

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**ESCUELA DE POSGRADO**



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

**“ARQUITECTURAS DE MODELOS DE MADUREZ  
ORGANIZACIONAL: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA  
LITERATURA”**

**Artículo Publicable para optar el grado de Magíster en  
Informática con mención en Ingeniería de Software**

**AUTOR**

**VIVIANA FRANSHESCA SAAVEDRA ROTTA**

**ASESOR**

**MG. ABRAHAM ELISEO DÁVILA RAMÓN**

**JURADO**

**DR. HÉCTOR ANDRÉS MELGAR SASIETA  
MG. LUIS ALBERTO FLORES GARCÍA**

**LIMA – PERÚ  
2015**



*A mis padres Juan José y Rosalva.  
A mis hermanos Mónica, Juan José y Pablo Martín.*

## Agradecimientos

A mi asesor, el profesor Abraham Dávila, por sus enseñanzas y recomendaciones, por su paciencia y su apoyo constante en la realización de este trabajo, por su disposición para absolver mis dudas, y en especial, por su tiempo dedicado a mi orientación.

A la Mg. Karin Melendez y al Dr. Marcelo Pessoa, por sus recomendaciones y por la gentileza de haber dedicado su tiempo a la revisión de mi trabajo.

A mis profesores de la Maestría, por las enseñanzas que he recibido en todo el tiempo de estudios.

A mi familia, por su amor, confianza y constante apoyo en todos mis emprendimientos.

A Dios y a la Virgen María, porque siempre están conmigo y me dan fuerzas para seguir adelante.

A todas aquellas personas que de una u otra forma me dieron ánimos para culminar el presente trabajo.

## Arquitecturas de Modelos de Madurez Organizacional: Una revisión sistemática de la literatura

Viviana Saavedra<sup>1</sup>, Karin Melendez<sup>2</sup>, Abraham Dávila<sup>2</sup>, y Marcelo Pessoa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Graduados, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú  
v.saavedra@pucp.pe

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú  
kmelendez@pucp.pe, abraham.davila@pucp.edu.pe

<sup>3</sup>Escuela Politécnica, Universidad de Sao Paulo, Sao Paulo, Brasil  
mpessoa@usp.br

**Abstract.** (ANTECEDENTES) La proliferación de modelos de madurez organizacional en el dominio de la ingeniería de software y su adaptación a otros dominios está generando confusión en la industria y la academia. Los cambios introducidos en las adaptaciones tienen origen en esquemas de categorización de organizaciones existentes en estos dominios distintos al de la ingeniería de software. Esta situación genera desconcierto y demoras en la adopción y evolución de los modelos de madurez organizacional. (OBJETIVOS) En este estudio se identifica los enfoques arquitecturales usados en el desarrollo de modelos de madurez organizacional para diferentes dominios y las características relevantes de estas arquitecturas. (MÉTODOS) Se realizó una revisión sistemática de la literatura en las bases de datos reconocidas sobre arquitecturas usadas en el desarrollo de modelos de madurez organizacional. (RESULTADOS) Se identificó 70 estudios que describen la arquitectura de modelos de madurez organizacional para diferentes dominios, predominando tecnologías de la información e ingeniería de software como ámbitos de aplicación; sin embargo también se encontró estudios relacionados a otros contextos como construcción, logística, educación y sistemas médicos. Los modelos de madurez encontrados en los estudios fueron agrupados en ocho tipos de arquitecturas. (CONCLUSIONES) Se encontró que la arquitectura del modelo CMMI y las arquitecturas basadas en modelo de progresión son las más usadas en los estudios. Se encontró además que las arquitecturas de los modelos de madurez del ámbito de la ingeniería de software y sistemas pueden emplearse como base para definir modelos de madurez organizacional para otros campos de aplicación de la industria con cambios menores.

**Keywords:** Modelo de Madurez, Madurez Organizacional, Arquitectura de Modelos de Madurez, Desarrollo de Modelos de Madurez, Adaptación de Modelos de Madurez.

## 1 Introducción

El concepto de madurez de procesos tiene su origen en el movimiento de gestión de calidad total surgido a finales de la década de los 80, donde se mostró que el incremento en el nivel de madurez de un proceso produce mejoras en su rendimiento [1], [2]. Más tarde, a principios de los 90 [3], el Instituto de Ingeniería de Software (SEI - Software Engineering Institute) de la Universidad Carnegie-Mellon formalizó este concepto para la industria de software con la publicación del modelo de capacidad y madurez para software (Software CMM, por las siglas en inglés de Software Capability Maturity Model) [3] que tuvo mucha aceptación y mediante el cual el concepto original de madurez de procesos evolucionó para convertirse en una forma de medir la madurez de una organización [1], [2]. Desde entonces una variedad de modelos de madurez se han derivado a partir de CMM [3], [4], [5], [6] entre los que se incluye People CMM [3], [4], Systems Engineering CMM, System Security CMM [3] y el modelo CMMI (Capability Maturity Model Integration), evolución de CMM, que integra varios modelos en uno solo (CMM for Software, Systems Engineering CMM e Integrated Product Development CMM) [3].

En la literatura se ha identificado un gran número de modelos de madurez, la mayoría dirigidos a negocios del ámbito de la ingeniería de software y tecnologías de información. Aunque también cobra importancia la cantidad de modelos desarrollados para otras disciplinas y contextos de la industria [7], como gestión de proyectos [4], [5], gestión de conocimiento [4], sector educación [8], sector construcción, área médica, aseguramiento de calidad [5], recursos humanos [9], entre otros [10]; así como también varias adaptaciones realizadas para propósitos o modelos de negocio específicos.

Esta proliferación de modelos de madurez y el incremento de publicaciones sobre el tema están generando confusión en la industria y en la academia respecto a las características de cada propuesta [7], [11]. Ante la creciente diversidad de opciones, las organizaciones pueden encontrar dificultades para entender e interpretar estos modelos cuando por exigencias del mercado o de las regulaciones tengan necesidad de adoptar más de un modelo de madurez a la vez [5].

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar los modelos de madurez organizacional a fin de entender su arquitectura. Este artículo está organizado como sigue: la Sección 2 presenta el marco conceptual; la Sección 3 describe algunos trabajos relacionados; la Sección 4 explica la revisión sistemática de la literatura (RSL) como método de investigación; la Sección 5 reporta los resultados de la revisión; y la Sección 6 presenta las conclusiones y trabajos futuros.

## 2 Marco Conceptual

En esta sección se presentará algunas definiciones del concepto madurez organizacional, así como la definición del término arquitectura aplicado en el contexto de procesos, y su importancia como variable de impacto en los resultados de un determinado proceso. Además se menciona los elementos que componen un modelo de ma-

durez y dos clasificaciones de modelos de madurez realizadas en base a componentes de su arquitectura. También se revisa el estándar ISO/IEC 15504-7 como marco de referencia para la definición de modelos de madurez. Los temas presentados en esta sección servirán de contexto para plantear las preguntas de investigación y para definir los términos principales a ser usados en la presente RSL.

