

Martínez Delgado, Edith; Garza Ríos, Rosario; López Acevedo, Juan Manuel; Santos Fernández, Susana

Article

Integración de los enfoques de arquitectura empresarial y multicriterio para evaluar el grado de madurez en una organización

Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa

Provided in Cooperation with:

Universidad Pablo de Olavide, Sevilla

Suggested Citation: Martínez Delgado, Edith; Garza Ríos, Rosario; López Acevedo, Juan Manuel; Santos Fernández, Susana (2020) : Integración de los enfoques de arquitectura empresarial y multicriterio para evaluar el grado de madurez en una organización, Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa, ISSN 1886-516X, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, Vol. 30, pp. 196-213,
<https://doi.org/10.46661/revmetodoscuanteconempresa.3821>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/286211>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Integración de los enfoques de arquitectura empresarial y multicriterio para evaluar el grado de madurez en una organización

MARTÍNEZ DELGADO, EDITH

Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría (Cuba)

Correo electrónico: edithmd@ind.cujae.edu.cu

GARZA RÍOS, ROSARIO

Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría (Cuba)

Correo electrónico: rosariog@ind.cujae.edu.cu

LÓPEZ ACEVEDO, JUAN MANUEL

Universidad Agraria de la Habana, Mayabeque (Cuba)

Correo electrónico: taboada@unah.edu.cu

SANTOS FERNÁNDEZ, SUSANA

Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría (Cuba)

Correo electrónico: ssantos@udio.cujae.edu.cu

RESUMEN

La necesidad de alinear las estrategias de la organización con las nuevas tecnologías de la información y comunicaciones ha sido impuesta por el desarrollo alcanzado por las mismas, siendo la Arquitectura Empresarial (AE) uno de los enfoques que posibilita realizar dicha alienación. Para implementar un proyecto de AE, se necesita partir de un diagnóstico que determine el estado actual de la organización para desarrollar, mantener y aplicar este enfoque, a través de un proceso continuo. Para ello se puede utilizar un modelo de madurez, que da la pauta para desarrollar estrategias de mejoras y alcanzar los objetivos previstos. El presente trabajo tiene como objetivo diseñar una tecnología que permita evaluar el grado de madurez de una organización. La propuesta parte de la aplicación de una lista de chequeo que recoge los aspectos fundamentales de las capas que conforman la Arquitectura Empresarial. Las preferencias de los cuadros y trabajadores involucrados son consideradas utilizando un enfoque Multicriterio, en particular, una función Scoring. Como resultado, se obtienen los niveles de madurez de las organizaciones consideradas y las aplicaciones permitieron detectar que las capas de mayores insuficiencias son las de negocio e información.

Palabras clave: madurez empresarial, multicriterio, arquitectura empresarial, scoring, evaluación.

Clasificación JEL: C69.

MSC2010: 90B50.

Artículo recibido el 8 de enero de 2019 y aceptado el 26 de junio de 2019.

Integrating of the enterprise architecture and multicriteria approaches to evaluate the degree of maturity in an organization

ABSTRACT

The need to align the strategies of the organization with the new information technologies had been imposed by the development of these last. One of the approaches that makes it possible such alienation is the Enterprise Architecture Approach (AE). To implement an AE project, it is necessary to start with a diagnosis that determines the current state of the organization to develop, apply and maintain this approach, through a continuous process. For this purpose, a maturity model can be used, which allows to draw up development strategies to achieve the planned objectives and identify improvement areas.

The present work has as objective to design a technology that allows evaluating the degree of maturity of an organization. The proposal starts from the application of a checklist that includes the fundamental aspects of the layers that make up the Enterprise Architecture. The preferences of the leaders and workers involved are considered using a Multicriteria approach, in particular, a weighted sum function (Scoring). As a result, the levels of maturity of the organizations considered are obtained, besides the applications allowed to detect that the layers of greater insufficiencies are those of business and information.

Keywords: business maturity, multicriteria, business architecture, scoring, evaluation

JEL classification: C69.

MSC2010: 90B50.



1. Introducción.

El desempeño de una organización depende de la capacidad que tenga la misma para asumir los retos que se imponen en el entorno empresarial, es por eso que las organizaciones se involucran en un proceso de mejora continua y se trazan estrategias para alcanzar, a través de diversos caminos, los objetivos deseados, pero sin un esquema de trabajo que ofrezca un punto de partida y de desarrollo, sin dudas estos objetivos se vuelven prácticamente inalcanzables para la organización.

Por otra parte, el desarrollo de las nuevas tecnologías de la información ha impuesto la necesidad de alinear las estrategias de la organización con las mismas, siendo la Arquitectura Empresarial (AE), uno de los enfoques que consigue una mejor alineación negocio-tecnología de la información.

El concepto de Arquitectura Empresarial emerge como una disciplina que integra aspectos relacionados al negocio y a las Tecnologías de Información (TI), transformándose en el pilar en las organizaciones en la actualidad, que requieren flexibilidad y agilidad en aras de fortalecer ventajas competitivas y comparativas, teniendo como eje la alineación entre las metas estratégicas, objetivos organizacionales, políticas y procesos de negocio (Iglesias & Nieto, 2015).

Para implementar un proyecto de AE, se necesita partir de un diagnóstico que determine el estado actual de la organización para desarrollar, mantener y aplicar este enfoque a través de un proceso continuo. Para ello, resulta útil emplear un modelo de madurez, que guíe el proceso de mejora y trace las estrategias correspondientes.

Antes de tratar sobre los modelos de madurez y la Arquitectura empresarial se deben entender dichos conceptos y otros relativos a los mismos.

Según la Real Academia Española un modelo se define como “*arquetipo o punto de referencia para imitarlo o reproducirlo*”; madurez o madurar, hace referencia a “*adquirir pleno desarrollo*” y el nivel, se puede entender como “*la medida de una cantidad con referencia a una escala determinada*”, arquitectura y empresa.

Arquitectura Empresarial es el proceso de traducir la visión y estrategia del negocio en un cambio efectivo para la organización mediante la creación, comunicación y mejora de los modelos y principios claves que describen el estado futuro de la organización y permiten la evolución de la misma.

La madurez de una entidad se puede entender como una “condición perfecta” que contribuye al pleno desarrollo de una organización; si alguna no ha alcanzado esta condición deberá establecer estrategias que le permitan obtener el grado de madurez deseado.

