

Metodología para la selección de sistemas *enterprise resource planning* desplegados en la nube para pequeñas y medianas empresas: Aproximación alineada con la realidad ecuatoriana

Fabián Carrión¹ , Priscila Cedillo² 

¹ Programa de Maestría en Gestión Estratégica de Tecnologías de la Información. Universidad de Cuenca, Av. 12 de Abril s/n y Agustín Cueva. Cuenca, Ecuador, 01.01.168.

² Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de Cuenca, Av. 12 de Abril y Agustín Cueva. Cuenca, Ecuador, 01.01.168.

Autores para correspondencia: priscila.cedillo@ucuenca.edu.ec, fabiancarrion@yahoo.com

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

RESUMEN

En la actualidad los Sistemas de Planeación de Recursos Empresariales (Enterprise Resource Planning; ERP) representan una herramienta esencial para las empresas que buscan la automatización de sus procesos, de ahí que varias compañías empleen mucho tiempo y esfuerzo en la selección del ERP que más se ajuste a sus necesidades. Pese al esfuerzo, suele ocurrir que esta selección se efectúe de una manera empírica o a través de recomendaciones informales, lo que conlleva a que no siempre se escoja la mejor opción. La propuesta de este trabajo es presentar una metodología para la selección del ERP empleando la tecnología de la computación en la nube, una tecnología que ofrece nuevos servicios para el aprovisionamiento de software bajo el modelo de Software as a Service (SaaS). Existen varias opciones de software, específicamente de sistemas ERP, que explotan las ventajas de la nube como la disponibilidad, pago por uso, servicio bajo demanda, entre otras; además, considera la legislación y especificidades de la realidad del Ecuador. El objetivo, en definitiva, es exponer y emparejar los requisitos de los sistemas ERP, los requisitos para un despliegue de un modelo Software as a Service (SaaS) y los requisitos para ajustarse a la legislación ecuatoriana, con la finalidad de elegir el ERP desplegado en la nube que mejor se ajuste a las necesidades de la empresa ecuatoriana. Para demostrar la factibilidad de nuestra propuesta, se presenta una prueba de conceptos que ejemplifica la aplicación de esta metodología.

Palabras clave: Cloud computing, empresas, Enterprise Resource Planning (ERP), *software as a service*.

ABSTRACT

Currently Enterprise Resource Planning (ERP) is an essential tool for companies looking for the automation of their processes, which is why several companies spend a lot of time and effort in selecting the ERP that fits the best to their needs. Despite the effort, it is often the case that this selection is made in an empirical way or through informal recommendations, which means that the best option is not always chosen. This paper presents a methodology for ERP selection using cloud computing technology, a technology that offers new services for the provision of software under the Software as a Service (SaaS) model. Several software options exist, specifically ERP systems, that exploit the advantages of the cloud such as availability, payment for use, service on demand among others. Additionally, the ERP system selected should be in harmony with the Ecuadorian legislation and day-to-day reality. The aim of the study is to expose and match the requirements of ERP systems, the requirements for a deployment of a software as a service (SaaS) model and the requirements to comply with Ecuadorian legislation, as to choose the deployed ERP in the cloud that best fits the needs of the Ecuadorian company. A proof of concepts is presented, which exemplifies the application of the methodology and to demonstrate the feasibility of our proposal.

Keywords: Cloud computing, Enterprise Resource Planning (ERP), *software as a service*.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la tecnología a nivel global ha dado lugar a que las empresas sientan la necesidad de poseer aplicaciones que soporten la transaccionalidad actual para la mejora continua de sus procesos. Para tal fin, las empresas buscan actualizar sus herramientas y métodos de gestión mediante el uso de modernos sistemas de información. La elección de estos sistemas no es sencilla. No es suficiente elegir y adquirir cualquier producto que se presenta en el mercado, sino que se necesita que los sistemas de información sean de calidad y que satisfagan requerimientos propios de la empresa.

Las Tecnologías de Información (TI) permiten a las empresas obtener importantes beneficios como mejorar su margen de rentabilidad, optimizar sus operaciones, reducir sus costos operativos en el interior de la organización con estructuras más planas, flexibles y adaptables al cambio (Benvenuto, 2006). En este contexto se enmarca perfectamente la propuesta de adquirir un software de gestión *Enterprise Resource Planning* (ERP) bajo el modelo *Software as a Service* (SaaS) (Mell & Grance, 2011) para procesos administrativos y comerciales de las empresas. Un ERP constituye un tipo de software que permite a las empresas controlar la información que se genera en cada departamento y cada nivel de la misma (Montaño, 2010). Por su lado, el modelo de servicio SaaS permite obtener altas prestaciones de calidad, incrementar la productividad, competitividad, además de otras ventajas intrínsecas en las características de esta tecnología (servicio bajo demanda, amplio acceso a la red, recursos en común, elasticidad, servicio a la medida) (Mell & Grance, 2011). De forma concreta, la opción que presentamos es explotar todas estas características dentro de una misma solución de software ERP.

Si bien es cierto que muchas propuestas académicas ya han formulado pautas para seleccionar el ERP apropiado y ajustado a las necesidades de las organizaciones, ninguna de ellas empareja los requisitos funcionales y no-funcionales de los sistemas ERP con las características de un esquema *Software as a service* (SaaS), y ninguna de ellas toma en cuenta la normativa y la realidad de nuestro país. Este trabajo trata de cubrir esta brecha. Su objetivo consiste en ofrecer la mejor opción para las empresas, ya que aspira a convertirse en una solución integral, es decir, en una solución que permita cubrir todas las necesidades de dominio de una empresa al tiempo que se cumple con la normativa vigente sobre sistemas financieros para las empresas. Y, debido al valor del servicio que el modelo aporta a la empresa, se hace necesario contar con métodos que guíen la selección y adquisición de la aplicación de software desplegada en la nube a manera de SaaS, ya sea en una nube pública, privada, híbrida o comunitaria (Mell & Grance, 2011). Por tanto, el trabajo también pretende analizar y medir los factores que juegan un rol fundamental en el uso de esta tecnología, considera sus características funcionales y no-funcionales y de esa forma ajusta el servicio requerido a las necesidades de la organización; analiza las ventajas y desventajas de estos productos de servicio a fin de seleccionar el que mejor se ajuste a la realidad ecuatoriana.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Un sistema ERP desplegado en la nube emplea las tecnologías y potencialidades de *Cloud Computing* y los requisitos funcionales de un ERP convencional, por tal motivo, partiendo de la selección de estos requisitos para su evaluación, este estudio se alinea con la metodología propuesta por Wei, Chien, & Wang (2005) para la selección de sistemas ERP convencionales. En ella se ejecuta un procedimiento sistemático para construir una estructura de objetivos tomando en cuenta la estrategia de la empresa y para extraer los requisitos asociados de los sistemas ERP. Hemos tomado como referencia esta metodología porque, en primer lugar, en ella se utiliza un marco basado en la *Technique Nominal Group* (TNG), una técnica de discusión de grupos, donde se priorizan las ideas y la participación de todos los miembros del equipo hasta obtener una solución priorizada consensuada (Dunham &