## 2.1 Madurez Organizacional

En el estudio de Mettler [12] se interpreta la definición de madurez como una evolución continua en el logro de capacidades u objetivos específicos. Paulk et al. [13] definen la madurez como el grado en el que los procesos de una organización son definidos, gestionados, medidos y controlados de manera explícita. Indican también que la madurez no solo supone el aumento de la capacidad de los procesos, sino que es un indicador de calidad y de consistencia respecto a su ejecución en toda la organización. Al respecto, Andersen y Jessen [14] definen la madurez como el estado en el cual una organización se encuentra en la condición perfecta para alcanzar sus objetivos y la explican en términos de tres dimensiones: acción, actitud y conocimiento.

Wendler [7] describe el significado de madurez como la plenitud o perfección del desarrollo o crecimiento de una entidad. Respecto a determinar cuándo se alcanza esa plenitud de desarrollo, menciona dos perspectivas existentes desde las primeras publicaciones sobre madurez: la del ciclo de vida y la del rendimiento potencial. En la perspectiva del ciclo de vida, una organización evoluciona con el tiempo y, gracias a los efectos de mejoras y aprendizaje, pasa de manera automática por todos los estados de crecimiento definidos hasta alcanzar el estado final que representa la perfección, llamado madurez [7]. En la perspectiva del rendimiento potencial también se definen estados de crecimiento, siendo el último estado el que representa la perfección [7]; pero a diferencia de la primera perspectiva, no se describe como un ciclo de vida sino que expone las capacidades que resultan de un nivel de madurez mayor, siendo la organización la que decide si pasa a una siguiente etapa. Dado que el objetivo de este estudio son los modelos de madurez organizacional, se adoptada la definición dada por Paulk et al. [13], por ser la que de manera concreta está relacionada con la calidad de los procesos de una organización.

## 2.2 Arquitectura de Procesos

Hilliard [15] define de manera estándar el término arquitectura para el dominio de la ingeniería de software como la “organización fundamental de un sistema representado por sus componentes, la relación que existe entre ellos y su entorno, y los principios que rigen su diseño y evolución”. Por otro lado, el equipo de trabajo de CMMI [16] define el término proceso como “un conjunto de actividades interrelacionadas, que transforman entradas en salidas, para lograr un objetivo determinado”.

En un contexto más específico, el equipo de trabajo de CMMI [16] se refiere a la arquitectura de procesos como la descripción de las actividades de un proceso y las relaciones de orden, de comunicación y de interdependencia entre los elementos del proceso, incluyendo las relaciones con procesos externos. Según esta definición, la

interrelación entre los elementos (p.ej. actividades, roles o productos de trabajo) de un proceso estándar se rige por su arquitectura [16]. Los elementos de proceso del conjunto de procesos estándar implementados por una organización pueden estar interconectados por una o más arquitecturas según el tipo de proceso (organizacional, técnico, de gestión, administrativo o de soporte) [16]. En relación con la mejora continua, establecer una arquitectura de proceso es una acción clave para avanzar hacia el nivel de madurez en el cual la organización cuenta con procesos definidos [17].

Browning y Eppinger [18] definen arquitectura de proceso como “las actividades del proceso y su patrón de interacción”, y explican su importancia comparándola con la arquitectura de un producto. De la misma forma que arquitecturas de producto diferentes producen variaciones en la capacidad y eficacia del producto, emplear arquitecturas de proceso diferentes tienen impacto en el costo, duración y riesgos del proceso [18]. Entonces, comparar varias alternativas de arquitecturas de procesos es de utilidad para encontrar el término medio en lo que se refiere a costo, duración y riesgos para un determinado proceso [18].

### 2.3 Tipos de modelos de madurez

En su forma más simple los modelos de madurez tienen el objetivo de proporcionar una referencia para describir los logros alcanzados por una organización [19]. Para esto, los modelos de madurez representan la evolución escalonada de un conjunto de componentes (atributos, características, patrones o prácticas) desde un estado inicial hacia otro estado más avanzado (maduro) [19].

Según el estudio de Fraser et al. [20], los componentes que pueden estar presentes en un modelo de madurez son: (i) una cantidad de niveles de madurez; (ii) un descriptor para cada nivel; (iii) una descripción general de las características de cada nivel; (iv) una cantidad de dimensiones que se van a evaluar; (v) una cantidad de elementos o actividades por cada dimensión; y (vi) una descripción de cada elemento o actividad y cómo deben ejecutarse en cada nivel de madurez.

Teniendo en cuenta los componentes que son evaluados, Caralli [19] describe tres tipos de modelos de madurez:

- **Modelos de progresión** (Progression Models). Este tipo de modelos representan la evolución simple de un elemento (atributos, características, patrones o prácticas) a lo largo de los niveles del modelo. Esta evolución indica el progreso de la madurez.
- **Modelos de madurez de capacidad** (Capability Maturity Models). En este tipo de modelos la dimensión que se mide representa la capacidad de la organización en relación a un conjunto de elementos (atributos, características, patrones o prácticas). La transición entre cada estado del modelo indica la evolución de la capacidad de una organización en relación al objeto de estudio del modelo de madurez.
- **Modelos híbridos** (Hybrid Models). Este tipo de modelos se representa la evolución de un elemento (atributos, características, patrones o prácticas), como el caso de los modelos de progresión, pero la transición entre cada estado es de características similares al del modelo de madurez de capacidad.

Por otro lado, Van Steenberg et al. [21], consideran la organización de los componentes en la escala de evolución y definen tres tipos básicos:

- **Modelo por etapas con niveles fijos** (Staged fixed-level models). Caracterizado por una cantidad fija de niveles de madurez, comúnmente 5. Para cada nivel se define una cantidad específica de áreas clave. Para que la organización alcance un nivel, requiere haber implementado satisfactoriamente todas las áreas clave definidas para ese nivel.
- **Modelo continuo con niveles fijos** (Continuous fixed-level models). También se caracteriza por tener una cantidad fija de niveles de madurez, usualmente 5, y una cantidad de áreas clave. A diferencia del modelo por etapas, en este modelo las áreas clave no se atribuyen a ningún nivel, sino que los niveles de madurez se distinguen en cada una de las área clave.
- **Modelo orientado a áreas clave** (Focus Area Oriented Models). En este tipo no se define una cantidad fija de niveles de madurez en general, sino que cada área clave tiene una cantidad específica de niveles de madurez. El nivel de madurez general de la organización se expresa como la combinación de los niveles de las áreas clave.

#### 2.4 Estándar ISO/IEC 15504-7 – Evaluación de Madurez Organizacional

El estándar ISO/IEC 15504 Information technology - Process assessment, es un estándar para evaluación de procesos, el cual puede ser usado por una organización en dos contextos: mejora de procesos y determinación de la capacidad de los procesos [22]. Este estándar fue desarrollado originalmente como parte del proyecto SPICE (Software Process Improvement and Capability dEtermination), y su primera versión fue publicada en 1998 como reporte técnico [23].