Los modelos de madurez permiten evaluar el estado de desarrollo de una organización o proceso de negocio, trazar estrategias de mejoras para alcanzar los objetivos previstos e identificar las áreas donde la organización debe enfocarse para mejorar. Los mismos fueron concebidos inicialmente para la industria del software y en la actualidad el área de aplicación es muy diversa. Algunos modelos de madurez aplicados con diversos objetivos se pueden encontrar en distintos trabajos (Montaño et al., 2012; Portella et al., 2016; Amaya & Felipe, 2008; Mettler, 2009; Gómez, 2017; Ávila, 2018).

Según autores como Suárez, Villar e Infante (2017), Lakhrouit y Baïna (2013), Azim et al. (2014), Malleuve et al. (2015), diversos son los modelos de madurez que se han diseñado y que permiten evaluar el estado actual de una organización con respecto a la AE. Entre los más utilizados se encuentran: Modelo de madurez de Arquitectura empresarial denotado por EAMM de sus siglas en inglés (*Enterprise Architecture of Maturity Model*), Modelo de madurez en el marco de referencia de la Arquitectura empresarial, EAMMF (*Enterprise Architecture of Maturity Model Framework*), Modelo de madurez de capacidad de la arquitectura, ACMM (*Architecture Capability Maturity Model*), Marco de evaluación de la Arquitectura empresarial, EAAF (*Enterprise Architecture Assessment Framework*), Modelo extendido de madurez de la Arquitectura empresarial, E2AMM (*Extended Enterprise*

Architecture Maturity Model), Modelo de madurez de alineación estratégica, SAMM (*Strategic Alignment Maturity Model*), Marco de Arquitectura empresarial de evaluación de madurez, MAEAF (*Maturity Assessment Enterprise Architecture Framework*). Todos estos modelos establecen de forma general, cinco o seis niveles de madurez que van desde un nivel 0, donde se define que no existe la AE hasta un nivel 5 ó 6 de AE optimizada (según la cantidad de niveles establecidos en el modelo), así mismo éstos comparten seis criterios para realizar la evaluación de la Arquitectura empresarial.

Entre los beneficios intangibles o no de la AE están los siguientes: facilita la visión y principios comunes entre el negocio y las TIC, mejora las comunicaciones dentro y fuera de la organización, contribuye a la información confiable y de alta calidad para una mejor toma de decisiones, reduce los costos, riesgos y tiempos de desarrollo e implementación de soluciones y mejora la eficiencia operacional del negocio.

En Suárez et al. (2016) se presenta una tecnología que permite realizar un diagnóstico con un enfoque de AE, basada en las cuatro capas de ésta, el marco de trabajo TOGAF y los modelos de madurez de la AE. Dicha tecnología parte de la realización de una lista de chequeo evaluada por el especialista encargado de diagnosticar la organización (investigador externo). Sin embargo, es criterio de los autores del actual trabajo que la aplicación de la tecnología referida anteriormente presenta limitaciones en cuanto a los aspectos que se expresan a continuación:

- El análisis que se realiza siguiendo la lista de chequeo, solamente considera el criterio de los investigadores externos, sin tener en cuenta la opinión de los trabajadores y cuadros de la organización, que son conocedores del negocio que se está evaluando y que además tienen como meta lograr la mejora de la entidad.
- Aunque no se plantea de forma explícita, hace uso de la media aritmética como medida de evaluación de los distintos aspectos en cada capa.
- Como resultado de la aplicación de la tecnología no se obtiene una evaluación que integre los resultados obtenidos en todas las capas consideradas en el diagnóstico, por lo que no visibiliza cuál es el estado general de desarrollo de la organización, es decir, se desconoce en qué nivel se encuentra el negocio en su totalidad.

A pesar de la creciente utilización de la AE y los modelos de madurez, en Cuba aún es incipiente su aplicación, debido a que a las empresas les ha resultado difícil priorizar las áreas en las que debe mejorar. Esto está dado fundamentalmente por la gran cantidad de información que se genera y por la inexperiencia de los directivos en estos temas. Esto denota la necesidad de emplear como guía modelos simples, pero a la vez que cumplan con el objetivo de su aplicación en el proceso de mejora de las organizaciones con el empleo de las tecnologías de la información y comunicaciones.

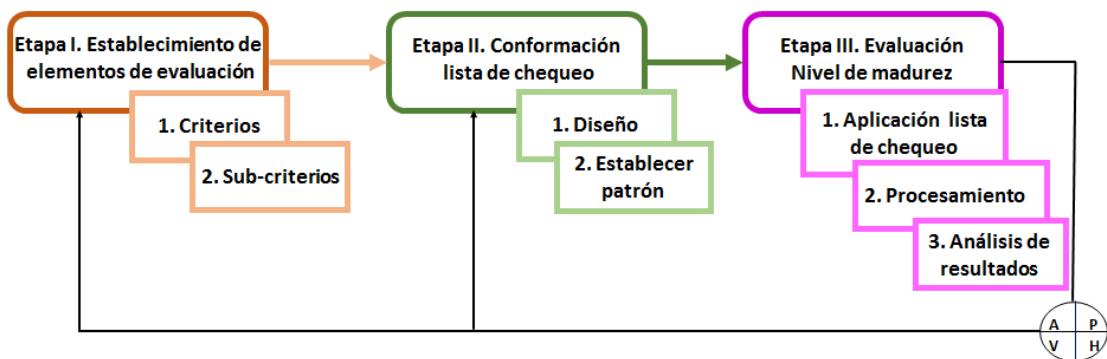
Por lo que en el presente trabajo se muestra la tecnología diseñada, que permite evaluar el grado de madurez de una organización, integrando los enfoques de AE y multicriterio. La misma salva las limitaciones antes expresadas y puede facilitar su uso, así como la estandarización de los resultados. Dicha tecnología es de carácter genérico aunque, debe ser interés de la organización donde se aplique, lograr la alineación entre sus procesos de negocio y las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

2. Tecnología propuesta para la evaluación del nivel de madurez.

En esta sección se expone la tecnología propuesta para obtener el nivel de madurez alcanzado por la organización, que parte de realizar un diagnóstico de su situación. Dicha tecnología integra los niveles propuestos en los modelos de madurez de la AE (Cruz & Briceño, 2014, 2015; Röglinger et al., 2011; Pérez, Pérez & Rodríguez, 2014; Durango et al., 2015) con un enfoque multicriterio-multiexperto que permite determinar en qué nivel se encuentra la organización con respecto a la AE, con vistas a diseñar el sistema de información de gobierno.

En la Figura 1 se representan las etapas y pasos que conforman la tecnología propuesta.

Figura 1. Tecnología propuesta para evaluar la madurez relativa a la AE.



