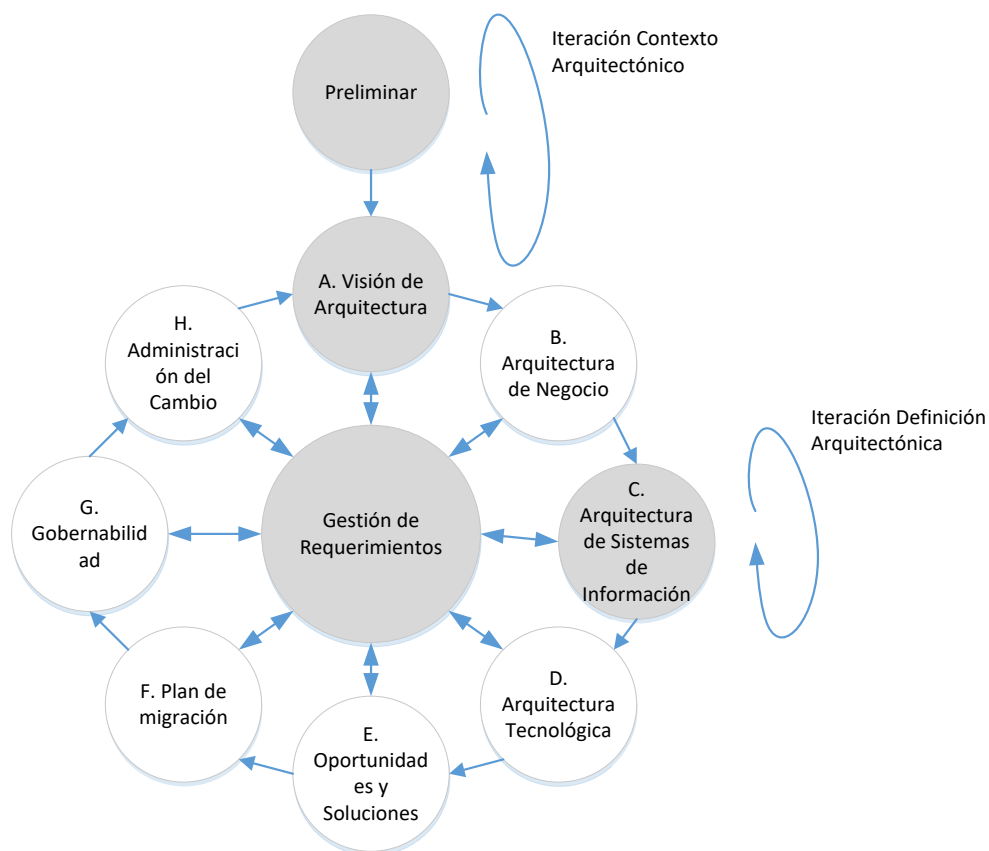


Figura 2. Fases del ADM (The Open Group, 2013).

La base teórica utilizada es el marco de referencia TOGAF y su método de desarrollo arquitectónico conocido como ADM (Architecture Development Method). En la Figura 2 se presenta las fases del ADM y en la misma se resalta las tres fases del modelo propuesto, adaptando las actividades y entregables necesarios para la definición de la arquitectura de aplicaciones. Se ha resaltado también la fase de Gestión de Requerimientos ya que contempla actividades transversales del modelo.

Debido a que el objetivo central del artículo es la arquitectura de los SI, es preciso describir brevemente conceptos importantes relacionados a la Arquitectura de Software, así como también a las tecnologías disruptivas como las nuevas tendencias tecnológicas SMACIT, que constituyen al igual que la Arquitectura Empresarial en las bases del modelo propuesto.

2.1. Arquitectura de software

Existen algunas definiciones de arquitectura de software y todas ellas hacen referencia a componentes, elementos, relaciones, principios, patrones, que son usados para el desarrollo de cualquier sistema informático. Dos de las definiciones más relevantes son las siguientes:

- o La arquitectura de software es el conjunto de decisiones importantes de diseño que se aplican al sistema (Taylor, Medvidovic, & Dashofy, 2009).
- o Son los conceptos o propiedades fundamentales de un sistema en su entorno, embebido en sus elementos, relaciones y en los principios de su diseño y evolución (International Organization of Standardization, 2011).