Actualmente el estándar ISO/IEC 15504 se compone de diez partes, de las cuales la parte 7 (ISO/IEC 15504-7:2008 Information technology – Process assessment Part 7: Assessment of organizational maturity) proporciona una guía para realizar la evaluación de la madurez organizacional y además define los requisitos para lo siguiente [24]:

- Construir modelos de madurez organizacional. De acuerdo a este estándar, un Modelo de Madurez Organizacional se basa en uno o más Modelos de Evaluación de Procesos (PAM, por las siglas en inglés de Process Assessment Model) específicos, y aborda los contextos de uso de los correspondientes Modelos de Referencia de Procesos (PRM, por las siglas en inglés de Process Reference Model).
- Llevar a cabo una evaluación de madurez organizacional, que se inicia con la evaluación de los procesos según lo especificado en la parte 2 del estándar ISO/IEC 15504 para luego, en base al conjunto de perfiles de capacidad de proceso establecidos para la organización, determinar la calificación de madurez organizacional según lo definido por el modelo de madurez organizacional construido en base a ISO/IEC 15504-7.
- Verificar la conformidad de las evaluaciones de madurez organizacional

### 3 Trabajos Relacionados

En una revisión preliminar del estado del arte se encontró las siguientes revisiones y mapeos sistemáticos relacionados al tema del presente estudio. Becker, Knackstedt, y Pöppelbuß [25] realizaron un análisis de 51 modelos de madurez de los cuales escogieron 6 como referencia para proponer un modelo para el diseño de modelos de madurez para gestión de TI. El estudio de von Wangenheim et al. [5] presenta una revisión sistemática donde se identifica 52 modelos de capacidad/madurez relacionados a procesos software, encontrándose que la mayoría de éstos han sido desarrollados en base a SW-CMM, ISO/IEC 15504 (SPICE) y CMMI-DEV. La revisión sistemática de García-Mireles, Moraga y García [26] se enfoca en descubrir y analizar los métodos existentes y las prácticas recomendadas para el desarrollo de modelos de madurez. Helgesson, Höst, y Weyns [27] realizaron un mapeo sistemático que resume los métodos encontrados en la literatura para evaluar modelos de madurez para mejora de procesos, siendo éstos clasificados según un esquema propuesto en el estudio, basado en la experiencia de los autores de los modelos en el campo de aplicación. El mapeo sistemático de Wendler [7] presenta una visión global sobre los temas de investigación, dominios de aplicación y en especial sobre el proceso de desarrollo y validación de modelos de madurez en estudios realizados hasta el año 2010. La mayoría de estos estudios abarcan solo un dominio particular y su enfoque está limitado al análisis del método empleado en el desarrollo o evaluación de modelos de madurez, a diferencia de la presente revisión que pretende enfocarse en las características de la arquitectura de los modelos de madurez para diferentes dominios.

Otros estudios relacionados se mencionan a continuación. De Bruin et al. [4] proponen una metodología genérica para el desarrollo de modelos de madurez, la cual es aplicada en el desarrollo de dos modelos de los dominios de Gestión de Procesos de Negocio (BPM) y Gestión del Conocimiento (KM). Khoshgoftar y Osman [28] realizaron una comparación entre modelos de madurez de gestión de proyectos en base a 27 variables comunes a los modelos analizados. El estudio de Mettler, Rohner y Winter [11] presenta un sistema de clasificación de modelos de madurez para sistemas de información (IS), basado en tres perspectivas: (1) atributos generales del modelo de madurez, (2) diseño del modelo, donde se propone atributos pertenecientes a la construcción y organización del modelo de madurez, y (3) uso del modelo de madurez. Kohlegger, Maier, y Thalmann [10] realizaron una comparación entre 16 modelos de madurez mediante análisis de contenido, proponiendo luego una lista de verificación que puede ser usada en el diseño de modelos de madurez. Estos estudios tratan sobre atributos de los modelos de madurez que describen su arquitectura, sin embargo abarcan un dominio de aplicación limitado, por lo tanto no cubren el propósito de la presente revisión.

Por otro lado, en el estudio presentado por Halvorsen y Conradi [29], se propone una taxonomía basada en 25 características relevantes que son usadas para realizar la comparación de seis modelos de mejora de procesos de software (TQM, CMM v1.1, ISO 9000, ISO/IEC 15504 (SPICE), QIP/EF/GQM, and SPIQ). En un estudio posterior, Paulk [30] presenta una taxonomía de modelos de mejora con la que pretende ayudar a comprender los conceptos subyacentes y la arquitectura de un rango más

amplio de modelos y estrategias de mejora. Ambos estudios mencionan características de la arquitectura de los modelos de mejora, sin embargo no se encuentran enfocados directamente en modelos de madurez organizacional, por lo tanto tampoco cubren el propósito de la presente revisión.

## 4 Definición de la Revisión Sistemática de la Literatura

La Revisión Sistemática de la Literatura (RSL) es una técnica de investigación que permite identificar, evaluar e interpretar todos los estudios disponibles que son relevantes para un determinado tema de investigación mediante el uso de una metodología rigurosa, confiable y verificable [31], y que ha tenido gran aceptación en el campo de la ingeniería de software [32]. Según las pautas dadas por Kitchenham y Charters [31] la RSL involucra una serie de tareas secuenciales que es necesario realizar de manera iterativa y son agrupadas en 3 grandes fases: (i) planear la revisión, (ii) ejecutar la revisión y (iii) reportar la revisión. Las tareas que fueron realizadas por cada una de las fases se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Fases seguidas en la Revisión Sistemática de la Literatura (adaptado de [31])

Planear la Revisión	Identificar la necesidad de una revisión. Especificar las preguntas de investigación. Definir el protocolo de la revisión.
Ejecutar la Revisión	Identificar la investigación. Seleccionar los estudios primarios. Evaluar la calidad de los estudios. Extraer los datos relevantes Realizar la síntesis de los datos
Reportar la Revisión	Elaborar el reporte principal de la revisión.

### 4.1 Identificar la Necesidad de la Revisión

Identificar los enfoques arquitecturales que son empleados en el desarrollo de modelos de madurez será una contribución para quienes deseen conocer las características de estas arquitecturas como punto de partida para investigaciones posteriores tales como análisis comparativo entre modelos de madurez, estudio de la evolución de los modelos de madurez o taxonomía de modelos de madurez, que ayuden a los profesionales de diferentes dominios de la industria a entender las similitudes y diferencias que existen entre estos modelos a nivel de su arquitectura, para elegirlos y aplicarlos apropiadamente.

Considerando lo expresado al inicio de esta sección, y tomando como base la plantilla para elaborar objetivos de Goal-Question-Metrics [33], como se muestra en la Tabla 2, el presente trabajo tiene como objetivo estudiar los modelos de madurez organizacional a fin de entender su arquitectura desde el punto de vista de los profesionales de gestión de procesos en el contexto de la exigencia del mercado, preocupados por la confiabilidad de los procesos en las organizaciones.

## 4.2 Formular las Preguntas de Investigación

Para definir las preguntas de investigación se tomó como base el objetivo del estudio propuesto en la Sección 4.1. En la Tabla 3 se presenta las preguntas de investigación y la motivación para cada una de ellas.

Además, en la Tabla 4 se incluye preguntas de bibliometría que ayudarán a mostrar un panorama respecto a la evolución de los estudios en el tiempo y a su distribución según tipo de estudio y publicación. Estas preguntas fueron formuladas tomando como referencia los trabajos de Wendler [7] y Ameller et al. [34].