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar la tecnología incluye tres etapas que van llevando paulatinamente a la obtención del nivel de madurez de una organización. Forma parte de la misma el ciclo Deming, para asegurar que exista una retroalimentación y aprendizaje del proceso en correspondencia con un enfoque de mejora continua. La retroalimentación referida tendrá lugar hacia la primera o segunda etapa, en dependencia de los resultados de las fases del ciclo Deming. Otro aspecto que resulta ser clave para el éxito de la tecnología, aunque no está visible en el esquema que la representa, es la capacitación de los expertos. La misma está presente en todo momento, aunque cobra una mayor importancia en la etapa III.

A continuación, se realiza una breve descripción de los pasos diseñados para cada una de las etapas.

Etapa I: Establecimiento de elementos de evaluación.

En esta etapa se realizan sendos pasos en los que se definen los criterios y sub-criterios que se utilizan para obtener la evaluación del modelo de madurez, a través de los niveles de la Arquitectura empresarial.

Según Aragónés (1997), las características que definen a las alternativas se llaman atributos; cuando a éstos se les añade un mínimo de información sobre las preferencias del decisor, se convierten en criterios. Es por ello, que el término criterio significa un pre-orden que recoge las preferencias del decisor respecto al conjunto de elección.

1. Selección de los criterios.

En este paso será necesario determinar a través de qué criterios se desea valorar el nivel de madurez de arquitectura empresarial de una organización; por tal motivo los autores del presente trabajo proponen utilizar como criterios aquellas capas de la AE que resulten de mayor interés para la investigación.

Entre las características más importantes que deben poseer los criterios están el ser medibles, claros y concretos. Existe una clara delimitación entre cada una de las capas consideradas como

criterios; sin embargo, no hay una total claridad en los aspectos que deben incluirse para su evaluación, de ahí la necesidad que se pase a un desglose de éstos.

2. Selección de los sub-criterios.

En este paso es necesario definir como sub-criterios un conjunto de elementos que permitan medir los criterios o capas seleccionadas en el paso anterior.

Tanto para la determinación de los criterios como de los sub-criterios, se puede realizar un trabajo grupal empleando cualquier técnica desarrollada con este fin, siendo de relativa facilidad, la Tormenta de Ideas vinculadas al Método Delphi.

Etapa 2. Conformación de la lista de chequeo.

Como su nombre lo indica, esta etapa se encuentra relacionada con una lista de chequeo, e incluye el diseño o adaptación de aquellos elementos que se incluyen en la misma y que serán objeto de evaluación, así como la definición del patrón de evaluación de cada uno de estos elementos.

1. Diseño.

La lista de chequeo en su diseño o adaptación, recoge los aspectos o preguntas que constituyen los sub-criterios de cada capa (o criterio) definidos en la primera etapa de la tecnología. En el caso que se realice el diseño de la misma se debe considerar su validación. Para ello pueden emplearse diversas técnicas que resultan de utilidad para probar la validez y fiabilidad de la herramienta diseñada (Garrote & Rojas, 2015; Bohorquez & Hernández, 2013; Corral, 2009).

2. Patrón de evaluación.

Como parte del establecimiento del patrón de evaluación es necesaria la definición de los niveles a través de los que se medirán cada criterio y sub-criterio. Esto permite comprender el significado de los niveles y así evaluar consecuentemente cada aspecto considerado en la lista de chequeo.

En la literatura especializada se presentan, para evaluar el grado de madurez, múltiples versiones que utilizan diferente cantidad de niveles de evaluación (Pérez & Rodríguez, 2014; Luftman et al., 2017). Esto queda a criterio de los investigadores de las futuras aplicaciones.

Etapa III. Evaluación del nivel de madurez.

En esta etapa se incluyen tres pasos que son: la aplicación de la lista de chequeo, su procesamiento y el análisis de los resultados. A continuación, se hace una breve descripción de los pasos referidos.

1. Aplicación de la lista de chequeo.

Este paso persigue obtener la evaluación de cada sub-criterio de la organización de interés. Para ello se aplica la lista a cada uno de los expertos que conformen cada grupo definido. Éstos deben ser seleccionados una vez que se confirme su nivel de experto. Para ello pueden utilizarse diversos métodos tales como: Método de la efectividad de su actividad profesional, Método de la auto-evaluación y Método del Coeficiente de Competencia K (Cuesta & Isaac, 2008).

2. Procesamiento de la lista de chequeo.

A partir de la información recogida con la aplicación de la lista de chequeo se deben realizar las siguientes actividades:

- Unificación del valor de cada capa.

- Ponderación de cada capa.
- Obtención del nivel de madurez.

En las actividades Unificación del valor de cada capa y Ponderación de cada capa, se puede emplear cualquier método de consenso. Entre éstos se encuentran los basados en la moda, la mediana y la media geométrica (Martínez et al., 2019).

Para la actividad Obtención del nivel de madurez se propone en el presente trabajo emplear un enfoque multiexperto-multiatributo. Se recomienda, utilizar el método Suma Ponderada conocido como Scoring (Maher & Maysam, 2016), aunque pudiera aplicarse otro correspondiente al enfoque multicriterio en espacios discretos (De Prada et al., 2018; Guerrero et al., 2014; Domínguez et al., 2011).

Se sugiere al menos un nivel 3 de madurez de la organización para un mayor éxito en la aplicación del proyecto de AE.

3. Análisis de resultados.

Una vez determinado el valor del nivel de madurez se procede a la realización del análisis de los resultados. Dicho análisis incluye la comparación de los valores obtenidos, ya sea por capa o criterio, por pregunta o sub-criterio y global. Para tener una mayor visualización y facilidad de análisis se sugiere que se empleen diferentes gráficos (pastel, radial, entre otros) y diagramas, que permitan conocer el estado de cada elemento que conforma cada capa.

Como resultado del análisis se detecta qué capas han sido evaluadas de manera más favorable, las que constituyen fortalezas en el desarrollo del proyecto de AE. Sin embargo, también resulta de interés, conocer qué capas han sido evaluadas de forma desfavorable y qué preguntas están incidiendo significativamente en este resultado. Esto sienta las bases para los aspectos que constituirán objeto de mejora en la organización.

3. Aplicación de la tecnología propuesta.

La aplicación de la tecnología propuesta se realiza en dos entidades de la Administración Central del Estado con el objetivo de determinar en qué situación se encuentran las mismas para el desarrollo del e-gobierno, y por seguridad, ética y discreción se omiten sus identidades. A continuación, se exponen simultáneamente los resultados más relevantes obtenidos con la aplicación realizada de la tecnología propuesta, en ambas organizaciones. Para ello se hace uso de gráficos y tablas que permitirán al lector realizar una mejor interpretación de los resultados.