Sample, 2006). En segundo lugar, porque utiliza el modelo Analytic Hierarchy Process (AHP), (Proceso Analítico Jerárquico), una técnica estructurada para tratar decisiones complejas, en la cual se establecen varios criterios de selección y varias alternativas (Moreno, 2002). Adicionalmente -y este es el aporte de este estudio- efectuamos adaptaciones en varios pasos de la metodología propuesta para configurar los procesos de acuerdo con la realidad ecuatoriana: hemos adaptado matrices que proporcionan esquemas de decisión entre los objetivos del proyecto y los requisitos del producto.

La metodología de selección de un sistema ERP desplegado en un ambiente cloud consta de siete pasos que detallamos a continuación (ver Fig. 1).

2.1. Formar el equipo de proyecto y recolectar toda la información posible acerca de los proveedores de software ERP como servicio

En este primer momento se define el equipo de trabajo que formará parte del proyecto. Para esta selección se asume que los miembros deben ser recursos humanos que estén capacitados para tomar una decisión, deben ser expertos funcionales, representantes de los departamentos críticos de la empresa (Wei *et al.*, 2005). Además, los altos directivos de la empresa también deben participar activamente, apoyar e influir significativamente en el éxito de la adopción de la nueva tecnología.

Como criterio de discusión se parte de la premisa de que una nueva tecnología de sistemas no consiste solo en reemplazar un sistema antiguo, sino en remodelar procesos del negocio y de esta forma acordar con las estrategias de la empresa para poder superar los retos del mercado. Adicionalmente, se debe reunir una amplia información sobre los proveedores de sistemas ERP desplegados en ambientes *cloud computing*, información que puede ser obtenida de revistas profesionales, Internet, exposiciones, anuarios, recomendaciones, etc., de modo que ninguna opción se pase por alto. Esta información debe originarse desde varios puntos de vista. Así, del proveedor se considerará el origen, tipo de contribuyente, años en el mercado, etc.; del producto de servicio, la plataforma en la que opera, cartera de clientes satisfechos, tiempo de madurez, es decir información relevante, pero no específica (general), que nos permita referirnos en el momento de tomar una decisión.

2.2. Identificar los requisitos funcionales y no-funcionales de un Software ERP desplegado en un ambiente cloud ajustado a la realidad ecuatoriana y otras características del proyecto

Esta información ayuda, por un lado, a sintetizar un marco completo de posibles requisitos de un producto de esta naturaleza y, por otro lado, permite que posteriormente se realicen investigaciones que se centren en la adopción de servicios en la nube (SaaS) y la adopción de un sistema ERP convencional. Con estos datos, efectuamos una combinación clasificada de factores en seis grupos: técnicos, estrategia empresarial, económicos, políticos y jurídicas (Polyviou, Pouloudi, & Rizou, 2014), de Cloud Computing y Modelos de despliegue (Mell & Grance, 2011) (Tabla 1).

Dentro del requisito Normativa ecuatoriana, para que el sistema ERP desplegado en la nube se adapte al contexto ecuatoriano vigente, se debe tener presentes los siguientes aspectos:

- a. LEY DE RÉGIMEN TRIBUTARIO
 - Parametrización de impuestos y retenciones con sus respectivos porcentajes.
 - Parametrización de tipo de documentos, establecimientos, puntos de venta, sustentos tributarios.
 - Declaraciones de impuestos y anexos que se deben cumplir periódicamente.
 - Documentos electrónicos, facturas, notas de débito, retenciones, notas de crédito, guías de remisión.
 - Códigos de formas de pago.
- b. LEY DE SEGURIDAD SOCIAL
 - Parametrización de fórmulas de acuerdo con las normas para generar los roles de pago.
 - Informes de contrataciones, entradas y salidas de personal.
 - Pagos de décimos.
 - Planillas de fondos de reserva.
 - Planillas de aportes personales y patronales.