**Tabla 2.** Elaboración del objetivo de la investigación mediante GQM

Campo	Valor
Objetivo	Modelos de madurez de procesos organizacional
Propósito	Entender
Foco	Enfoques de arquitectura
Involucrados	Profesionales de gestión de procesos
Contexto	Exigencia del mercado por la confiabilidad de los procesos en las organizaciones

**Tabla 3.** Preguntas de investigación y su motivación

Id	Pregunta	Motivación
PI-1	¿Qué elementos componen la arquitectura de un modelo de madurez?	Identificar las características principales de la arquitectura de los modelos de madurez que ayuden a entender su aplicación.
PI-2	¿Cuáles son las principales similitudes y diferencias entre las arquitecturas identificadas?	Comparar las arquitecturas identificadas para determinar si existe cobertura entre ellas.
PI-3	¿Hay cobertura entre las arquitecturas de modelos de madurez del dominio de ingeniería de software y sistemas con las de otros dominios?	Identificar cómo han evolucionado las arquitecturas del dominio de la ingeniería de software y sistemas aplicadas a otros dominios.

**Tabla 4.** Preguntas de bibliometría

Id	Pregunta	Motivación
PB-1	¿Cómo ha evolucionado en el tiempo la cantidad de publicaciones sobre este tema?	Establecer una línea de tiempo de la evolución de los estudios relacionados al tema de arquitecturas de modelos de madurez.
PB-2	¿Cuál es la distribución de los estudios por tipo de artículo?	Identificar el tipo de publicación que concentra la mayor cantidad de estudios sobre este tema.
PB-3	¿En qué publicaciones (revistas y/o eventos) se han encontrado estudios sobre este tema?	Identificar el dominio de aplicación que concentra la mayor cantidad de estudios sobre este tema.

### 4.3 Definir el Protocolo de la Revisión

Según la guía para RSL de Kitchenham y Charters [31], el protocolo de la revisión es una especificación formal de los métodos que serán usados para llevar a cabo una revisión sistemática específica, y que debe ser definido claramente para reducir la posibilidad de sesgos durante la investigación. En esta sección se detallará el protocolo de revisión definido para este estudio.

**Elaboración de la Cadena de Búsqueda.** La elaboración de las cadenas de búsqueda se realizó empleando la estrategia PICO propuesta por da Costa Santos et al. [35]. Mediante un proceso iterativo se realizaron algunos ajustes a las cadenas de búsqueda en base a los resultados obtenidos en las bases de datos consultadas a modo de comprobación inicial. La estrategia PICO empleada se describe a continuación.

- **Población:** Modelos de madurez organizacional.
  - Término principal 1: modelo de madurez
  - Términos alternos: CMM, CMMI, 15504-7
  - Justificante: el término principal proviene del objeto de estudio. Los términos alternos se consideran por ser los modelos de evaluación de madurez de mayor uso en la industria.
  - Término principal 2: madurez organizacional
  - Términos alternos: perfil organizacional, perfil de madurez
  - Justificante: el término principal proviene del objeto de estudio. Los términos alternos se consideran por representar el objeto que se evalúa para determinar el nivel de madurez de una organización.
- **Intervención:** Arquitecturas de modelos de madurez
  - Término principal: arquitectura
  - Términos alternos: estructura, taxonomía, configuración, constitución
  - Justificante: el término proviene del foco del estudio, pues se busca determinar los elementos que componen el modelo, así como su organización y su interrelación. Los términos alternos se consideran por ser equivalentes al principal, pues representan maneras de organizar o explicar los elementos de un todo.
- **Comparación:** Usado para identificar un patrón o referencia para ser comparada con lo que se obtiene en la búsqueda. En esta RSL no ha sido tomada en cuenta pues no se va a realizar contraste respecto de algún patrón.
- **Resultado:** Propuestas de arquitecturas de modelos de madurez
  - Término principal 1: descripción
  - Términos alternos: caracterización, documentación, especificación, mapeo
  - Justificante: el término principal se considera porque interesa encontrar la descripción detallada de las arquitecturas de modelos de madurez. Los términos alternos son sinónimos del principal.
  - Término principal 2: modelo
  - Términos alternos: esquema, patrón
  - Justificante: el término principal se considera por ser un modo usado para representar una arquitectura. Los términos alternos son sinónimos del principal.

- **Contexto:** En esta RSL no se ha tomado en cuenta el contexto ya que se buscan arquitecturas de modelos de madurez organizacional de todos los ámbitos donde sea posible, sin limitarse al contexto de la ingeniería de software.

El diseño de los estudios considerado en esta RSL incluye estudios empíricos y no empíricos. La cadena de la RSL se desarrolló en inglés pues es el idioma más usado en las bases de datos digitales consideradas.

A partir de los términos descritos en la etapa de elaboración de las cadenas de búsqueda, mediante el uso de operadores booleanos fueron definidos los términos de búsqueda para cada uno de los componentes de la estrategia PICO, tal como se muestra en la Tabla 5. Según lo indicado por da Costa Santos et al. [35], estos términos fueron relacionadas mediante operadores booleanos de la siguiente manera: (Población) AND (Intervención) AND (Comparación) AND (Resultado) para obtener la cadena de búsqueda final. Esta cadena fue insertada en los cuadros de búsqueda disponibles en las bases de datos para proceder con la localización de estudios relacionados al tema de interés de la presente RSL. Para algunas bases de datos fue necesario realizar ajustes en la cadena final para que tenga compatibilidad con las opciones particulares de búsqueda.

Se realizó una búsqueda semi-automática en las bases de datos previamente seleccionadas de acuerdo a su relevancia en el ámbito científico, limitándose la búsqueda a artículos provenientes de revistas científicas y ponencias de conferencias de estas bases de datos. Los libros fueron excluidos de las búsquedas en las bases de datos que cuentan con opciones de refinamiento de búsqueda por tipo de documento.

**Tabla 5.** Términos en inglés y conectores lógicos para la búsqueda

Concepto	Términos en inglés
Población	"maturity model" OR CMM OR CMMI OR "15504-7" OR "organizational maturity" OR "organizational profile" OR "maturity profile"
Intervención	architecture OR structure OR taxonomy OR configuration OR constitution
Comparación	--
Resultado	description OR characterization OR documentation OR specification OR scheme OR model OR pattern OR map

**Criterios de Selección de Estudios.** Una vez realizada la búsqueda, los estudios deben ser evaluados para determinar su relevancia. Los criterios de selección tienen la finalidad de identificar los estudios primarios que proporcionan evidencia directa para responder las preguntas de investigación [31] mediante el análisis del título, resumen, palabras clave y en algunos casos la revisión de la introducción y las conclusiones. A continuación se presentan los criterios de selección definidos para esta RSL, los cuales fueron refinados durante el proceso de búsqueda.

Los criterios de inclusión considerados son:

- CI.1. Se aceptará los artículos que pertenecen a bases de datos indexadas o a la base de datos del Instituto de Ingeniería de Software (SEI).
- CI.2. Se aceptará los artículos provenientes de revistas científicas y ponencias de conferencias de organizaciones especializadas en el tema de la RSL.
- CI.3. Se aceptará los estudios que en su contenido describan la arquitectura de algún modelo de madurez organizacional para cualquier dominio.