La Arquitectura de Software contempla decisiones de diseño referentes a la estructura, comportamiento e interacción de los componentes del sistema. Así mismo define los aspectos relacionados a la implementación o desarrollo del sistema con el fin de cumplir con los requisitos de calidad como: usabilidad, confiabilidad, mantenibilidad, eficiencia, entre otros (Eeles, 2012). De aquí la importancia de contemplar los aspectos arquitectónicos en el desarrollo de cualquier sistema informático y mucho más para las IES, tomando en cuenta que un buen diseño desde el inicio de un proyecto, garantizará el éxito del sistema, cumpliendo con las necesidades de los usuarios y las exigencias del entorno.

2.2. Tecnologías disruptivas

En la actualidad, un elemento fundamental que es necesario considerar para la formulación de la arquitectura de aplicaciones, son las tecnologías disruptivas, las mismas que hacen referencia a innovaciones que reemplazan a tecnologías consolidadas en el mercado por un tiempo considerable, principalmente por su facilidad de uso, costos más accesibles y por llegar a los usuarios promedio (al menos cuando inicia dicha tecnología).

El término disruptivo en el ámbito tecnológico hace referencia al proceso mediante el cual empresas pequeñas o emprendedoras, son capaces de desafiar con éxito a las grandes empresas ya establecidas y consolidadas en un determinado mercado. Esto, principalmente porque las grandes empresas se centran en sus clientes más importantes y rentables y se olvidan del resto de usuarios comunes, en donde las pequeñas entran ofertando productos con similares funcionalidades, a menor costo, de fácil uso, que con el tiempo llegan a captar la atención de los grandes clientes, es aquí, en donde se produce la disrupción o interrupción, haciendo que las grandes empresas fracasen (Christensen, Raynor, & McDonald, 2015).

En el ámbito de la educación superior es importante tomar en cuenta las tecnologías disruptivas, ya que emergen con la finalidad de cambiar radicalmente la forma como se hacen las cosas, lograr un beneficio considerable e incluso un cambio revolucionario en el proceso enseñanza-aprendizaje entre docentes y estudiantes, como por ejemplo: optimizar el seguimiento académico, multi-canalidad para la oferta de cursos, facilidades al estudiante para acceder a sus materiales de estudio, entre otros servicios. Estas tecnologías hoy en día hacen referencia a tendencias como: movilidad, analítica, redes sociales, computación en la nube e internet de las cosas, por lo que deben ser vistas como medios que permiten potenciar los procesos académicos y administrativos de las IES. Entre estas tecnologías se tiene el modelo SMACIT, que está permitiendo la transformación digital en las instituciones (Rouse,

2014).

Una de las tecnologías disruptivas que en los últimos años ha sido adoptada por las IES en el Ecuador, son los cursos en línea masivos y abiertos (MOOCs). De acuerdo a Conole (2015) los MOOCs son cursos con un potencial de aprendizaje a gran escala y acceso abierto a través de la web. Los MOOC permiten la colaboración de comunidades distribuidas para compartir e intercambiar conocimientos además de los recursos tradicionales, como videos, lecturas y material didáctico. Este tipo de cursos ha permitido diversificar su oferta a todo tipo de personas, sin restricción ni límite de participantes, favoreciendo así el acceso a la educación, así como también a la adquisición y fortalecimiento de competencias. Con las nuevas tendencias tecnológicas, los MOOCs soportan características como multi-canalidad (portales web, dispositivos móviles), alojamiento en la nube para alta concurrencia, ofertas a través de redes sociales, entre otras, todo esto con la finalidad de brindar beneficios y facilidades a sus usuarios.

3. DEFINICIÓN DEL MODELO DE REFERENCIA

Para el modelo de referencia se tomó como base el esquema de contenidos de las fases Preliminar, de Visión y de Arquitectura de SI del método de desarrollo arquitectónico de TOGAF, adaptándolo a la realidad de las IES. Esto, con el fin de proporcionar un modelo ágil que sirva como referencia para la definición de la arquitectura de aplicaciones, describiendo el proceso, artefactos y entregables a generar por cada una de las fases, así como las actividades a ejecutar. El objetivo que se persigue es que el modelo propuesto contemple los siguientes aspectos:

- o Los beneficios que la arquitectura de aplicaciones puede brindar a la institución.
- o El posicionamiento que debe tener la arquitectura de aplicaciones como una disciplina y su relación con otros tipos de arquitectura como: arquitectura de negocios, arquitectura de información y arquitectura de infraestructura.
- o Proveer una descripción de cada una de las fases para la definición de la arquitectura de aplicaciones.

Una efectiva arquitectura de SI permitirá a las IES alinear la estrategia del negocio con el ecosistema tecnológico, así como tener la habilidad para reaccionar rápidamente a los cambios tanto internos como externos y a la adopción de nuevas tecnologías sin mayor impacto al modelo operativo de la institución. A continuación se describe las fases del modelo propuesto.