Aplicación de la etapa I. Establecimiento de elementos de evaluación.

1. Selección de los criterios.

Atendiendo al marco de referencia de TOGAF y los modelos de madurez de la AE (Cruz & Briceño, 2015; Garza et al., 2018), las capas de la arquitectura empresarial que quedan seleccionadas en el presente trabajo son: Capa de negocios, Capa de datos e información, Capa de aplicación y la Capa de Tecnologías.

2. Selección de los sub-criterios.

Como se plantea anteriormente los criterios utilizados para obtener el nivel de madurez son las cuatro capas de la AE que resultan de interés y quedan seleccionadas en el paso anterior. De forma consecuente, como sub-criterios se seleccionan aquellos aspectos que permiten evaluar el contenido de cada una de las capas seleccionadas. En la Figura 2 se muestra el árbol jerárquico de los criterios y sub-

criterios para dicha aplicación, mientras que de forma explícita se presentan en la Tabla 1; los mismos se constituyen en preguntas posteriormente para conformar la lista de chequeo.

Figura 2. Árbol jerárquico.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Aspectos a considerar para evaluar el grado de madurez en una organización.

Nº.	Aspectos a evaluar	Nº.	Aspectos a evaluar
1	Existencia de un Departamento o Grupo de Sistema de Información	2	Documentación del sistema de información de la organización
3	Definición de la estrategia de Informatización de la organización	4	Definición de la misión de la organización
5	Definición de la visión de la organización	6	Despliegue a todos los niveles de las funciones de la organización
7	Definición de los objetivos estratégicos de la organización y del dominio de todos los trabajadores	8	Identificación y documentación de los procesos de negocios de la organización
9	Conocimiento por parte de los trabajadores de su estructura organizativa	10	Utilización de los indicadores de los procesos para gestionar la organización
11	Compromiso de la alta dirección con la gestión del sistema de información	12	Consideración de la calidad de la información que recibe de fuentes externas
13	Establecimiento de los canales de comunicación electrónicos para difundir y compartir la información relevante	14	Conocimiento del manejo por parte de la organización de los flujos de información
15	Conocimiento de cuál es la información necesaria para la toma de decisiones	16	Utilización de alguna tecnología para el almacenamiento de la información que generan sus actividades
17	Implementación de estrategias para garantizar la seguridad de la información	18	Existencia de aplicaciones que soportan los procesos de la organización.
19	Capacitación de los trabajadores en el uso de las aplicaciones que manejan	20	Disponibilidad de una página web con diseño, información de interés, acceso y actualización, adecuados
21	Integración de las aplicaciones informáticas existentes a través de una plataforma de desarrollo de software	22	Modernización del estado técnico de la infraestructura tecnológica a través de inversiones controladas y adaptadas a modificaciones en el negocio
23	Posibilidad de la infraestructura tecnológica existente para soportar las aplicaciones de la organización	24	Aprovechamiento de la infraestructura tecnológica de la organización para la realización de sus actividades

25	Disponibilidad de infraestructura de comunicación y redes	26	Utilización de las Tecnologías de información para el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la organización
27	Consideración de la Seguridad Informática		

Fuente: Elaboración propia.

Debe aclararse que los sub-criterios de la capa de negocio abarcan desde la pregunta 1 a la 11; los de la capa de aplicación van desde la pregunta 12 a la 17; de la pregunta 18 a la 21 conforman la capa de información y de la pregunta 22 a la 27, la de la capa de tecnología; todas recogidas en la Tabla 1.

Aplicación de la etapa II. Conformación de la lista de chequeo.

1. Diseño.

En cuanto al contenido de la lista, en este trabajo se propone emplear el sistema de aspectos propuestos por Suárez et al. (2016). Los mismos suman un total de veinte y siete elementos, desagregados éstos en: once que responden a la capa de negocio, seis a la capa de datos e información, cuatro a la capa de aplicación y seis a la capa tecnológica. No resulta prudente presentar dicha lista pero en la Tabla 1 se muestran los aspectos que son objeto de evaluación.

En esta aplicación no se realiza el diseño de la lista de chequeo, sino que se hace uso de la lista antes referida como válida, que constituye una entrada a la propuesta que se emplea en esta investigación, por lo que no procede su validación.

2. Patrón de evaluación.

En esta investigación se proponen cinco niveles para que cada elemento pueda ser evaluado. Éstos van desde la situación más desfavorable (nivel 1) hasta la más favorable (nivel 5). También se requiere contar con un patrón de evaluación, para comprender el significado de los niveles y así evaluar consecuentemente cada aspecto considerado en la lista de chequeo. En la Tabla 2 se muestran los niveles y significados (breve descripción del patrón de evaluación).

Tabla 2. Niveles de evaluación.

Niveles	Significado
1	No existencia del elemento
2	Conocimiento por parte de la entidad de la necesidad de aplicarlo
3	Se encuentra aplicado pero al más bajo nivel
4	Existencia y conocimiento de los trabajadores del elemento y se encuentra gestionado
5	Mejora continua

Fuente: Elaboración propia, modificada de Suárez & Jiménez (2016).

Aplicación de la etapa III. Evaluación del nivel de madurez.

Una vez que la lista de chequeo ha quedado conformada se pasa a su aplicación.

1. Aplicación de la lista.

En esta investigación se aplica la lista de chequeo a tres grupos de expertos que incluyen a investigadores externos, cuadros y trabajadores, para tener la visión y criterios de estos grupos de trabajadores. Cada experto de cada grupo realiza la evaluación de cada sub-criterio. Para la selección

de los expertos internos (cuadros y trabajadores) se hizo uso del Método de la efectividad de su actividad profesional.

El llenado de la lista de chequeo por los investigadores externos se apoya en: entrevistas, estudio de estados de opinión, observación, revisión documental, indicaciones, entre otros, que regulan el trabajo de la organización.

Es importante que en la aplicación de la lista de chequeo se logre un intercambio con miembros de la organización de modo que les permita entender el patrón de evaluación de cada aspecto evaluado. Por esto, el llenado por parte de los especialistas internos a la organización (cuadros y trabajadores), exige una capacitación preliminar por parte de investigadores externos que les permita la comprensión de cada aspecto o pregunta que conforma la lista; de esta forma se logra una valoración más fiel a la realidad.

2. Procesamiento.

➤ Unificación del valor

El procesamiento parte de la unificación del valor de cada capa, con el fin de integrar todas las valoraciones obtenidas y llegar a una evaluación global del estado de madurez de la organización. Para ello debe ser utilizado algún estadígrafo, tales como el rating, la moda, la mediana y la media geométrica. En particular, en las aplicaciones que se presentan en este trabajo se hace uso de la mediana. Este método se aplica tanto para lograr una evaluación por pregunta de la lista, considerando a los múltiples expertos, como para obtener la evaluación de cada capa teniendo en cuenta todas las preguntas de cada una.