Los criterios de exclusión considerados son:

- CE.1. Estudios cuyo título no esté relacionado con el tema de la RSL.
- CE.2. Estudios que teniendo palabras relevantes en el título, el contenido del resumen y/o del artículo no esté relacionado con el tema de la RSL.
- CE.3. Artículos que estén en idiomas distintos al inglés o español.
- CE.4. Estudios que traten de modelos de madurez pero que no incluyan la especificación de la arquitectura de ningún modelo.
- CE.5. Artículos duplicados.
- CE.6. Artículos contenidos en otros sucesivos que cubran un mismo tema de estudio, solo se considerará la versión del artículo que esté más completa.
- CE.7. Libros, los estudios secundarios, terciarios, los resúmenes de conferencias y artículos de periódicos.

No se ha o se ha establecido límite de tiempo para la selección de estudios ya que se busca abarcar la mayor cantidad de artículos que ayuden a tener una visión sobre la evolución de los estudios a lo largo del tiempo.

Para la selección de los estudios se tomaron en cuenta las bases de datos listadas a continuación, por ser las de mayor relevancia en el ámbito científico y porque ofrecen gran contenido de revistas científicas de alto impacto y ponencias de conferencias, que cubren el tema de interés de la presente RSL.

- EBSCOhost Web (<http://search.ebscohost.com>)
- Emerald Insight (<http://www.emeraldinsight.com>)
- IEEE Xplore (<http://www.ieee.org/web/publications/xplore/>)
- ProQuest (<http://www.proquest.com>)
- ScienceDirect (<http://www.sciencedirect.com>)
- Scopus (<http://www.scopus.com>)
- Web of Science (<http://www.webofknowledge.com>)
- Wiley Online Library (<http://onlinelibrary.wiley.com>)

Se consideró también la base de datos del SEI (<http://resources.sei.cmu.edu/library/>), ya que proporciona gran cantidad de documentos especializados en investigación en el campo de gestión de procesos de software, y por ser una de las instituciones originalmente encargada del mantenimiento de los modelos CMM for Software y CMMI, que son referencias relevantes para la presente RSL.

**Procedimiento Para Selección de Estudios.** El proceso seguido para la selección de estudios relevantes de esta RSL abarcó las etapas descritas a continuación:

- **Primera etapa.**- Se obtuvo los artículos potencialmente relevantes en las bases de datos seleccionadas mediante las cadenas de búsqueda definidas con la estrategia PICO y los criterios de inclusión y exclusión indicados en la Tabla 6. Las referencias de los artículos encontrados fueron guardadas en formato BibTex, y se usó la aplicación Zotero (<https://www.zotero.org/>), herramienta (gratuita) de procesamiento de citas y bibliografía, para facilitar la exportación de las referencias en formato .csv para su revisión en las siguientes etapas.
- **Segunda etapa.**- Se revisaron los títulos de los estudios encontrados para excluir los que no fueran relevantes según los criterios de exclusión indicados en la Tabla 6. Sólo fueron excluidos los artículos claramente no relevantes, manteniendo como candidatos los artículos que causaban duda.
- **Tercera etapa.**- Se revisaron los resúmenes de los estudios resultantes de la segunda etapa para excluir los que no fueran relevantes según los criterios de exclusión indicados en la Tabla 6. Sólo fueron excluidos los artículos claramente no relevantes, manteniendo como candidatos los artículos que causaban duda.
- **Cuarta etapa.**- Se realizó una revisión preliminar del contenido de los estudios resultantes de la tercera etapa, poniendo atención a la introducción y conclusiones, para obtener los estudios relevantes según los criterios de inclusión y exclusión indicados en la Tabla 6.
- **Quinta etapa.**- Se obtuvieron los estudios primarios

**Esquema de Evaluación de la Calidad de Estudios.** Según lo recomendado en la guía para elaboración de RSL de Kitchenham y Charters [31], se definió una lista de comprobación de 6 criterios para evaluar la calidad de los estudios (Tabla 7), los cuales fueron adaptados del trabajo de Williams y Carver [36]. Para la evaluación individual de los estudios, por cada criterio se utilizó la siguiente escala de puntuación tomada del estudio de Rouhani et al. [37]: Sí cumple (S) = 1, Cumple parcialmente (P) = 0.5, No cumple (N) = 0, obteniéndose de esa forma una calificación entre 0 y 6 por cada estudio.

**Tabla 6.** Procedimientos y criterios de selección

Procedimiento	Criterio de selección
Primera etapa	CI.1, CI.2 CE.5, CE.7
Segunda etapa	CE.1, CE.3, CE.7
Tercera etapa	CE.2, CE.3, CE.4, CE.6, CE.7
Cuarta etapa	CI.3 CE.2, CE.3, CE.4, CE.6

**Tabla 7.** Lista de comprobación de la calidad de estudios

Ítem	Criterio de calidad del estudio
1.	<p>¿El método empleado en el estudio está documentado apropiadamente?</p> <p>S: El método empleado está documentado apropiadamente. P: Se menciona el método pero no está documentado. N: No se menciona el método empleado.</p>
2.	<p>¿El dominio de aplicación para el cual se realizó el estudio está descrito claramente?</p> <p>S: El dominio de aplicación está descrito en detalle. P: Se menciona el dominio de aplicación pero no se describe en detalle. N: No se menciona el dominio de aplicación.</p>
3.	<p>¿El estudio aborda las amenazas?</p> <p>S: Los mecanismos para abordar las amenazas son descritos en detalle. P: Se menciona las amenazas pero no se describe los mecanismos para abordarlas. N: No se mencionan amenazas.</p>
4.	<p>¿Las limitaciones del estudio están documentadas claramente?</p> <p>S: Las limitaciones son explicadas en detalle. P: Se menciona las limitaciones pero no se describen en detalle. N: No se mencionan limitaciones.</p>
5.	<p>¿Se mencionan aportes del estudio para las comunidades científica, académica o para la industria?</p> <p>S: Los aportes del estudio son descritos claramente. P: Se menciona aportes pero no se describen en detalle. N: No se mencionan aportes.</p>
6.	<p>¿Los hallazgos contribuyen a dar respuesta a las preguntas de investigación?</p> <p>S: Los hallazgos contribuyen a dar respuesta a todas las preguntas de investigación. P: Los hallazgos contribuyen a dar respuesta a algunas preguntas de investigación. N: Los hallazgos no contribuyen a dar respuesta a las preguntas de investigación.</p>

**Estrategia Para la Extracción de los Datos.** Para extraer la información relevante que contribuya a responder a las preguntas de investigación formuladas en esta RSL, se diseñó un formulario tomando en cuenta las pautas indicadas por Genero et al. [38], mediante el cual se extrajo la información de los estudios primarios seleccionados. El detalle de la información extraída se muestra en la Tabla 8.