3.1. Fase preliminar

En la fase preliminar se definen los principios arquitectónicos de las aplicaciones sobre los cuales se debe regir los desarrollos o adquisiciones de los SI, lo que garantizará un ecosistema interoperable que brinde soporte y permita la automatización de los procesos de las IES (Josey, 2011). En esta fase se contemplan la selección de modelos de referencia, las herramientas y la definición del catálogo de principios arquitectónico. Además, se identificó los principios arquitectónicos que se resumen en la Tabla 4.

Tabla 4. Principios arquitectónicos.

Principio	Descripción
Trazabilidad	La arquitectura de aplicaciones debe habilitar a los procesos de negocio.
Flexibilidad	La arquitectura de aplicaciones debe ser altamente modular, multi-capas, flexible y sus componentes deben estar débilmente acoplados.
Orientación a servicios	La arquitectura de aplicaciones debe seguir un enfoque orientado a servicios (SOA) y en la nube (Cloud Computing).
Comprar vs construir	La arquitectura de aplicaciones debe soportar el concepto de reutilización antes de comprar, y de comprar antes que construir.
Consolidación	La arquitectura de aplicaciones debe promover primero la consolidación y luego

	la integración.
Interoperabilidad	La arquitectura de aplicaciones debe habilitar la interoperabilidad a través de un bajo acoplamiento y exposición de interfaces estándares.
Reusabilidad	La arquitectura de aplicaciones debe ayudar con el diseño de aplicaciones para su reutilización.
Actualizaciones	La arquitectura de aplicaciones debe anticipar y planificar el reemplazo y transición de las aplicaciones legadas.
Cumplimiento	Las aplicaciones deben ser desarrolladas usando estándares metodológicos comunes.
Mantenibilidad	La arquitectura de aplicaciones y las aplicaciones deben ser documentadas comprensivamente.
Seguridad	Las aplicaciones deben cumplir con requerimientos de seguridad.

3.2. Fase de visión arquitectónica

En esta fase se define de forma contextual la visión de la arquitectura de los SI, alineada y enfocada en el negocio, con el fin de cumplir con los objetivos estratégicos de la institución. La visión arquitectónica permite a los interesados y principalmente a quienes toman las decisiones, a exponer los beneficios de implantar una arquitectura robusta a nivel de las aplicaciones y alineadas de forma adecuada a los procesos del negocio.

En las IES, es fundamental disponer de una visión arquitectónica a nivel de aplicaciones tomando en cuenta que las TIC se han convertido en el medio primordial para el soporte del proceso de enseñanza-aprendizaje. De forma particular aplicaciones como: software colaborativo, entornos virtuales de aprendizaje, sistemas de gestión académica, matriculación, biblioteca, entre otros, se han convertido en parte fundamental del modelo operativo de las IES, ya que estas automatizan muchos de los procesos universitarios. Por esta razón, es vital contar con un ambiente tecnológico en donde las aplicaciones cumplan con requisitos de calidad como: interoperabilidad, seguridad, flexibilidad, mantenibilidad, confiabilidad, portabilidad, usabilidad y eficiencia, permitiendo así su evolución de acuerdo con los cambios por regulaciones ya sean internas o externas.

En esta fase se contemplan las siguientes actividades:

- o Identificación de los interesados y de los requerimientos relevantes del negocio.
- o Definición del alcance.
- o Desarrollo de la visión arquitectónica de aplicaciones.

3.3. Fase arquitectura de sistemas de información

En la fase de arquitectura de sistemas de información se define la línea base de la arquitectura de aplicaciones mediante el modelo denominado “vistas 4+1” (Kruchten, 1995), el mismo que permite conocer el estado de la institución en cuanto a las aplicaciones, su diseño, su estructura y cómo se comunican entre sí. Una vez realizado el diagnóstico de la situación actual se diseña la arquitectura objetivo, definida en la visión arquitectónica de la fase anterior, a la cual se debe llegar mediante la implementación de arquitecturas intermedias que permitan brindar resultados en el corto y mediano plazo. En esta fase es fundamental realizar un análisis de brechas para determinar el esfuerzo que tomará el implementar el nuevo modelo arquitectónico, para lo cual se especifica una hoja de ruta a nivel general que permita a los interesados conocer el cómo se va a llevar la teoría o diseño a la práctica (Josey, 2011). En esta fase se contemplan las siguientes actividades:

- o Definición de la arquitectura actual o línea base.
- o Definición de la arquitectura futura.
- o Análisis de brechas.
- o Definición de la hoja de ruta.