➤ Ponderación de las capas

Además, en esta investigación no todas las capas tienen la misma importancia, por lo que se pasa a realizar una ponderación de éstas. Aunque la escala a emplear en este proceso de ponderación de los criterios puede ser cualquiera, en este caso se sugiere la propuesta realizada por Aragónés (1997), la que incluye los valores: 10, 7, 5, 3 y 1. En la Tabla 3 se muestra el significado de cada elemento de la escala a emplear.

Tabla 3. Escala para la ponderación de las capas.

Escala	1	3	5	7	10
Significado	No importante	Poco importante	Indiferente	Es importante	Es muy importante

Fuente: Elaboración propia, modificada de Aragónés (1997).

La ponderación obtenida para cada capa, emplea la escala referida anteriormente (Tabla 3) y el método de la asignación simple de los pesos con el consenso total de los expertos. Estos valores posteriormente fueron normalizados y tanto los valores de los primeros como de estos últimos se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Pesos por capa normalizados.

Capa	Peso	Peso normalizado
Negocio	10	0,37
Aplicación	7	0,26
Información	5	0,18
Tecnología	5	0,18

Fuente: Elaboración propia.

➤ Obtención del nivel de madurez

Finalmente, para la obtención del nivel de madurez de la organización pueden aplicarse diversos métodos como se plantea en la descripción teórica de la tecnología que se propone. En estas aplicaciones es seleccionado el Método Suma ponderada (Scoring), que a pesar de sus limitaciones ha demostrado ser un método eficaz para obtener las evaluaciones de una alternativa.

La expresión que permite determinar la suma ponderada está dada en la ecuación (1):

$$EM = \sum_{i=1}^r w_i \cdot EC_{ij} \quad (1)$$

donde:

EM : evaluación obtenida considerando la opinión de cada grupo de expertos

W_i : importancia o peso de la capa i

EC_{ij} : evaluación de la capa i obtenida de la etapa anterior considerando la opinión de cada grupo de expertos.

r : número de capas

Además, se necesitan definir los intervalos (patrón de evaluación) de EM que corresponden a cada nivel de madurez. Dichos intervalos se obtienen de la aplicación de técnicas de trabajo en grupo o técnicas de experto para hacer corresponder la opinión de los involucrados en la investigación, debiéndose recoger en forma tabular dichos resultados. Los valores extremos de la escala resultan de evaluar la expresión (1) en las valoraciones peores y mejores respectivamente, así como lograr intervalos uniformes entre éstos. En la Tabla 5 se muestra la escala propuesta.

Tabla 5. Escala propuesta (patrón de evaluación).

Intervalos de EM	Nivel de Madurez
$0,99 \leq EM \leq 1,782$	Nivel 1
$1,783 \leq EM \leq 2,575$	Nivel 2
$2,576 \leq EM \leq 3,368$	Nivel 3
$3,369 \leq EM \leq 4,161$	Nivel 4
$4,162 \leq EM \leq 4,954$	Nivel 5

Fuente: Elaboración propia.

Haciendo uso del Método especificado según aparece en la expresión (1) y la escala propuesta en la Tabla 5, se obtuvo la evaluación general del nivel de madurez para cada una de las entidades analizadas, que se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Nivel de madurez por entidad.

Entidad	EM	Nivel de madurez
1	2,420	2
2	2,385	2

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en los resultados recogidos en la Tabla 6, ambas entidades se encuentran en el nivel 2 de madurez, lo que significa que las entidades tienen conocimiento de la necesidad de aplicar la Arquitectura Empresarial con el fin de lograr la alineación del negocio con las tecnologías de la información, pero resulta insuficiente lo logrado en cuanto a su aplicación y gestión.

3. Análisis de los resultados.

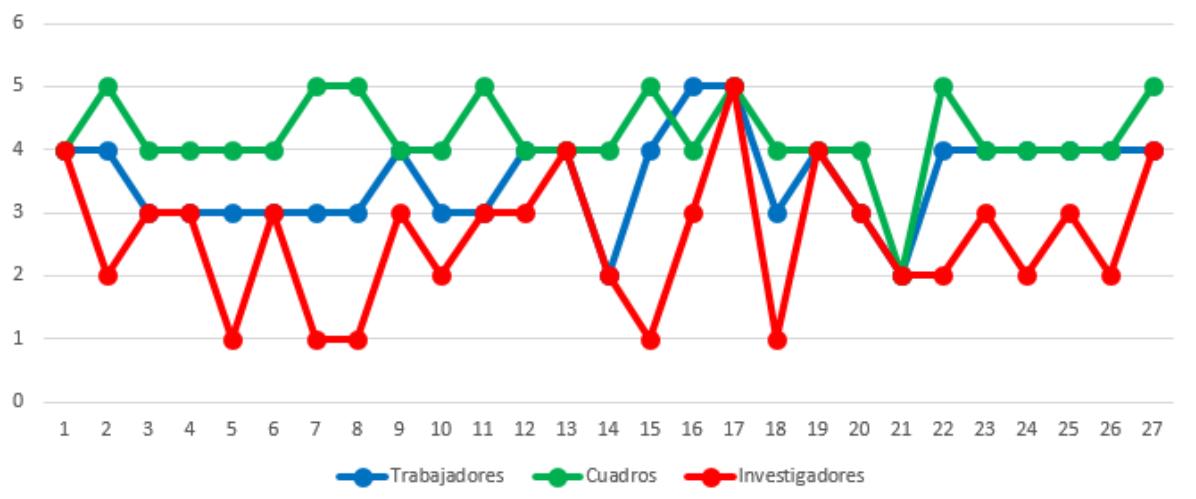
Una vez determinado el valor del nivel de madurez se procede a la realización del análisis de los resultados, por distintos criterios con ayuda de salidas gráficas.

A continuación, se brinda el comportamiento de las evaluaciones dadas a los sub-criterios o preguntas de la lista de chequeo por grupo de expertos. Tanto en una figura como en la otra, las etiquetas de las variables representan lo que sigue:

- En el eje de la abscisa: Sub-criterio o preguntas de la 1 a la 27 (Tabla 1).
- En el eje de la ordenada: Niveles de evaluación del 1 al 5 (Tabla 2).

En la Figura 3 se muestra el comportamiento de las evaluaciones dadas a las preguntas de la lista de chequeo por trabajadores, cuadros e investigadores de la entidad 1.