**Estrategia Para la Síntesis de los Datos.** Se optó por realizar una síntesis narrativa en base al marco de trabajo desarrollado por Popay et al. [39], considerándose para la síntesis los siguientes elementos:

- Desarrollar una síntesis preliminar de los resultados encontrados en los estudios primarios. Para esto se aplicaron las siguientes técnicas descritas en la guía para síntesis narrativa [39]:

- Tabulación de datos: Haciendo uso del formulario de extracción de datos presentado en la sección anterior se realizó una descripción inicial de las características y resultados encontrados en los estudios incluidos en la RSL [39].
- Agrupación de estudios: Se examinaron los datos tabulados para determinar la presencia de grupos de estudios con características predominantes que sirvieran de base para organizar la síntesis [40].
- Conteo de votos: Fue usado como herramienta descriptiva de patrones encontrados a lo largo de los estudios incluidos [39].
- Explorar las relaciones dentro y entre los estudios. Las primeras abarcan las relaciones entre las características de los estudios de manera individual y sus correspondientes resultados reportados, y las segundas son las relaciones entre los hallazgos de diferentes estudios [40]. A partir de la información obtenida en la síntesis preliminar, en esta fase se aplicaron las siguientes técnicas de la guía para síntesis narrativa [39]:
  - Variables moderadoras: Se identificaron y examinaron las variables que tuvieron influencia en los resultados de los estudios, y su coincidencia entre varios estudios, las mismas que permitieron realizar comparaciones entre los estudios.
  - Representación gráfica: Se utilizó como herramienta visual para la representación de resultados cuantitativos.

#### 4.4 Validar el Protocolo de la Revisión

El protocolo de la RSL fue revisado en primer lugar por un par investigador (Karin Melendez) y posteriormente revisado por los investigadores experimentados (Prof. Abraham Dávila y Prof. Marcelo Pessoa).

**Tabla 8.** Información para extracción de datos

Dato	Detalle	Relevancia
Identificador del estudio	Identificador único del estudio creado para la RSL	General
Referencia bibliográfica	Título, autor(es), año de publicación y fuente	PB-1
Tipo de artículo	Artículo en revista, artículo en conferencia, artículo en workshop, reporte técnico	PB-2
Nombre de la publicación	Nombre de la revista o evento donde se encuentra publicado el artículo	PB-3
Modelo de madurez	Modelo de madurez incluido en el estudio	PI-1
Arquitectura del modelo de madurez	Elementos que conforman la arquitectura del modelo de madurez incluido en el estudio	PI-1, PI-2, PI-3
Dominio de aplicación	Dominio de aplicación del modelo de madurez incluido en el estudio	PI-3
Estándar o modelo de referencia	Referencia utilizada para definir la arquitectura del modelo de madurez incluido en el estudio	General
Contribución	Contribución del estudio al ámbito científico y/o la industria	General

## 5 Resultados

Según la guía de Kitchenham y Charters [31], una vez que se obtiene la conformidad del protocolo de la revisión, se debe proceder con la ejecución de la misma. A continuación se describe las actividades realizadas en la fase de ejecución de la revisión.

### 5.1 Obtener los Resultados de la Búsqueda

Según lo definido en la primera etapa del procedimiento para selección de estudios descrito en la Sección 4.3, se ejecutaron las cadenas de búsqueda en las bases de datos seleccionadas. En la Tabla 9 se muestra las cadenas de búsqueda empleadas y el total de coincidencias encontradas. Las cadenas de búsqueda se formaron haciendo uso de los términos resultantes de la estrategia PICO mostrados en la Tabla 5.

En todos los casos fue necesario realizar ajustes a la cadena de búsqueda para compatibilidad con las bases de datos. Estos ajustes abarcaron selección de los campos relevantes y las opciones de refinamiento de búsqueda.

En las siguientes bases de datos se tuvo que dar un tratamiento especial a las cadenas de búsqueda:

- Para IEEE Xplore fue necesario elaborar cuatro cadenas de búsqueda diferentes (ver Tabla 9) para abordar la limitación de cantidad de términos de búsqueda que tiene esta base de datos.
- Para la base de datos del SEI se utilizó una cadena de búsqueda de solo dos términos para obtener la mayor cantidad de coincidencias relevantes, ya que cuando se empleó la cadena de búsqueda original generada mediante la estrategia PICO, no se obtuvieron coincidencias.

Para tener mayor flexibilidad para el ingreso de las cadenas de búsqueda y la selección de los campos relevantes, en todas las bases de datos se utilizó la opción de “Búsqueda Avanzada” o “Advanced Search”, a excepción de IEEE Xplore y ScienceDirect, en las que se utilizó las opciones “Command Search” y “Expert Search” respectivamente.

Una vez obtenidos los resultados, las referencias de los estudios encontrados en las bases de datos fueron exportadas en formato BibTex, a excepción de ProQuest y Web of Science, en las que se usó el formato RIS y Web of Science respectivamente. Posteriormente las referencias fueron ingresadas en la herramienta de procesamiento de citas y bibliografía descrita en el procedimiento para selección de estudios de la Sección 4.3, y desde ahí fueron exportadas en archivos de formato .csv por cada base de datos para su revisión en las siguientes etapas.

**Tabla 9.** Resultados de la búsqueda

Bases de datos (Fecha de búsqueda)	Cadena de búsqueda empleada	Total
EBSCOhost Web (Octubre 2015)	((Población) AND (Intervención) AND (Resultado)) en AB Resumen OR ((Población) AND (Intervención) AND (Resultado)) en TI Titulo  Limitado por  Tipos de fuentes: Publicaciones académicas, Publicaciones, Revistas, Publicaciones profesionales. Idioma: english, spanish	172
Emerald Insight (Setiembre 2015)	((Población) AND (Intervención) AND (Resultado)) en Abstract OR ((Población) AND (Intervención) AND (Resultado)) en Content Item Title	30
IEEE Xplore (Octubre 2015)	("maturity model" OR CMM) AND (Intervención) AND (Resultado) and refined by Content Type: Journals & Magazines Conference Publications	331
	(CMMI OR "15504-7") AND (Intervención) AND (Resultado) and refined by Content Type: Conference Publications Journals & Magazines	53
	("organizational maturity" OR "organizational profile") AND (Inter- vención) AND (Resultado) and refined by Content Type: Conference Publications Journals & Magazines	3
	("maturity profile") AND (Intervención) AND (Resultado)	1
ProQuest (Octubre 2015)	((Población) AND (Intervención) AND (Resultado)) en Título del documento – TI OR ((Población) AND (Intervención) AND (Resul- tado)) en Resumen - AB	242
ScienceDirect (Setiembre 2015)	TITLE-ABSTR-KEY((Población) and (Intervención) and (Re- sultado)) AND LIMIT-TO(contenttype, "JL,BS","Journal")	104
Scopus (Octubre 2015)	TITLE-ABS-KEY ( ( Población ) AND ( Intervención ) AND ( Re- sultado ) ) AND ( EXCLUDE(DOCTYPE,"bk" ) )	849
SEI Digital Library (Setiembre 2015)	"maturity model", architecture Refined by DOCUMENT TYPE: Technical Report	66
Web of Science (Setiembre 2015)	TS=((Población) AND (Intervención) AND (Resultado)) Refined by: LANGUAGES: ( ENGLISH OR SPANISH ) AND [excluding] DOCUMENT TYPES: ( BOOK )	420
Wiley Online Library (Setiembre 2015)	((Población) and (Intervención) and (Resultado)) en Abstract Filter List: Journals	269

## 5.2 Seleccionar los Estudios Primarios

Las referencias de los estudios encontrados en la búsqueda inicial descrita en la Sección 5.1 fueron consolidadas en un solo archivo de formato .xlsx, que sirvió de base para realizar el procedimiento de selección de estudios primarios descrito en la Sección 4.3, como se detalla a continuación:

- **Primera etapa:** La lista de estudios fue ordenada por “Título”, y los artículos duplicados que se detectaron fueron eliminados, quedando la versión del artículo encontrada en la base de datos con mayor cantidad de coincidencias (Scopus). También fueron eliminados los artículos no relevantes según los criterios de exclusión indicados para esta etapa en la Tabla 6. Se observó que la base de datos Scopus contenía una gran cantidad de artículos de las otras bases de datos, lo que confirma su relevancia en los ámbitos académico y científico por ser una de las más grandes bases de referencias bibliográficas.
- **Segunda etapa:** En la lista de estudios resultantes de la primera etapa se revisaron los títulos y fueron excluidos los estudios no relevantes según los criterios de exclusión indicados para esta etapa en la Tabla 6. Los títulos que causaron duda se mantuvieron en la lista.
- **Tercera etapa:** En la lista de estudios resultantes de la segunda etapa se revisaron los resúmenes y fueron excluidos los estudios no relevantes según los criterios de exclusión indicados para esta etapa en la Tabla 6. Después se ordenó la lista de estudios por “Autor” y fueron excluidos los artículos duplicados que no se detectaron en la primera etapa por presentar diferencias en los títulos. Los artículos que causaron duda se mantuvieron en la lista.
- **Cuarta etapa:** Se realizó la revisión preliminar del contenido de los artículos descargados, poniendo atención a la introducción y las conclusiones, y fueron excluidos los estudios no relevantes según los criterios de exclusión indicados para esta etapa en la Tabla 6.

Las referencias a los estudios seleccionados se muestran en la Tabla 10. Los resultados por cada etapa del procedimiento de selección de estudios se muestran en la Tabla 11.

## 5.3 Evaluar la Calidad de los Estudios

Los artículos obtenidos en la Sección 5.2 fueron evaluados siguiendo la lista de comprobación de definida en el esquema de evaluación de la calidad de estudios de la Sección 4.3. El resultado de la evaluación se muestra en la Tabla 12. SE observa que solo el 20% de los artículos obtuvo una calificación inferior al 50% del puntaje total, siendo este un buen indicador de la calidad de los estudios incluidos en la RSL.

#### 5.4 Extraer los Datos Relevantes

Según Kitchenham y Charters [31], el uso de formularios de extracción de datos ayuda a registrar de manera precisa la información obtenida de los estudios primarios. Tomando como referencia los conceptos de la Sección 2.3, se añadió más detalle al formulario descrito en la Sección 4.3 (Ver Tabla 13) para recopilar la información relevante que contribuya a responder a las preguntas de investigación. Cada artículo seleccionado fue leído y paralelamente se llenó su correspondiente formulario. Las casillas para las que no se encontró información relacionada fueron completadas con la frase “Sin información”. Los datos fueron recogidos en el idioma de origen del artículo. En la Tabla 13 se muestra un ejemplo de los datos extraídos de uno de los estudios. La información extraída de todos los estudios se incluye en el Apéndice A.

**Tabla 10.** Estudios primarios seleccionados

Id	Base de datos	Año	Tipo de docum.	Ref.	Id	Base de datos	Año	Tipo de docum.	Ref.
S01	EBSCOhost Web	2004	Journal article	[41]	S36	Scopus	2010	Conferen- ce paper	[42]
S02	EBSCOhost Web	1994	Journal article	[43]	S37	Scopus	2012	Conferen- ce paper	[44]
S03	Emerald In- sight	2015	Journal article	[45]	S38	Scopus	2009	Journal article	[46]
S04	Emerald In- sight	2004	Journal article	[47]	S39	Scopus	2009	Conferen- ce paper	[48]
S05	Emerald In- sight	2014	Journal article	[49]	S40	Scopus	2008	Journal article	[50]
S06	Emerald In- sight	2012	Journal article	[51]	S41	Scopus	2008	Journal article	[52]
S07	IEEE Xplore	2004	Journal article	[53]	S42	Scopus	1997	Conferen- ce paper	[54]
S08	IEEE Xplore	2001	Journal article	[55]	S43	Scopus	2011	Journal article	[56]
S09	IEEE Xplore	1996	Conferen- ce paper	[57]	S44	Scopus	2009	Conferen- ce paper	[58]
S10	IEEE Xplore	2015	Conferen- ce paper	[59]	S45	Scopus	2005	Journal article	[60]
S11	IEEE Xplore	2015	Conferen- ce paper	[61]	S46	Scopus	2010	Conferen- ce paper	[62]
S12	IEEE Xplore	2009	Conferen- ce paper	[63]	S47	Scopus	2015	Journal article	[64]
S13	ProQuest	2012	Journal article	[65]	S48	Scopus	2012	Conferen- ce paper	[66]
S14	ProQuest	2012	Journal article	[67]	S49	Scopus	2005	Journal article	[68]

**Tabla 10.** Estudios primarios seleccionados (continuación)

Id	Base de datos	Año	Tipo de docum.	Ref.	Id	Base de datos	Año	Tipo de docum.	Ref.
<b>S15</b>	ProQuest	2003	Journal article	[69]	<b>S50</b>	Scopus	2009	Journal article	[70]
<b>S16</b>	ProQuest	2005	Journal article	[71]	<b>S51</b>	Scopus	2007	Conference paper	[72]
<b>S17</b>	ScienceDirect	2009	Journal article	[73]	<b>S52</b>	Scopus	2013	Journal article	[74]
<b>S18</b>	ScienceDirect	2014	Journal article	[75]	<b>S53</b>	Scopus	2010	Conference paper	[76]
<b>S19</b>	ScienceDirect	2011	Journal article	[77]	<b>S54</b>	Scopus	2013	Journal article	[78]
<b>S20</b>	Scopus	2008	Journal article	[21]	<b>S55</b>	SEI Digital Library	1993	Report	[79]
<b>S21</b>	Scopus	2010	Journal article	[80]	<b>S56</b>	SEI Digital Library	2010	Report	[81]
<b>S22</b>	Scopus	2013	Journal article	[82]	<b>S57</b>	SEI Digital Library	2010	Report	[16]
<b>S23</b>	Scopus	2010	Conference paper	[83]	<b>S58</b>	SEI Digital Library	2010	Report	[84]
<b>S24</b>	Scopus	2005	Journal article	[85]	<b>S59</b>	SEI Digital Library	2009	Report	[86]
<b>S25</b>	Scopus	2010	Conference paper	[87]	<b>S60</b>	SEI Digital Library	2011	Report	[88]
<b>S26</b>	Scopus	2012	Journal article	[89]	<b>S61</b>	Web of Science	2013	Journal article	[90]
<b>S27</b>	Scopus	2009	Conference paper	[91]	<b>S62</b>	Web of Science	2014	Journal article	[92]
<b>S28</b>	Scopus	2011	Journal article	[93]	<b>S63</b>	Web of Science	2009	Journal article	[94]
<b>S29</b>	Scopus	2007	Journal article	[95]	<b>S64</b>	Web of Science	2002	Book section	[96]
<b>S30</b>	Scopus	2014	Journal article	[97]	<b>S65</b>	Web of Science	2006	Book section	[98]
<b>S31</b>	Scopus	2011	Conference paper	[99]	<b>S66</b>	Web of Science	2011	Journal article	[100]
<b>S32</b>	Scopus	2013	Conference paper	[101]	<b>S67</b>	Web of Science	2014	Journal article	[102]
<b>S33</b>	Scopus	2014	Conference paper	[103]	<b>S68</b>	Web of Science	2014	Journal article	[104]
<b>S34</b>	Scopus	2014	Journal article	[105]	<b>S69</b>	Wiley Online Library	1995	Journal article	[106]
<b>S35</b>	Scopus	2009	Journal article	[107]	<b>S70</b>	Wiley Online Library	1996	Journal article	[108]