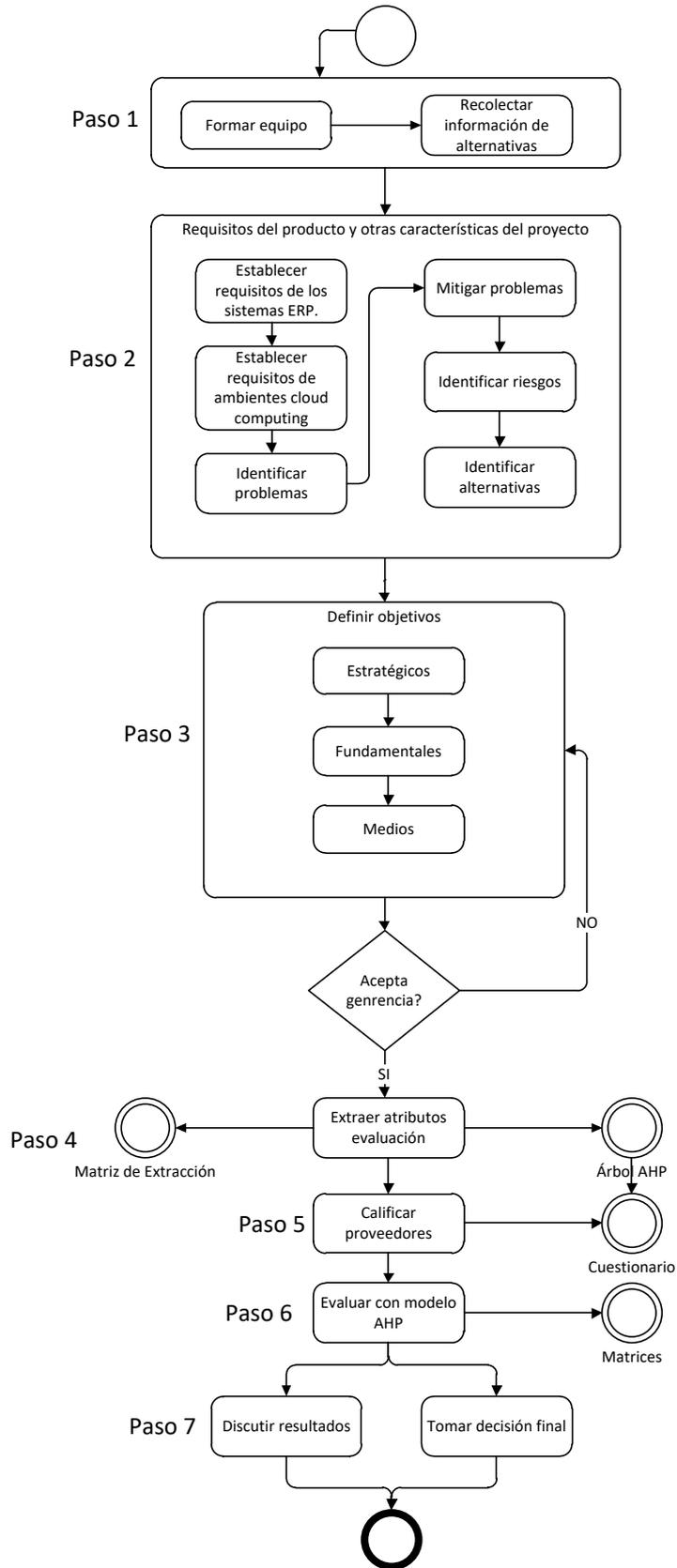


Figura 1. Pasos de la metodología.

Tabla 1. Requisitos funcionales y no funcionales del producto de servicio.

Grupos	Requisitos	Observaciones
Técnicos	Disponibilidad	Garantía del tiempo de actividad del servicio
	Respaldo y recuperación	Para hacer frente a cualquier pérdida de datos
	Integración	Integrar sistemas existentes
	Flexibilidad funcional	Actualizaciones que evitan que el software quede obsoleto
	Adición de complementos	Integrar complementos
	Seguridad y control de Acceso	Garantías de seguridad
	Usabilidad	Facilidad de uso
Estrategia y organizacionales	Geodiversidad	Escalar servicios desde diferentes lugares
	Soporte	Preparación y apoyo del proveedor
	Portabilidad	Facilidad de mover los datos a otro proveedor
	Nombre de la marca	Confianza y reputación del proveedor
	Tiempo de inicio	Tiempo desde el contrato hasta el despliegue del servicio al cliente
	Implementabilidad	Grado de desajuste de funcionamiento
	Funcionalidad del dominio Normativa ecuatoriana vigente	Requerimientos funcionales del negocio Requisitos de adaptabilidad al contexto ecuatoriano por medio de normativas y leyes
Económicos	Esquema de precios	Modelos de suscripción
	Precio	Costo total
	Compromiso del contrato	Duración del contrato
	Flexibilidad del compromiso	Sanciones por ruptura o cambios del contrato
Políticos y jurídicos	Acuerdo del Nivel de Servicio (SLA)	Garantías firmadas por los proveedores del servicio
	Cumplimientos de estándares	Servicio debe ajustarse a normas del cliente
	Cumplimiento legal	Cumplir normas jurídicas de la organización
Esenciales de cloud computing	Autoservicio bajo demanda	El cliente puede proveerse servicios adicionales de forma unilateral, es decir, sin la intervención del proveedor
	Amplio acceso a la red	Estándares para usar plataformas heterogéneas
	Recursos en común	Recursos agrupados para dar servicio a varios inquilinos
	Elasticidad	Aprovisionarse y liberarse de recursos
	Servicio medido	Controla y optimizar automáticamente el uso de los servicios
Modelos despliegue de cloud computing	Nube privada	Uso exclusivo de una única organización
	Nube comunitaria	Uso de una comunidad específica
	Nube pública	Uso abierto del público en general
	Nube híbrida	Combinación de varios tipos de nubes

c. LEY DE INSTITUCIONES DEL SISTEMA FINANCIERO:

- Codificación de las entidades financieras del Ecuador para realizar transferencias bancarias o pagos a terceros.
- Conciliaciones bancarias.
- Formatos de chequeras.
- Informes y declaraciones sobre las transacciones crediticias, maduración de las carteras.

d. LEY DE REGISTRO CIVIL, IDENTIFICACIÓN Y CEDULACIÓN:

- Parametrización de tipos de documentos de identificación autorizados en el Ecuador.
- Validación de las identificaciones.

- e. LEY DE COMPAÑÍAS:
 - Informe sobre el lavado de activos en las transacciones.
 - Informe de accionistas.
 - Formatos contables.
- f. MINISTERIO DEL TRABAJO:
 - Informes de pago de utilidades.
 - Informes de pago de décimos.
 - Liquidaciones de personal.

A continuación, hay que listar todas las alternativas que van a ser consideradas, de entre las identificadas en el paso anterior, e identificar los posibles problemas y riesgos que se puedan dar en el proyecto de forma que puedan ser evitados o mitigados.

2.3. Construir una estructura de objetivos para desarrollar una estructura jerárquica de objetivos estratégicos, fundamentales y una red de objetivos medio

Esta actividad consiste en organizar los objetivos para que el equipo del proyecto pueda describir en detalle lo que una empresa desea lograr y luego incorporarlos apropiadamente en el modelo de decisión (Wei *et al.*, 2005). Lo primero que se debe hacer es definir el alcance del producto de software ERP desplegado en la nube de acuerdo con las políticas de la empresa, su dominio y el entorno del negocio.

Para comenzar a definir el marco de objetivos, es necesario que el alcance del objetivo estratégico sea apropiado y adecuado a las características del proyecto, estos objetivos estratégicos proporcionan una base sólida para la toma de decisiones y guían los objetivos finales que el equipo del proyecto debe esforzarse por alcanzar. A continuación, se definen los objetivos fundamentales derivados del alcance del objetivo estratégico; estos son los más importantes porque reflejan lo que realmente quieren lograr los responsables de la toma de decisiones. Estos objetivos se organizan en una jerarquía e indican las direcciones en las que el equipo del proyecto debe poner sus esfuerzos para un desempeño apropiado. La pregunta que nos puede ayudar a revelar los objetivos fundamentales de nivel inferior es: ¿qué entiende usted por ese objetivo de nivel superior?

A partir de los objetivos fundamentales se obtienen los objetivos medios. Para llegar a estos objetivos el equipo del proyecto debe realizarse la pregunta: ¿cómo se puede lograr esto? Las respuestas identifican los objetivos medios y a su vez describen los vínculos entre ellos (redes). Estos objetivos medios ayudan al cumplimiento de los objetivos fundamentales. La idea consiste en elaborar sistemáticamente las relaciones causa-efecto entre todos los objetivos medios en una red completa.