Figura 3. Resultados del procesamiento de la lista de chequeo por grupos de expertos en la entidad 1.



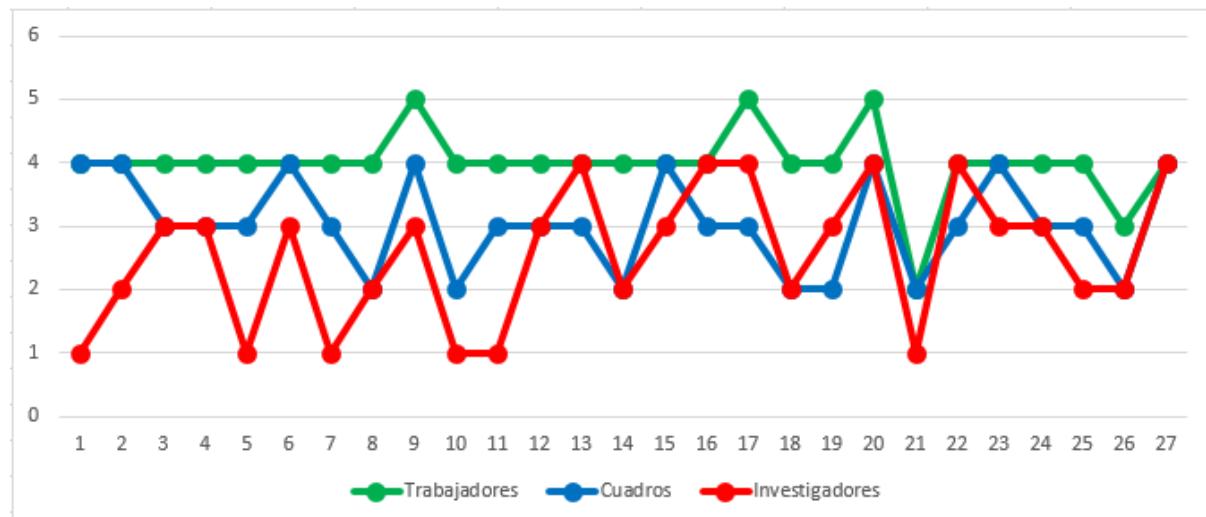
Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Figura 3, los cuadros sobrevaloran cómo se encuentra la entidad en la totalidad de las preguntas de la lista de chequeo, otorgándole mayor puntuación que los trabajadores e investigadores, siendo estos últimos los que otorgan una evaluación más baja. Solamente en las preguntas

1, 13, 17, 19, 21 coinciden los tres grupos en su valoración. Se destaca además la coincidencia entre las valoraciones dadas por los trabajadores e investigadores, que coinciden en el 44%.

De manera similar, este análisis se efectúa para la entidad 2 y los resultados obtenidos se muestran en la Figura 4.

Figura 4. Resultados del procesamiento de la lista de chequeo por grupos de expertos en la entidad 2.



Fuente: Elaboración propia.

En este caso, se mantiene que las evaluaciones más bajas corresponden a las realizadas por los investigadores (67%), coincidiendo éstas con las dadas por los cuadros en el 2,5%. Sin embargo, se puede apreciar que la sobrevaloración en la evaluación de la entidad con relación a las preguntas de la lista de chequeo está por parte de los trabajadores.

Otro análisis se basó en la cantidad de preguntas evaluadas en los diferentes niveles, independientemente de la capa a la que pertenezca y al grupo de expertos evaluadores, de esta forma se llega a conocer la situación de cada entidad. En las Figuras 5 y 6 se muestran respectivamente, los resultados de las entidades 1 y 2.

Según el diagrama de sectores realizado para cada entidad se puede apreciar que los porcentajes mayores de preguntas se ubican, tanto en una entidad como la otra, en los niveles 2 o 3 constituyendo más del 65%, mientras que aproximadamente el 20% de las preguntas se ubican en el nivel 4, no siendo éste un resultado favorable. En lo que respecta al porcentaje restante, se diferencian cualitativamente, estando en la entidad 1 el 14 % en el nivel 5 y en la entidad 2 se ubica el 10% en el nivel 1. Los aspectos donde coinciden evaluaciones más bajas otorgadas por los investigadores corresponden a dos elementos de la planeación estratégica, como son los referidos a la definición de la visión de la organización y de los objetivos estratégicos de la organización y dominio de todos los trabajadores.

Figura 5. Proporción de preguntas por niveles en la entidad 1.

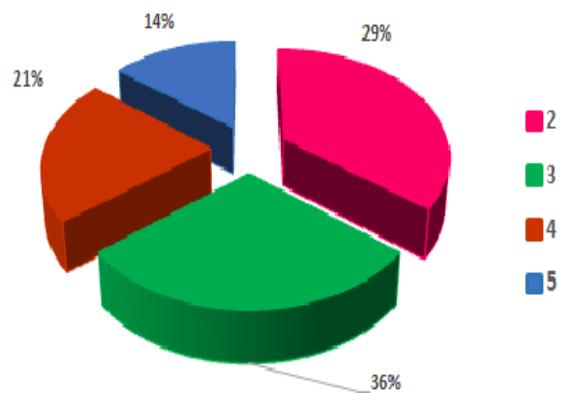
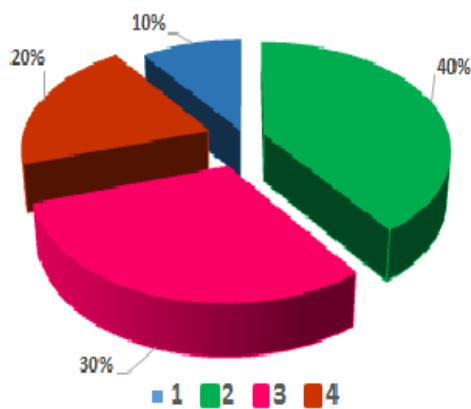