4. PROPUESTA PARA LA ARQUITECTURA DE APLICACIONES DE LAS IES

Para la definición de la arquitectura de aplicaciones, primero es necesario contar con una visión tecnológica de lo que se desea lograr, con la finalidad de definir el horizonte al cual se deben encaminar los proyectos de TI para la consecución del nuevo diseño arquitectónico. Para la propuesta del modelo de referencia de la arquitectura de aplicaciones para las IES, se consideró los diferentes sistemas, aplicaciones, elementos y demás componentes necesarios para la definición de un entorno tecnológico que permita el soporte del modelo operativo y la obtención de beneficios como:

- o Alineamiento con los objetivos estratégicos de la institución.
- o Agilidad de TI para responder al negocio.
- o Disminución de costos de implementación de nuevas aplicaciones.
- o Mejorar la productividad del personal tanto de TI como funcional.
- o Flexibilidad ante los constantes requerimientos de cambio.
- o Mejorar la interoperabilidad entre aplicaciones internas o externas de la institución.
- o Permitir la renovación y actualización tecnológica sin mayor impacto.

Para formular el nuevo diseño arquitectónico, que permita alcanzar los beneficios antes citados, se tomó como referencia los principios de la Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) (Erl, 2008), y las tecnologías disruptivas del modelo SMACIT (Weinman, 2015).

En la Figura 3 se presenta el modelo de referencia propuesto para la arquitectura de aplicaciones de las IES, en donde se consideran los diferentes elementos para el soporte de los procesos de la institución. Estos elementos hacen referencia a usuarios, componentes, procesos, servicios, plataformas tecnológicas, aplicaciones, bases de datos, aspectos de seguridad y monitoreo, que están agrupados en capas o dominios lógicos con responsabilidades específicas. El primer nivel son los usuarios: estudiantes, docentes, agentes de servicio y en general las unidades organizacionales de las IES. Como segundo nivel se ubica los medios de acceso que se brinda a los usuarios como son: portales web, aplicaciones móviles, medios sociales, los cuales constituyen el punto de entrada para que los usuarios realicen sus gestiones de forma automática. Como tercer nivel se define una capa de automatización de procesos del negocio, la cual se puede implementar mediante un sistema BPM (Business Process Management) para aprovechar la flexibilidad y agilidad de esta solución. El cuarto nivel es una capa de servicios clasificados como: de entidad, tarea, utilidad y de decisiones, los mismos que residen en un bus de servicios empresarial. En un quinto nivel se encuentran las aplicaciones que proveen los servicios de la capa antes mencionada, entre las principales aplicaciones se tiene: Sistema Académico, CRM¹, ERP², LMS³, ECM⁴, sistemas legados, Sistema de Talento Humano, y funciones transversales como auditoría, logging, caché, entre otros. Finalmente se encuentra la capa de datos en donde se especifica los sistemas de base de datos, archivos y fuentes externas. Como temas transversales se tiene el modelo de referencia técnico con todos sus estándares (definidos a nivel de las aplicaciones y la infraestructura de comunicaciones) y mecanismos relacionados a: seguridad, reglas de negocio, procesos, que en su conjunto deben ser coordinados, organizados, controlados y monitoreados mediante una adecuada gestión de TI.

¹ CRM: Customer Relationship Management. Administración basada en la relación con los clientes.

² ERP: Enterprise Resource Planning. Administración de los recursos de una organización.

³ LMS: Learning Management System. Sistema de gestión de aprendizaje.

⁴ ECM: Enterprise Content Management. Organización y almacenamiento de los documentos de una organización.