2.4. Extraer los atributos de evaluación para el sistema ERP desplegado en un ambiente cloud, realizando una derivación entre los objetivos fundamentales y los requisitos del producto

Una vez definida la estructura de los objetivos fundamentales y definidos los requisitos del producto de servicio, ambos enfocados como elementos de decisión, el equipo del proyecto debe derivar los atributos pertinentes para la evaluación del sistema ERP desplegado en la nube (Wei *et al.*, 2005). Puede resultar difícil realizar un *trade-off* de todos los objetivos fundamentales de nivel inferior: por ser demasiados conducen a numerosas comparaciones en el modelo AHP. Como podría tornarse un proceso ineficiente, resulta conminatorio identificar los objetivos críticos, esto se puede enfocar combinando criterios del equipo del proyecto luego de discutir cuáles son los objetivos más importantes y relevantes. Identificados estos objetivos críticos, partimos de la jerarquía de objetivos fundamentales para generar una jerarquía AHP.

Luego de que el equipo desarrolle su propia estructura de objetivos críticos, estos son combinados con los elementos de decisión medibles (requisitos), se indica el grado en el que se alcanza el objetivo correspondiente en función del entorno empresarial y sus requerimientos; en este caso la pregunta es: ¿cuánto influye el requisito para cumplir el objetivo? Hay que utilizar una matriz entre estos dos ejes y por medio de pesos determinar el grado de influencia entre el requisito del producto y el objetivo crítico. Los pesos están fijados en una escala ordinal del 0 al 3: 0 No influye; 1 Poca influencia; 2 Media influencia; y 3 Alta influencia. Se realiza la suma de las influencias de cada requisito y se

determinan los elementos de decisión entre los puntajes más altos. A continuación, estos atributos se utilizarán como base del modelo AHP.

2.5. Realizar un filtro de calificación de proveedores, por medio de un cuestionario específico, el cual es desarrollado de acuerdo con los requerimientos del sistema

Al inicio de la metodología se recolectaron numerosas alternativas, por lo tanto, ahora se debe definir un mecanismo para filtrar y acortar la lista de candidatos. Para esto, los atributos de evaluación deben ser convertidos en requisitos específicos para formar un cuestionario o lista de verificación de las especificaciones del sistema. A la par, también se puede examinar la red de objetivos medios que ayudarán a escudriñar las especificaciones del sistema.

Luego se solicita a los proveedores que proporcionen información en respuesta a las preguntas específicas del cuestionario, para esto se programan entrevistas intensivas y reuniones de trabajo con cada uno de ellos. Además, los flujos de trabajo básicos y los requisitos especiales de la empresa se pueden evaluar por medio de demostraciones del sistema por parte del proveedor. A continuación, el equipo del proyecto evalúa los resultados y de esta forma elimina las alternativas no calificadas (Wei *et al.*, 2005).

2.6. Evaluación del Software ERP como servicio desplegado en cloud computing, usando el método AHP

El modelo AHP consiste en un método de evaluación de múltiples atributos que comprende tres fases: descomposición, juicios comparativos y síntesis de prioridades (Osorio & Orejuela, 2008). En la fase de descomposición, el equipo del proyecto puede utilizar la jerarquía de los objetivos fundamentales para generar la jerarquía del modelo AHP. En la segunda fase, los tomadores de decisiones realizan comparaciones pareadas para los atributos entre las alternativas (proveedores) para de esta forma generar matrices de juicios con una escala de 9 puntos en cada nivel, dicha escala ha sido adoptada por los expertos con el siguiente peso: 1: Igual importancia; 3: Algo más importante; 5: Bastante más importante; 7: Mucho más importante; y 9: Absolutamente más importante. Estos mismos valores se expresan de forma fraccionaria si la comparación resulta inferior. Esta comparación por pares da lugar a matrices cuadradas, en las cuales la correspondencia entre pares de valores es recíproca (Álvarez, Hidalgo, & Izquierdo, 2006).

En la tercera fase, el proceso de comparación pareada entre alternativas se repite para cada atributo y se priorizan las alternativas con base en el método del valor propio más alto. Finalmente, con la importancia relativa de los atributos se pueden priorizar las alternativas agregando los pesos a la jerarquía. Dicho de otro modo, con cada vector de prioridad obtenido para los criterios se conforma una matriz de prioridad, la cual se multiplica matricialmente con el vector de prioridad obtenido al realizar la comparación entre los criterios. El resultado es un vector denominado vector de prioridad de las alternativas, el cual se constituye en la solución del problema al presentar cada una de las alternativas y un porcentaje de preferencia para cada una de ellas.

Antes de concluir este análisis, debe calcularse el coeficiente de consistencia. Este valor valida que los juicios no tengan errores entre ellos, es decir, que no existan contradicciones; un valor de este coeficiente inferior a 0.1 se asume como aceptable y para aquellos casos en que sea mayor, las opiniones y los juicios deben ser reevaluados.

2.7. Discutir los resultados y tomar la decisión final

Para no sufrir limitaciones en el resultado del proyecto, una vez que se haya definido la estructura de los objetivos, el equipo de trabajo debe revisar y discutir una y otra vez las preguntas y respuestas en el momento de desarrollar la jerarquía de los objetivos fundamentales y la red de los objetivos medios. De esta forma se asegura que la decisión parta de un examen completo y que haya sido generada desde diferentes perspectivas. La capacidad del equipo del proyecto para tomar una decisión puede estar limitada por sus conocimientos, experiencia, sesgos cognitivos y también por la misma complejidad del problema de selección, así que para evitar la inconsistencia en las asignaciones de las puntuaciones a los atributos es importante capacitar a los responsables de la toma de decisiones para que

comprendan los detalles, fortalezas y debilidades del método AHP (Wei *et al.*, 2005). Adicionalmente, durante el proceso de desarrollo se debe realizar controles de consistencia pidiendo a los responsables de la toma de decisiones que en ciertos casos proporcionen las razones y explicaciones detalladas para justificar y refinar sus evaluaciones.

En la práctica, llevar a cabo esta metodología puede conllevar mucho tiempo y el consumo de recursos, por lo que a menudo las empresas se apresuran cuando comparan las alternativas disponibles, realizan las presentaciones y pruebas de los sistemas antes de identificar el problema y llevar a cabo la evaluación de las necesidades y objetivos de la empresa. Luego de terminar todo el proceso metodológico, los integrantes del proyecto podrán notar que valió la pena tomarse el tiempo para realizar una evaluación y decisión apegada a los objetivos de la empresa.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A continuación, realizamos una prueba de conceptos para aplicar y probar la metodología propuesta. Para el efecto, seleccionamos tres proveedores dentro de la oferta ecuatoriana de servicios de sistemas ERP bajo la modalidad *Software as a Service*.