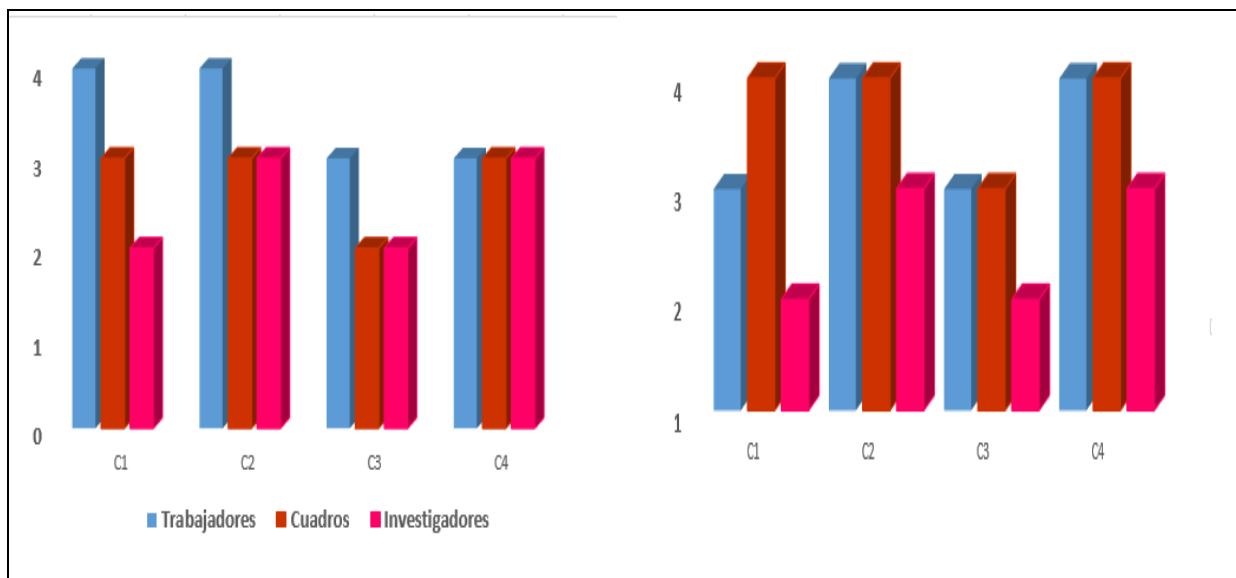
Figura 6. Proporción de preguntas por niveles en la entidad 2.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 7 se muestra cómo quedan evaluadas las capas de acuerdo a cada grupo de expertos, es decir, trabajadores, cuadros e investigadores en las entidades 1 y 2 respectivamente. Las valoraciones más favorables las ofrecen en ambas entidades evaluadores internos a la organización.

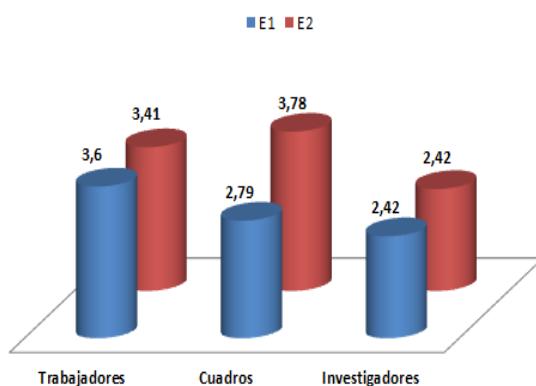
Figura 7. Evaluación de las capas por grupo de expertos en cada entidad.



Fuente: Elaboración propia.

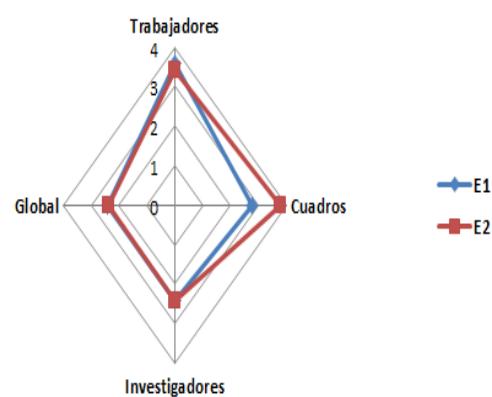
En la Figura 8 se muestran las evaluaciones globales numéricas dadas por cada grupo de expertos en las entidades consideradas, mientras que en la Figura 9 se concentran todas las evaluaciones mostrando los niveles equivalentes a los valores alcanzados.

Figura 8. Valoraciones globales por grupos de expertos y entidades.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Niveles alcanzados en las entidades.



Fuente: Elaboración propia.

Las figuras anteriores muestran de forma resumida las evaluaciones por grupo de experto en cada entidad: la Figura 8 representa el valor de la función suma ponderada (EM) que integra las distintas capas y la Figura 9 ofrece el nivel de madurez alcanzado que corresponde al valor de suma ponderada (recogida en la Figura 8) y atendiendo al intervalo al que pertenece el valor de EM de la escala brindada en la Tabla 5. Debe notarse que, aunque existan diferencias entre algunos valores de EM por grupo de expertos, pueden pertenecer al mismo nivel de madurez pues ésta está dada por intervalos. De esta forma, los EM de los trabajadores difieren en sus valores para cada entidad, pero pertenecen al mismo intervalo (nivel 4), los correspondientes a los cuadros difieren significativamente según la escala definida y conllevan a diferentes niveles para las entidades 1 y 2, con niveles 3 y 4 respectivamente. En cuanto a los EM de los investigadores, coinciden en su valor de 2,42 y nivel 2. Por último, la Figura 9 también brinda el valor EM global considerando los tres grupos de expertos.

4. Conclusiones.

La tecnología propuesta con los enfoques de Arquitectura Empresarial y multicriterio elimina las limitaciones identificadas del procedimiento base, al obtener una evaluación global que integra los resultados de todas las capas consideradas en el diagnóstico. Esto permite visualizar cuál es el estado general de desarrollo de la organización en el proyecto de Arquitectura Empresarial y, con ello, el nivel en el que se encuentra el negocio en su totalidad.

La tecnología tiene un carácter general y es más participativo al tener en cuenta no solamente el criterio de los investigadores externos, sino también la opinión de los trabajadores y cuadros de la organización, que son conocedores del negocio que se está evaluando y que tienen como meta lograr la mejora de la misma.

La propuesta que se realiza muestra el cómo hacer, al presentar los pasos que guían con un enfoque multiexperto-multicriterio el procesamiento de la lista de chequeo, aplicando técnicas de consenso que exigen las decisiones grupales.

La aplicación de la tecnología desarrollada resulta ser efectiva, mostrando su potencialidad para evaluar con carácter integrador sus capas. En este sentido, arrojan que las entidades analizadas están en un nivel 2 de madurez, es decir, tienen conocimiento de la necesidad de aplicar la Arquitectura Empresarial para alinear su negocio con las tecnologías de la información, pero resulta insuficiente lo

logrado en cuanto a su aplicación y gestión. Los resultados más desfavorables están en las capas de negocio e información.

El diagnóstico con esta tecnología hace posible detectar las brechas que constituyen oportunidades de mejora de este proyecto de AE con lo que las organizaciones pueden conducir su quehacer hacia la mejora continua mediante las estrategias pertinentes.