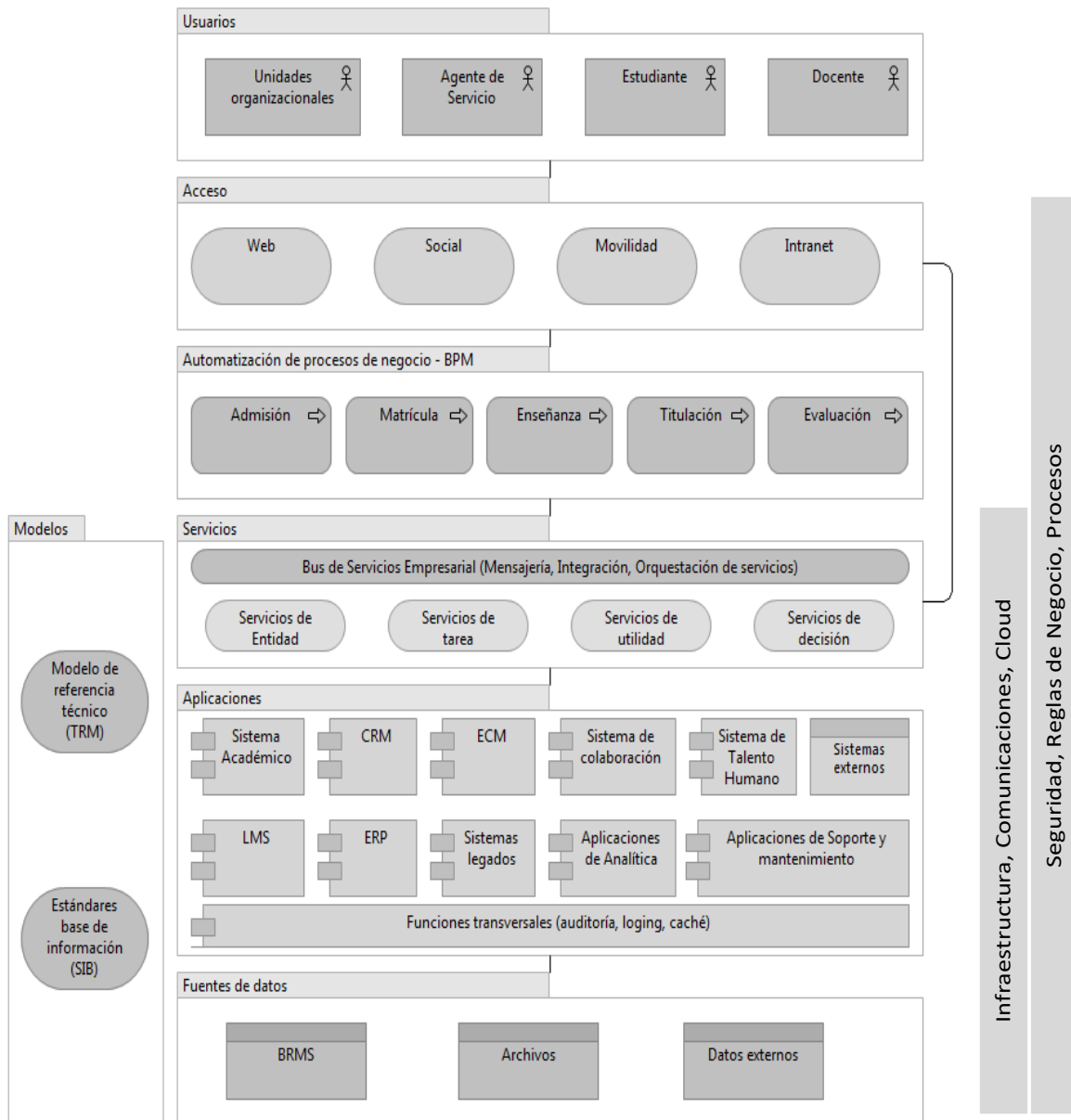


Figura 3. Modelo de referencia para la arquitectura de aplicaciones de las IES.

5. RESULTADOS

Para verificar la aplicabilidad del modelo propuesto, se seleccionó una IES en el Ecuador y se ejecutó las fases con sus actividades, así como también se generó los entregables y artefactos del modelo. Los procesos seleccionados como caso de estudio fueron: Admisión y Matrícula. Los resultados obtenidos se resumen a continuación:

- No se cuenta con principios arquitectónicos formalizados o socializados en la institución, razón por la cual en el caso de estudio se formuló los principios arquitectónicos de aplicaciones presentados en la Tabla 4.
- Las aplicaciones han sido desarrolladas bajo demanda ante las necesidades o presiones del negocio, sin tener un modelo o guía base de arquitectura que permita normar y estandarizar dichos aplicativos.
- La integración entre las aplicaciones demanda de grandes esfuerzos y no se tiene una

visibilidad de las relaciones o dependencias entre dichos aplicativos. Las interfaces que se utilizan para la comunicación son variadas y no se tiene estandarizado los protocolos de conexión. Entre las tecnologías usadas se encontró: acceso directo a las bases de datos, servicios web SOAP, servicios REST, acceso a archivos entre otras.