La empresa ficticia que se va a beneficiar de esta metodología tomará el nombre de Comercios del Austro S.A., una empresa importadora de productos de bazar y ferretería que luego distribuye en el mercado ecuatoriano. En esta organización se maneja un Sistema ERP con una infraestructura cliente-servidor, dentro del cual los módulos no están correctamente cohesionados. Por ello se tienen que realizar procesos manuales para conseguir resultados entre un departamento y otro, lo que causa mucho esfuerzo por parte de los usuarios y confusión de tareas entre ellos. Por otro lado, la necesidad de guardar armonía con la tecnología, de mantener un buen servicio con los clientes en el entorno empresarial y de poseer una marcada competitividad en el mercado ecuatoriano, dieron lugar a que altos directivos anunciaran el lanzamiento de una serie de proyectos de actualización entre los que se incluye la adopción de un sistema ERP desplegado en la nube y la reingeniería de sus procesos de negocios. Con ello, aspiran a mejorar la eficacia de su logística tanto interna como externa y de esta forma proporciona respuestas a las demandas del mercado actual. En seguida, detallamos la aplicación de los pasos de la metodología propuesta en el punto anterior, motivo de este artículo.

3.1. *Formar el equipo del proyecto*

Se conformó un comité de altos directivos de la empresa Comercios del Austro S.A., entre ellos el presidente, el gerente general y director financiero. Adicionalmente actuaron como parte del equipo de proyecto varios representantes de los departamentos con al menos cinco años de experiencia dentro de la empresa. El equipo tenía la misión de formular el plan del proyecto, integrar los recursos del proyecto y seleccionar el sistema ERP más adecuado desplegado en la nube. Como parte de la organización, se llevaron a cabo varios talleres motivacionales y promocionales que alentaban la participación de los empleados y apoyaban a los miembros del equipo. De estas reuniones se obtuvieron numerosas y valiosas recomendaciones que se consideraron en la implementación del proyecto. Además, el equipo del proyecto recogió amplia información sobre los proveedores de sistemas ERP desplegados en la nube, a quienes se les entregó invitaciones para participar en el proceso. No se contactó con proveedores internacionales con el afán de abaratar costos y, sobre todo, por la necesidad de que el sistema esté acoplado a las normas y leyes del Ecuador. Como resultado se consiguió que participaran tres alternativas o proveedores a las que denominamos A, B y C.

3.2. *Identificar los requisitos funcionales y no-funcionales de un Software ERP desplegado en un ambiente cloud ajustado a la realidad ecuatoriana y otras características del proyecto*

Para lograr una comprensión de los elementos del proyecto que ayuden en la toma de la decisión, se comenzó identificando los requisitos más importantes que debe tener un producto de esta naturaleza según el criterio del equipo del proyecto. En el proceso, se realizaron observaciones de cada requisito

y se identificaron y analizaron ciertos errores que se pueden dar en el proceso de implementación del nuevo producto de software para tratar en lo posible de mitigarlos con anticipación, por ejemplo:

- No precisar objetivos claros y definidos.
- Falta de compromiso de la dirección.
- Asumir que el proyecto corresponde solo al departamento de tecnología.
- Dejar el proyecto solo en manos del proveedor.
- No asignar un líder del proyecto con jerarquía.
- Un equipo de trabajo no comprometido y sin actitud innovadora.
- Posibles confrontaciones en el transcurso del proyecto.
- Falta de documentación de las fases del proyecto y acuerdos.
- Falta de revisión de los avances del proyecto y tareas encomendadas a los integrantes del equipo.
- Basarse en suposiciones.

También se identificaron los riesgos a los que están expuestos los resultados de la evaluación:

- Como los datos estarán fuera del dominio de la empresa, hecho que conlleva un riesgo inherente, se hace conminatorio consensuar con el proveedor que usuarios dispondrán de acceso al sistema.
- Dado que existen procesos y normativas a las que una empresa debe someterse por diferentes organismos de control, es sustancial que el proveedor se acoja a este tipo de procesos.
- Como no se sabe exactamente dónde están alojados los datos de la empresa, se debe cerrar un acuerdo con el proveedor para que el tratamiento de datos se subyugue al marco legal del Ecuador.
- Debido a que la infraestructura en la nube se comparte con otros clientes, se debe pedir al proveedor una garantía de que los datos en reposo estarán correctamente aislados y que los procedimientos de cifrado de la información se realizarán por personal calificado.
- Como los proveedores del servicio *cloud* mantienen políticas de recuperación de información en caso de un desastre, se debe exigir al proveedor que los datos sean replicados en diferentes estructuras de modo que se garantice una recuperación completa y a tiempo.
- Se debe exigir al proveedor un acuerdo legal para que los datos de la empresa sean de uso único de sus miembros y que no puedan ser compartidos ni mucho menos comercializados a terceros.
- Puesto que la vida jurídica de cualquier entidad comercial puede desaparecer o ser absorbida en el transcurso del tiempo, acordar con el proveedor que la empresa podrá recuperar los datos aun en el caso de que el proveedor sea comprado por otra entidad o, en su defecto, contemplar la idea de que los datos pueden ser migrados a una nueva estructura.

3.3. Construcción de la estructura de objetivos

Para ello, primero se definió el objetivo estratégico y a continuación el árbol de los objetivos fundamentales, estos se derivaron de las preguntas de la metodología. Cada miembro del equipo respondió hasta llegar a un consenso y congruencia de ideas. Se obtuvo un resumen el cual ha sido graficado en un árbol jerárquico (Fig. 2). Luego se identificaron los objetivos medios, para lo cual se partió de los objetivos fundamentales de nivel inferior. Así mismo, con la respectiva pregunta, se obtuvieron respuestas que entregan una idea más clara de lo que se tiene que hacer para conseguir el objetivo superior, y se conformó una red de relaciones causa-efecto que ayudó a tener una idea completamente precisa de lo que se requiere y de lo que va a suceder (Fig. 3).