Referencias

- Amaya, C., & Felipe, L. (2008). Modelos de capacidad y madurez y la industria del software en Colombia. *Revista Generación Digital*, 7(2), 1-4.
- Aragonés, P. (1997). *Aproximación a la toma de decisiones multicriterio en proyectos. Implementación de una metodología multicriterio y multiexperto: PRESS II*. (Tesis doctoral no publicada). Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Ávila, B.L. (2018). Modelos de Referencia de Arquitectura Empresarial para la Industria de Educación Superior. *Revista Killkana Técnica*, 2(1), 27-34. DOI: 10.26871/killkana_tecnica.v2i1.288.
- Azim, A.Z., Basiri, M., & Someh, M.F. (2014). A framework for organizational architecture of electronic city and electronic municipality. *European Scientific Journal*, 2(Special Edition), 27-37.
- Bohorquez, J.L., & Hernández, M. (2013, agosto). Utilización del alfa de Cronbach para validar la confiabilidad de un instrumento de medición de satisfacción del estudiante en el uso del software Minitab. En R. Lorán Santos, *Eleventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2013)*, Universidad Quintana Roo, Cancun, Mexico.
- Corral, Y. (2009): Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. *Revista Ciencias de la Educación*, 19, 228-247.
- Cruz, H., & Briceño, W. (2014). Factores relevantes para inicio de arquitecturas empresariales en el sector público colombiano. *Estudio Bibliométrico. Revista Gerencia, Tecnología e Informática*, 13(35), 63-77.
- Cruz, H., & Briceño, W. (2015). Identificación de principios de arquitectura empresarial para la gestión de factores de impacto en entidades públicas colombianas utilizando TOGAF. *Revista Inventum*, 18, 22-28.
- Cuesta, M., & Isaac, C. (2008). Metodología para la mejora de los procesos del sistema de gestión de la calidad de la gerencia de los proyectos de ETECSA. *Revista Ingeniería Industrial*, 29(3), 1-7.
- De Prada, J. et al. (2018). Planificación territorial: elección multicriterio interactivo del patrón de urbanización. Estudio de caso: Río Cuarto, Córdoba, Argentina. *Revista Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 26, 25-51.
- Domínguez, M., et al. (2011). Una revisión crítica para la construcción de indicadores sintéticos. *Revista Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 11, 41-70.
- Durango, C., Quintero, M.E., & Ruiz, C.A. (2015). Metodología para evaluar la madurez de la gestión del conocimiento en algunas grandes empresas colombianas. *Revista Tecnura*, 19(43), 20-36.

- Garrote, R., & Rojas, M.D.C. (2015). La validación por juicio de expertos: dos experiencias cualitativas en Lingüística aplicada. *Revista Nebrija de Lingüística aplicada a la enseñanza de las lenguas*, 9(18), 124-139.
- Garza, R. et al. (2018, octubre). Enfoque multicriterio para evaluar el grado de madurez de un proyecto Arquitectura empresarial. En Y. Palma Díaz, *Convención Internacional Cubaindustria. III Congreso Internacional de Gestión Tecnológica e Innovación Organizacional (GESTEC)*. Organización de las Naciones Unidas para el desarrollo industrial (ONUDI), La Habana, Cuba.
- Gómez, C. (2017, marzo). Modelo de arquitectura empresarial para pequeña y mediana empresa de TI en Colombia. En T. Marlowe. *The 8th International Multi-Conference on Complexity, Informatics, and Cybernetics: IMCIC 2017. Séptima Conferencia Iberoamericana de Complejidad, Informática y Cibernética (CICIC 2017)*, International Institute of Informatics and Systemics, Orlando, EEUU.
- Guerrero, M.D., Gómez, J.A., & Fuet, J.V. (2014). Are Multi-criteria Decision Making Techniques Useful for Solving Corporate Finance problems? A Bibliometric Analysis. *Revista Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 17, 60-79.
- Iglesias, A.M., & Nieto, W. (2015). Un análisis de la adopción de programas de Arquitectura Empresarial en las Organizaciones. *Journal of Engineering and Technology*, 4(1), 62-78.
- Lakhrouit, J., & Baïna, K. (2013, noviembre). State of the art of the maturity models to an evaluation of the enterprise architecture. En Sahbi Sidhom. *3rd International Symposium; Marrakech*, Morocco. IEEE. Recuperado de: <http://sci-hub.cc/10.1109/isko-maghreb>.
- Luftman, J. et al. (2017). Enhancing the measurement of information technology (IT) business alignment and its influence on company performance. *Journal of Information Technology*, 32(1), 26-46.
- Maher, A., & Maysam, F. (2016). Classifiers consensus system approach for credit scoring. *Knowledge Based Systems*, 104, 89-105.
- Malleuve, A., Stuart, M., & Alfonso, D. (2015). Una aproximación hacia la evaluación del nivel de madurez de la arquitectura empresarial. *Revista Cubana de Ingeniería*, 6(3), 33-42.
- Martínez, E. et al. (2019). Diagnóstico del servicio de mantenimiento de grupos electrógenos de emergencia. *Revista Ingeniería Mecánica*, 22(2), 92-99.
- Mettler, T. (2009). *A design science research perspective on maturity models in information systems*. Institute of Information Management, University St Gallen. Recuperado de: <https://www.alexandria.unisg.ch/export/dl/214532.pdf>
- Montaño, O. et al. (2012). Modelo que identifica la madurez de los procesos. Caso: pequeña empresa manufacturera. *Revista DYNA*, 1(1), 131-132.
- Pérez, E., Pérez, I., & Rodríguez, Y. (2014). Modelos de madurez y su idoneidad para aplicar en pequeñas y medianas empresas. *Revista Ingeniería Industrial*, 35(2), 146-158.
- Pérez, E., & Rodríguez, Y. (2014). Procedimiento para la aplicación de un modelo de madurez para la mejora de los procesos. *Revista Cubana de Ingeniería*, 5(2), 29-39.

Portella, R. et al. (2016). Modelo de madurez en gestión para organizaciones del tercer sector. *Revista del CLAD Reforma y Democracia*, 66, 195-224.

Röglinger, M. et al. (2011). Maturity models in business process management. *Business Process Management Journal*, 18(2), 328-346.

Suárez, P., Villar, L., & Infante, M. (2017). Análisis del modelo de madurez de arquitectura empresarial. *Revista Cubana de Ingeniería*, 8(3), 9-16.

Suárez, P., & Jiménez, L., (2016). *Tecnología para diagnóstico de Sistema de Información de Gobierno basado en enfoque de Arquitectura Empresarial* (Tesis de grado no publicada), Universidad Tecnológica de La Habana (CUJAE).