- Con el pasar de los años, se ha desarrollado software a la medida versus la compra de soluciones informáticas comerciales y estandarizadas. Esto ha originado que las aplicaciones requieran de un alto esfuerzo y costos de mantenimiento, de personal técnico especializado netamente para el soporte de dichas aplicaciones, perdiendo el foco de la innovación tecnológica con miras a mejorar los procesos educativos.
- De la relación entre aplicaciones y entidades se pudo determinar que existen entidades repetidas en varias aplicaciones, lo que conlleva a que los datos se encuentren dispersos, originando que los reportes generados presenten diferentes resultados (dependiendo de la fuente de datos) lo que dificulta la tarea de tomar decisiones. En la Figura 4 se indica las entidades y el número de aplicaciones en donde están repetidas.

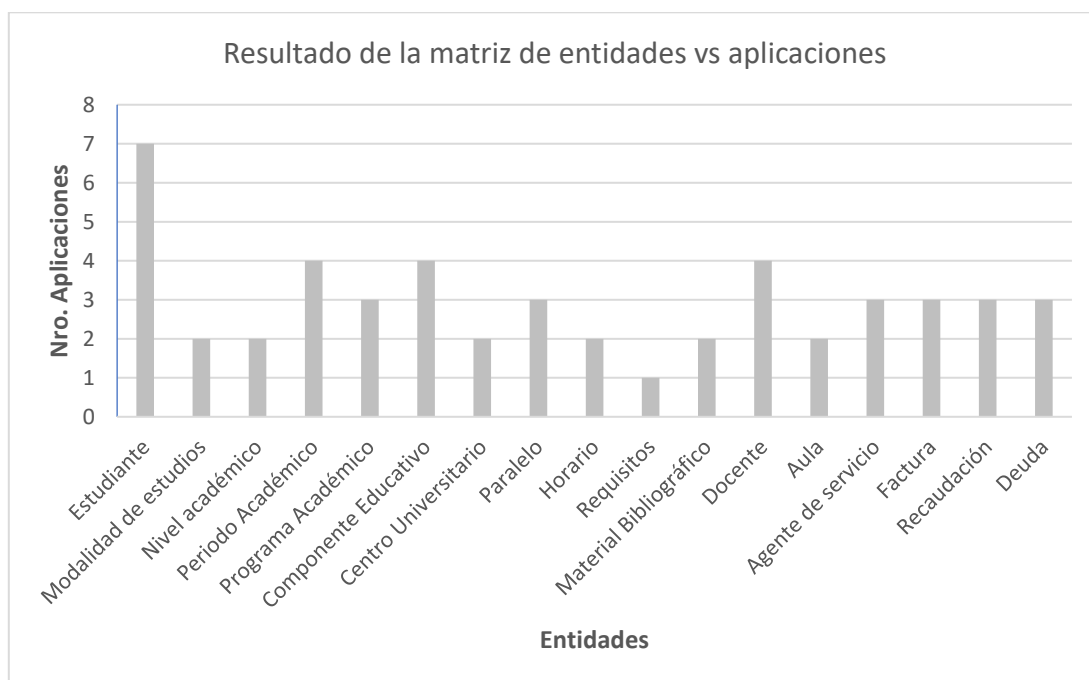


Figura 4. Entidades repetidas.

Como consolidación de los resultados antes citados, se tomó como referencia el modelo propuesto por Uhl & Gollenia (2012) denominado “Business Transformation Management Methodology” (BTM2) para establecer el nivel de madurez de las aplicaciones que brindan soporte a los procesos de Admisión y Matrícula. El BTM2 establece cuatro niveles para determinar el nivel de madurez de una institución. El nivel 1 es el más bajo e indica la existencia de aplicaciones locales, datos no armonizados y la falta de consolidación de estándares; el nivel 4 es el más alto, e indica que las aplicaciones están completamente integradas y TI tiene un rol estratégico en la institución.

En la Figura 5 se puede apreciar las características del modelo BTM2 y se resalta el nivel 1 en el que se encuentra la IES⁵, tomando en cuenta las características actuales de sus aplicaciones relacionadas a los procesos de Admisión y Matrícula.

⁵ Por cuestiones de confidencialidad nos reservamos el derecho de exponer el nombre de la IES a la cual se aplicó el modelo propuesto para la definición de la arquitectura de aplicaciones.