Maskana - Ciencias de la Computación

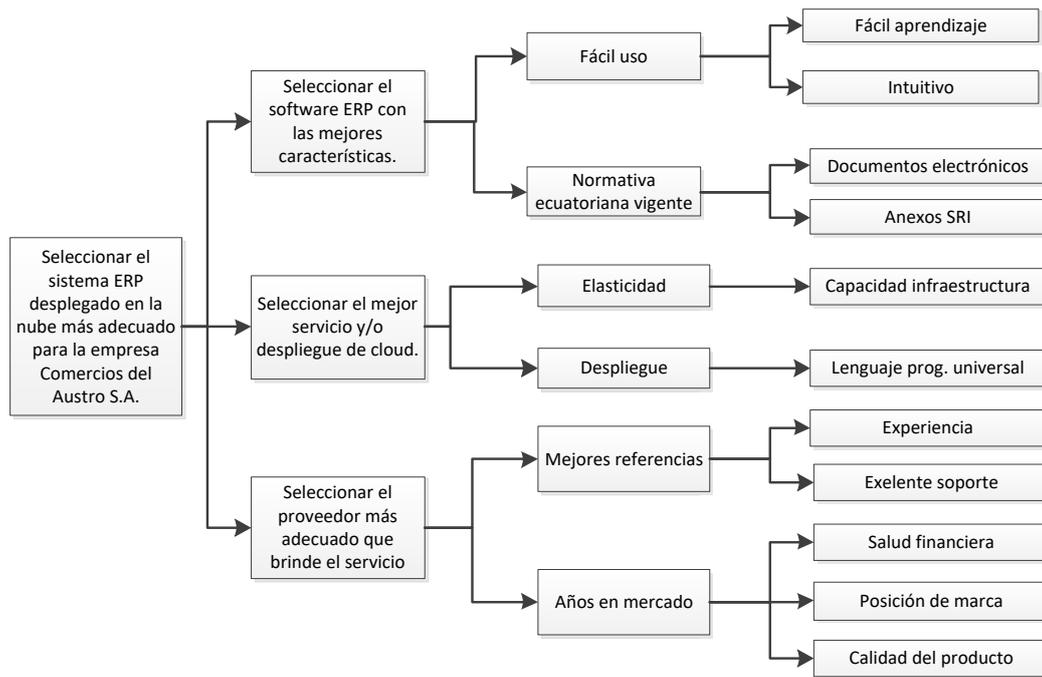


Figura 2. Árbol de objetivos fundamentales.

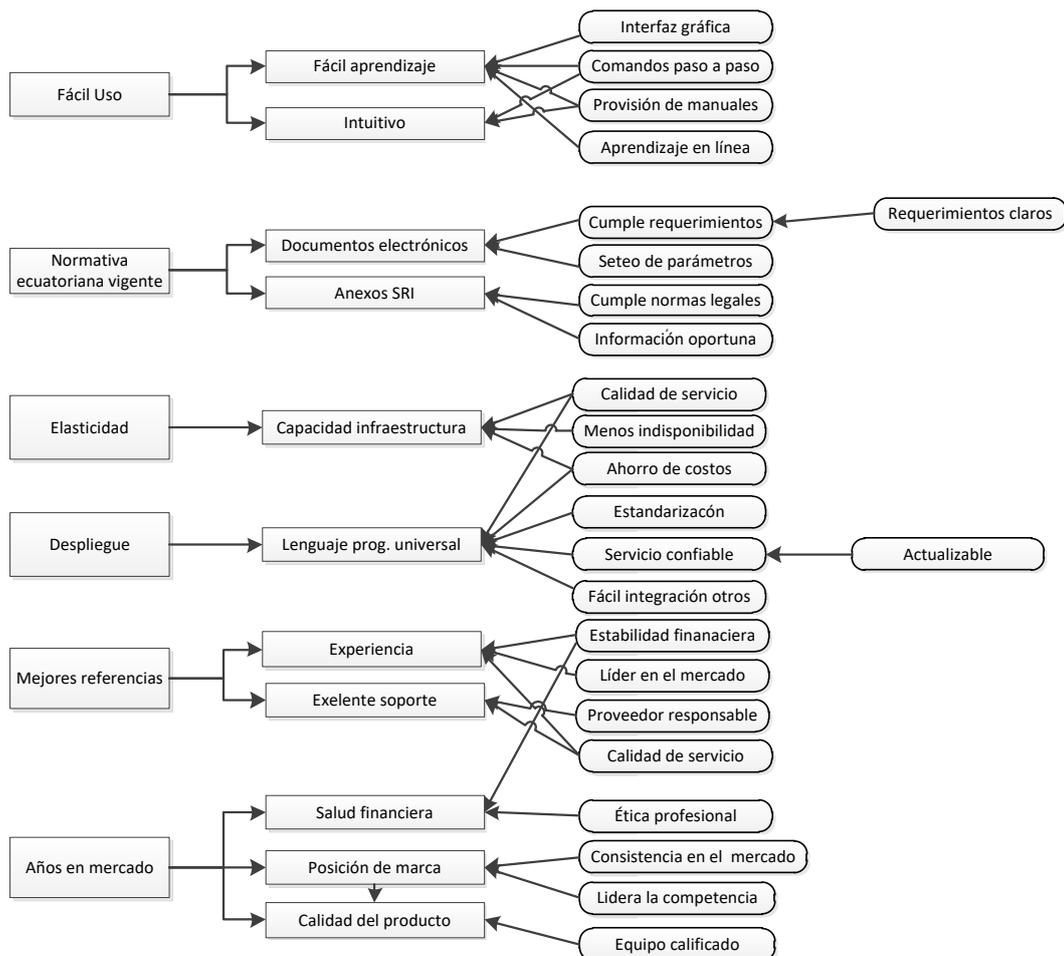


Figura 3. Red de objetivos medios.

3.4. Extraer los atributos usados para la evaluación

Es el momento en que se realizó la selección de los factores de evaluación tomando como referencia los objetivos fundamentales como objetivos críticos y combinados con los requisitos de los sistemas ERP desplegados en la nube. Inicialmente se realizó la jerarquía AHP de acuerdo con el árbol de los objetivos fundamentales para que el equipo del proyecto disponga de una visión de la prioridad de los objetivos que se necesita que sean pesados a partir de los requisitos (Fig. 4).