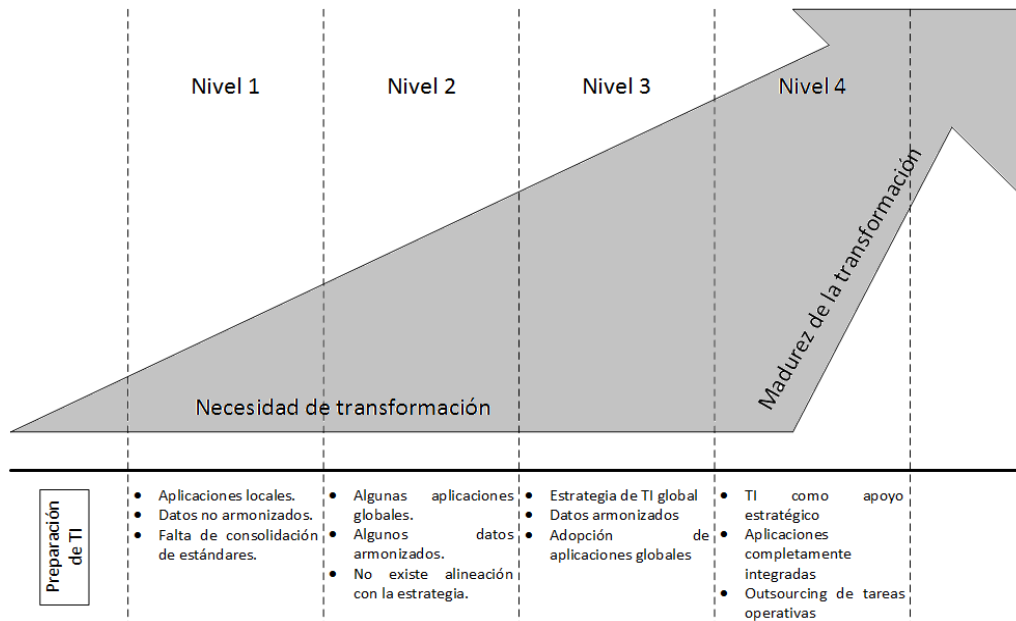


Figura 5. Niveles de madurez de las aplicaciones según BTM2 (Uhl & Gollenia,2012).

6. CONCLUSIONES

Las conclusiones fundamentales del trabajo realizado son las siguientes:

- El modelo de referencia propuesto para la definición de la arquitectura de los SI es factible de implementar en las IES seleccionando un segmento de la institución, mediante la elección de uno o varios procesos de su cadena valor con la finalidad de obtener resultados en el corto y mediano plazo.
- Los beneficios del modelo de la arquitectura de los SI se podrán materializar luego de la implementación de la hoja de ruta definida para la transformación digital.
- La cultura organizacional incide en la aplicación del modelo, ya que demanda que el personal de la institución esté concientizado de la importancia de un esquema arquitectónico y principalmente los directivos, los cuales se convierten en un factor clave para conseguir la colaboración de todos los interesados, y así lograr la adopción del nuevo modelo tecnológico.
- Las tecnologías disruptivas en la educación superior permitirán revolucionar el modelo de enseñanza-aprendizaje, principalmente por sus características de fácil acceso y bajo costo, para que los estudiantes adquieran las competencias en diferentes áreas de estudio.
- La hoja de ruta determina la implementación de proyectos que demandan de tiempo, recursos y el apoyo de los directivos de las IES, con el objetivo de disminuir o eliminar las brechas entre la arquitectura actual y la arquitectura objetivo, y así convertir en realidad el nuevo modelo arquitectónico de las aplicaciones.
- Los principios arquitectónicos de los SI y el modelo de referencia técnico permiten establecer la plataforma base a la cual se deben acoplar las nuevas soluciones tecnológicas adquiridas o desarrolladas por las IES, con el fin de lograr consolidar la arquitectura flexible y escalable que requiere la institución.

REFERENCIAS

- Carrillo, J., Cabrera, A., Román, C., Abad, M., Jaramillo, D. (2010). *Roadmap for the implementation of an enterprise architecture framework oriented to institutions of higher education in Ecuador*. IEEE 2nd International Conference on Software Technology and Engineering (ICSTE), Vol. 2, pp.

V2-7).

- Christensen, C., Raynor, M., McDonald, R. (2015). *What is disruptive innovation?* Harvard Business Review. Disponible en <https://hbr.org/2015/12/what-is-disruptive-innovation>.
- Conole, G. (2015). *MOOCs as disruptive technologies: strategies for enhancing the learner experience and quality of MOOCs*. Revista de Educación a Distancia, 39, 17 pp. Disponible en <http://www.revistacampusvirtuales.es/images/volIIInum02/Revista%20Campus%20Virtuales%2002%2011-articulo%201.pdf>
- Doumi, K., Baïna, S., Baïna, K. (2011). *Modeling approach using goal modeling and enterprise architecture for business IT alignment*. In: International Conference on Model and Data Engineering, pp. 249-261. Springer Berlin Heidelberg.
- Eeles, P. (2012). *What is a software architecture?* IBM developerWorks. Disponible en <http://www.ibm.com/developerworks/rational/library/feb06/eeles/>
- Erl, T. (2008). *Service oriented architecture: principles of service design*. In: Erl, T. (Ed.). SOA Principles of Service Design. Prentice Hall. <http://doi.org/citeulike-article-id:2135823>
- Golooba, M., Ahlan, A. R. (2013). *Value creation drivers in SOA for research & innovation: A proposed framework for HEI context*. IEEE International Conference on Research and Innovation in Information Systems (ICRIIS), pp. 354-359.
- Hinkelmann, K., Gerber, A., Karagiannis, D., Thoenssen, B., van der Merwe, A., Woitsch, R. (2016). A new paradigm for the continuous alignment of business and IT: combining enterprise architecture modelling and enterprise ontology. *Computers in Industry*, 79, 77-86. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2015.07.009>
- International Organization of Standardization. (2011). ISO/IEC/IEEE 42010:2011 - Systems and software engineering - Architecture description. ISO/IEC/IEEE 42010:2011E Revision of ISO/IEC 42010:2007 and IEEE Std 1471:2000, 2011(March), 1-46. <http://doi.org/10.1109/IEEESTD.2011.6129467>
- Josey, A. (2011). TOGAF® Version 9.1-A Pocket Guide. Zaltbommel, Netherlands: Van Haren Publishing.
- Kruchten, P. B. (1995). The 4+1 View Model of architecture. *IEEE Software*, 12(6), 42-50. <http://doi.org/10.1109/52.469759>
- Masud, M. A. H., Huang, X. (2013). *ESaaS: A new software paradigm for supporting higher education in cloud environment*. IEEE 17th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD), pp. 196-201.
- Mendeley Library. (s.f.). *Empowering researchers to organize their references*. Recuperado 27 de agosto de 2017, a partir de <https://www.mendeley.com/library/>
- Rodmunkong, T., Wannapiroon, P., Nilsook, P. (2015). *The architecture of information management system through cloud computing according to Thai Qualifications Framework for Higher Education*. IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE), pp. 181-188. <https://doi.org/10.1109/TALE.2015.7386041>
- Ross, J., Weill, P., Robertson, D. (2006). *Enterprise architecture as strategy: Creating a foundation for business execution*. Boston, Massachusetts: Harvard Business Press.
- Rouse, M. (2014). *What is SMAC (social, mobile, analytics and cloud)? - Definition from WhatIs.com*. Retrieved August 28, 2016, from <http://searchcio.techtarget.com/definition/SMAC-social-mobile-analytics-and-cloud>
- Taylor, R. N., Medvidovic, N., Dashofy, E. M. (2009). *Software architecture: Foundations, theory, and practice*. Publisher: John Wiley & Sons, Inc.
- The Open Group. (2013). *Using TOGAF for Enterprise SOA*. Retrieved November 13, 2016, from <https://www.opengroup.org/soa/source-book/togaf/entsoa.htm>
- Uhl, A., Gollensia, L. A. (2012). *A handbook of business transformation management methodology*. 315 pp. Gower Publisher.
- Weinman, J. (2015). *Digital disciplines: Attaining market leadership via the cloud, big data, social,*

- mobile, and the Internet of Things*. 400 p. Publisher Wiley.
- Yadav, N., Khatri, S., Singh, V. B. (2014). Developing an intelligent cloud for higher education. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, 39(1), 1-5. <https://doi.org/10.1145/2557833.2557854>
- Xiong, S., Xu, Y., Shan, Q. (2015). *Research on the architecture of education cloud for joint training programs in Higher Education Institutions*. IEEE International Symposium on Educational Technology (ISET), pp. 40-44. <https://doi.org/10.1109/ISET.2015.17>
- Yang, H., Yang, T., Wen, T. (2010). *Potential of information technology as a tool for improving innovation performance in higher education institutions*. IEEE 3rd International Conference on Computer Science and Information Technology (ICCSIT), 6, pp. 306-310. <https://doi.org/10.1109/ICCSIT.2010.5563850>
- Zdravkovic, J., Rychkova, I., Speckert, T. (2014). *IT governance in organizations facing decentralization - Case study in higher education*. CAiSE Forum/Doctoral Consortium, pp. 129-136. Disponible en <http://ceur-ws.org/Vol-1164/PaperVision17.pdf>