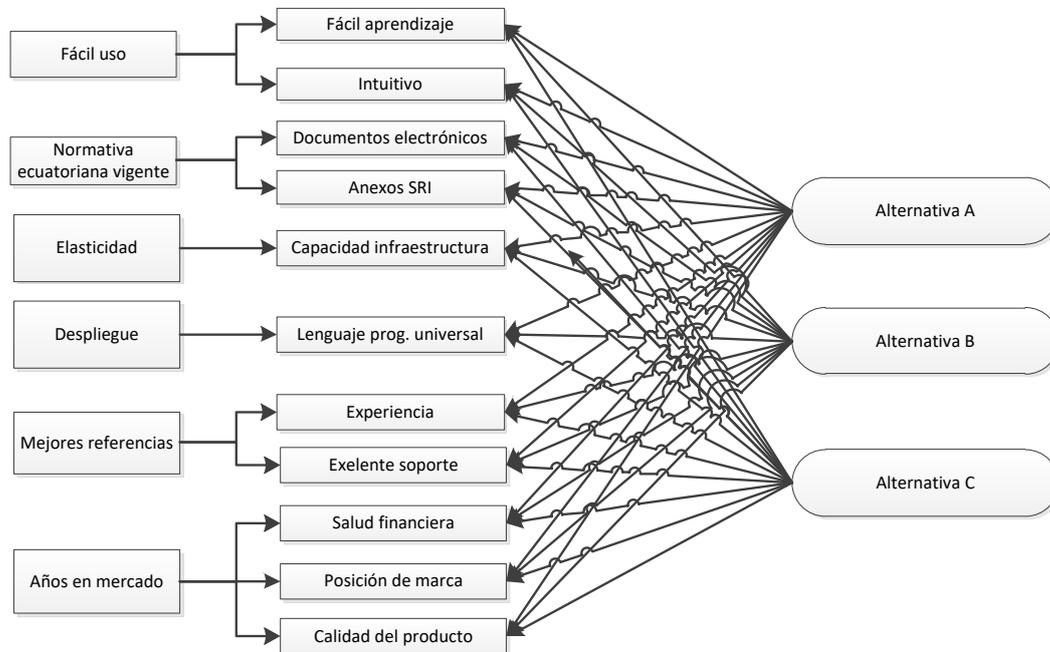


Figura 4. Árbol de la jerarquía AHP de los objetivos fundamentales.

Luego, por medio de una matriz, se estableció un peso para cada requisito según la forma en que influye para conseguir el objetivo respectivo. Los pesos que se asignaron a la matriz estaban comprendidos entre 0 (*no influye*) y 3 (*alta influencia*) de acuerdo con el planteamiento de la metodología. Como resultado se obtuvo datos sobre los requisitos más influyentes que se convertirían en factores de evaluación, tal y como se indica en la Tabla 2: flexibilidad funcional (14), seguridad y control de acceso (10), normativa ecuatoriana vigente (12), y amplio acceso a la red (10).

3.5. Pantalla de los proveedores calificado

Es decir, momento en el cual se reduce el número de candidatos. Para ello, el equipo del proyecto mantuvo reuniones y desarrolló un cuestionario con base en los criterios de evaluación seleccionados (Tabla 3). A continuación, se pidió a los proveedores que asistan a una entrevista programada e incluso que realicen una demostración del sistema ERP desplegado en la nube, para exponer sus ventajas competitivas. Al final de cada una de estas reuniones, se firmó un acta en la que se enmarcaban los puntos importantes de la junta y se anexaban las respuestas del formulario de interrogantes. Con el análisis de las respuestas determinamos que la alternativa C se descartara del grupo de evaluación.

3.6. Evaluación de las alternativas de sistemas ERP desplegados en la nube, utilizando el modelo

Lo primero que realizamos son las matrices de comparación pareadas de las alternativas con respecto a cada uno de los criterios de evaluación, colocando los respectivos pesos; cada vez que se pesó una matriz pareada se calculó el coeficiente de consistencia para evitar incongruencias en las comparaciones (Tabla 4).

Tabla 2. Matriz de influencias de requisitos sobre los objetivos.

OBJETIVOS CRÍTICOS	REQUISITOS IMPORTANTES																													
	TÉCNICOS				ESTRATEG. ORGANIZACIONA.				ECONÓMICOS				LEGALES				CLOUD COMPUTING				DESPLIEGUE									
	Disponibilidad	Respaldo y recuperación	Integración	Flexibilidad funcional	Adic. complementos	Seguridad y accesos	Usabilidad	Geodiversidad	Soprote	Efecto de bloqueo	Nombre de marca	Tiempo de Inicio	Implementabilidad	Normativa ecuatoriana	Esquema de precios	Precio	Compromiso contrato	Flexibilidad comprom.	S.L.A.	Cumplir estándares	Cumplimiento legal	Autoserv. bajo demanda	Amplio acceso a la red	Recursos en común	Elasticidad	Servicio medido	Nube privada	Nube comunitaria	Nube pública	Nube híbrida
Que sea de fácil uso para los usuarios	1	0	2	3	2	1	3	0	1	0	1	2	2	3	0	1	0	0	0	0	0	1	2	0	2	0	0	0	0	0
Más ajustado a la normativa ecuatoriana vigente.	0	0	1	3	1	0	3	0	3	0	0	0	3	3	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Nube brinde recursos cuando sea necesario y luego devolver recursos	0	0	0	3	1	1	3	2	1	0	1	0	0	0	3	0	0	2	2	0	1	3	0	0	3	1	1	1	1	
Que el software se pueda desplegar en cualquier dispositivo	0	0	1	0	0	3	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	
Que tenga las mejores referencias de otros clientes	3	2	1	3	2	3	3	2	3	1	3	3	2	3	1	1	2	1	2	1	1	3	3	0	2	2	1	0	0	
Que esté en el mercado varios años	2	2	1	2	1	2	3	1	2	0	3	2	2	3	2	1	3	1	2	0	1	1	2	0	1	1	0	0	0	
Totales	6	4	6	14	7	10	17	7	10	1	9	7	9	12	6	3	7	8	7	1	3	9	10	0	9	4	2	1	1	

Tabla 3. Cuestionario para proveedores.

Criterios evaluación	Preguntas
Flexibilidad funcional	¿Es la tecnología flexible y duradera?
Seguridad y control de acceso	¿Qué tareas de seguridad realiza el proveedor?
	¿Cómo maneja el proveedor los desastres?
Normativa ecuatoriana vigente	¿Cómo se garantiza la seguridad del servicio cloud?
	¿Cumple su sistema ERP con la norma de documentos electrónicos?
Amplio acceso a la Red	¿Disponen sus productos de los anexos del SRI?
	¿En qué tipos de dispositivos se puede desplegar el servicio SaaS?

Tabla 4. Matriz de evaluación pareada de criterios respecto a alternativas y matriz normalizada.

Alternativas	Criterio: Flexibilidad funcional				Criterio: Flexibilidad funcional				
	A	B	Matriz normalizada	Vector	Multipl.	Cociente			
A	1	9	0.90	0.90	0.90	1.800	2.000	IC=	0.000
B	1/9	1	0.10	0.10	0.10	0.200	2.000	IA=	0
Suma	1.11	10.00			1.00	n max =	2.000	CC=	0.00

De la misma forma, procedimos a realizar la matriz de comparación pareada entre criterios colocando los respectivos pesos (Tabla 5), y calcular así el coeficiente de consistencia (Tabla 6). Por último, ejecutamos la matriz de la prioridad de las alternativas. Como resultado final se obtuvo la alternativa A, la mejor opción del proceso de evaluación con un porcentaje del 56.00% (Tabla 7).

Tabla 5. Matriz de evaluación pareada de criterios y matriz normalizada.

	Flexibilidad funcional	Seguridad y accesos	Normativa ecuatoriana	Amplio acceso red	Matriz normalizada				Vector	Prioridad de criterios
Flexibilidad funcional	1	1/5	1/5	1	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	8%
Seguridad y accesos	5	1	1	5	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	42%
Normativa ecuatoriana	5	1	1	5	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	42%
Amplio accesos red	1	1/5	1/5	1	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	8%
Suma	12.00	2.40	2.40	12.00					1.00	100%

Tabla 6. Cálculo del Coeficiente de Consistencia.

Multipl.	Cociente		
0.333	4.000	IC=	0.00
1.667	4.000	IA=	0.99
1.667	4.000	RC=	0
0.333	4.000		
n max =	4.000		

Tabla 7. Prioridad de alternativas - Resultado final.

Alternativas	Flexibilidad funcional	Seguridad y accesos	Normativa ecuatoriana	Amplio acceso la red	Prioridad de alternativas	Resultado
A	0.90	0.83	0.17	0.90	0.56	56.00%
B	0.10	0.17	0.83	0.10	0.44	44.00%
Pesos criterios	0.08	0.42	0.42	0.08		

3.7. *Discusión de los resultados y toma de la decisión final*

Con los resultados cuantitativos obtenidos con el proceso de evaluación de criterios del punto anterior, determinamos como la mejor opción a la alternativa A con el 56%. Para confirmar el resultado, se volvió a efectuar un análisis de los riesgos presentados, enmarcados en la solución resultante. Al comparar los objetivos planteados con las características del servicio seleccionado apreciamos que la utilización de la metodología ayuda a entender las relaciones entre objetivos y los requisitos en la evaluación de su influencia. En esta prueba de conceptos realizada se presentó un marco integral sobre la metodología que proponemos para seleccionar un adecuado sistema ERP desplegado en la nube y ajustado a la realidad ecuatoriana, basado en un proceso de análisis de decisiones AHP.

4. CONCLUSIONES

La investigación realizada dio lugar a un análisis evaluativo de los diversos modelos de sistemas ERP existentes en el medio. El análisis concluyó que la mayoría de estos modelos contemplan ciertos requisitos o fases como planificación, seguridad, implementación, etc., pero no están orientados a sistemas desplegados en la nube, y tampoco definen características apegadas a la realidad ecuatoriana. Este trabajo de investigación, consecuentemente, aporta significativamente para la literatura y práctica de este proceso, pues entrega un modelo que suple esas carencias.

El modelo de toma de decisiones AHP, en el que basa este estudio, es muy utilizado por muchas compañías. Brinda soporte a los procesos donde intervienen varios criterios y alternativas, por lo que se convierte en una herramienta sistemática y científica donde se estructura, se mide y se sintetiza los atributos y la selección de tópicos. Está fundamentado en un amplio proceso de acción. El primer paso de ese proceso consistió en crear un equipo de trabajo. La no predisposición de ese equipo puede llevar al riesgo de que fallen los objetivos planteados del proyecto, por lo que elegir bien el recurso humano que se va a involucrar en esta tarea de selección resulta clave. Posteriormente, como hemos mostrado, prosigue la descomposición de los objetivos fundamentales en juicios más simples, lo que ayuda al equipo a identificar los requisitos esenciales de la empresa y los requisitos claves para la evaluación. El enfoque de la metodología evalúa sistemáticamente los atributos orientados a los objetivos de la empresa y el desarrollo estratégico, lo que no solo puede ayudar a reducir costos en la fase de selección, sino también mitigar la resistencia y otros costos en la etapa de implementación. Podemos concluir que la metodología empleada es muy flexible, debido a que se puede ajustar a atributos de evaluación o a decisiones adicionales en cualquier momento del proceso, lo que puede ayudar a consolidar los resultados esperados.

REFERENCIAS

- Álvarez, A., Hidalgo, A., Izquierdo, M. (2006). *Empleo del AHP (Proceso Analítico Jerárquico) incorporado en SIG para definir el emplazamiento óptimo de equipamientos universitarios. Aplicación a una biblioteca*. Facultad de Informática, Universidad Politécnica de Madrid, España, 579-596. Disponible en http://www.pronacose.gob.mx/pronacose14/Contenido/Documentos/EMPLEO_AHP_ARTICULO.pdf
- Benvenuto, A. (2006). Implementación de sistemas ERP, su impacto en la gestión de la empresa e integración con otras TIC. *Capiv Review*, 4, 33-48.
- Dunham, R., Sample, J. (2006). *Gaining consensus among stakeholders through the nominal group technique*. No. 7, 2 pp. Evaluation Research Team (ETA), Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention. Disponible en <https://www.cdc.gov/healthyyouth/evaluation/pdf/brief7.pdf>
- Mell, P., Grance, T. (2011). *The NIST definition of cloud computing. Recommendations of the National Institute of Standards and Technology*. NIST U.S. Department of Commerce, Special Publication, 800-145, 7 pp. Disponible en <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>
- Montaño, R. (2010). *Sistema ERP. Definición, funcionamiento, ventajas y desventajas*. GESTIOPOLIS. Disponible en <https://www.gestiopolis.com/sistema-erp-definicion-funcionamiento-ventajas-desventajas/>
- Moreno, J. (2002). El proceso analítico jerárquico (AHP). Fundamentos, metodología y aplicaciones. Dpto. Métodos Estadísticos, Facultad de Económicas, Universidad de Zaragoza, España. 33 p. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Jose_Maria_Moreno-Jimenez/publication/264855456_EL_PROCESO_ANALITICO_JERARQUICO_AHP_FUNDAMENTOS_METODOLOGIA_Y_APLICACIONES/links/5436925e0cf2dc341db35f98/EL-PROCESO-ANALITICO-JERARQUICO-AHP-FUNDAMENTOS-METODOLOGIA-Y-APLICACIONES.pdf

- Osorio, J., Orejuela, J. (2008). El proceso de análisis jerárquico (ahp) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación. *Scientia Et Technica*, XIV(39), 247-252.
- Polyviou, A., Pouloudi, N., Rizou, S. (2014). *Which factors affect software-as-a-service selection the most? A study from the customer's and the vendor's perspective*. 47th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), pp. 5059-5068. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.621>
- Wei, C., Chien, C., Wang, M. J. (2005). An AHP-based approach to ERP system selection. *International Journal of Production Economics*, 96(1), 47-62. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.03.004>