**Tabla 11.** Resultados del procedimiento de selección de estudios

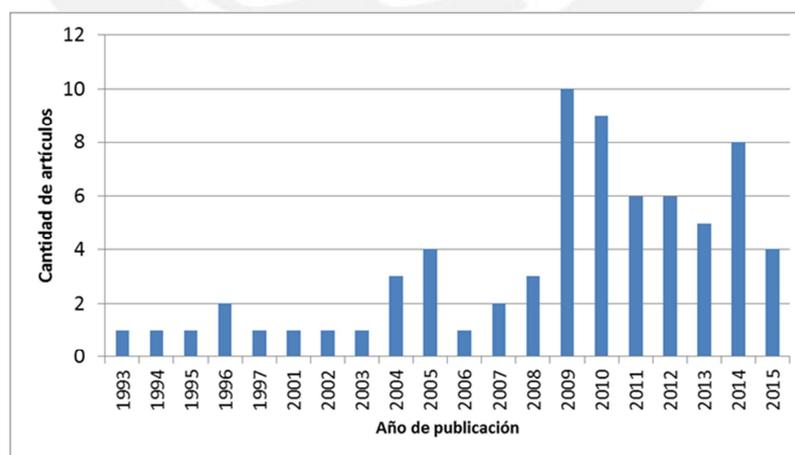
Base de datos	Artículos descubiertos	1ra. etapa: exclusión de duplicados	2da. etapa: revisión de títulos	3ra. etapa: revisión de resúmenes	4ta. etapa: revisión de contenido
EBSCOhost Web	172	51	34	11	2
Emerald Insight	30	15	13	6	4
IEEE Xplore	388	193	92	14	6
ProQuest	242	91	48	8	4
ScienceDirect	104	31	7	3	3
Scopus	849	816	407	96	35
SEI Digital Library	66	57	31	10	6
Web of Science	420	154	75	26	8
Wiley Online Library	269	244	23	4	2
<b>Total</b>	<b>2540</b>	<b>1652</b>	<b>730</b>	<b>178</b>	<b>70</b>

**Tabla 12.** Evaluación de la calidad de estudios

ID	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Total	ID	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Total
S01	1	1	0	0	0.5	0.5	3	S36	0	1	0	0	0.5	1	2.5
S02	0.5	1	0	0	0.5	1	3	S37	0.5	1	0	1	1	0.5	4
S03	1	1	0	0	0.5	1	3.5	S38	0.5	1	0	0	0.5	0.5	2.5
S04	1	1	0	0	0.5	1	3.5	S39	1	1	0	0.5	1	1	4.5
S05	1	1	0	1	1	0.5	4.5	S40	0	1	0	0	1	0.5	2.5
S06	1	1	0	0	1	1	4	S41	0	1	0	1	1	0.5	3.5
S07	0.5	1	0	0	1	1	3.5	S42	0.5	1	0	1	0.5	0.5	3.5
S08	1	1	0	0	0.5	0.5	3	S43	1	1	0	0	1	0.5	3.5
S09	1	1	0	0	0.5	1	3.5	S44	1	1	0	1	0.5	0.5	4
S10	0.5	0.5	0	0	0.5	0.5	2	S45	1	1	0	0.5	1	1	4.5
S11	1	1	0	1	0	0.5	3.5	S46	1	1	0	0	0	1	3
S12	0	1	0	0.5	1	0.5	3	S47	1	1	1	1	0.5	0.5	5
S13	1	1	0	0	0.5	0.5	3	S48	1	1	0	0	0.5	0.5	3
S14	1	1	0	1	0	0.5	3.5	S49	1	1	0	0	0.5	0.5	3
S15	1	1	0	0	0.5	1	3.5	S50	1	1	0	0.5	0.5	0.5	3.5
S16	0	1	0	0	0.5	0.5	2	S51	0.5	1	0	0	0.5	1	3
S17	1	1	0	0.5	1	0.5	4	S52	1	1	0	0	1	0.5	3.5
S18	1	1	0	1	1	0.5	4.5	S53	1	1	0	0	1	0.5	3.5
S19	1	1	0	0	0	0.5	2.5	S54	1	1	0	0.5	0.5	0.5	3.5
S20	1	0.5	0	0	0.5	0.5	2.5	S55	1	1	0	1	1	0.5	4.5
S21	0.5	1	0	0	0.5	0.5	2.5	S56	1	1	0	0	1	1	4
S22	0.5	1	0	0.5	0.5	1	3.5	S57	1	1	0	0	1	1	4
S23	0.5	1	0	0.5	0.5	1	3.5	S58	1	1	0	0	1	1	4
S24	1	1	0	1	0.5	1	4.5	S59	1	1	0	0	1	1	4
S25	1	1	0.5	0	1	0.5	4	S60	1	1	0	0.5	1	1	4.5
S26	0.5	1	0	0	1	0.5	3	S61	1	1	0	0	1	0.5	3.5
S27	0.5	1	0	0.5	1	0.5	3.5	S62	0.5	1	0	0	1	0.5	3
S28	0.5	1	0	1	1	0.5	4	S63	0.5	1	0	0	0	0.5	2
S29	1	1	0	0	0.5	0.5	3	S64	1	1	0	0.5	0	0.5	3
S30	0.5	1	0	0.5	0.5	0.5	3	S65	0.5	0.5	0	0	1	0.5	2.5
S31	0.5	1	0	0	0.5	1	3	S66	0	1	0	0.5	0.5	0.5	2.5
S32	1	1	0	0	0.5	0.5	3	S67	0	1	0	1	0.5	0.5	3
S33	1	1	0	0.5	0	0.5	3	S68	1	1	0	0.5	1	0.5	4
S34	0.5	1	0	0	0	0.5	2	S69	1	1	0	0.5	0.5	1	4
S35	0	0.5	0	0	0.5	0.5	1.5	S70	0.5	1	0	0	0	0.5	2

**Tabla 13.** Ejemplo de datos extraídos de un estudio primario

Dato	Detalle	Relevancia
Identificador del estudio	S05	General
Fuente	Emerald Insight	PB-1
Tipo de artículo	Journal article	PB-2
Año de publicación	2014	PB-1
Autor(es)	Masalskyte, Rasita; Andelin, Mia; Sarasoja, Anna-Liisa; Ventovuori, Tomi	PB-1
Título del artículo	Modelling sustainability maturity in corporate real estate management	PB-1
Nombre de la publicación	Journal of Corporate Real Estate	PB-3
Modelo de madurez	Sustainability maturity model for CREM	PI-1
Arquitectura del modelo de madurez:		PI-1, PI-2, PI-3
*Niveles de madurez	5	
*Nombre de los niveles	1.Adhoc, 2.Experimental, 3.Operational, 4.Tactical, 5.Strategic	
*Dimensiones clave a evaluar	6 focus areas: Resources, Processes, Governance, Communication, Finance, Strategy	
*Atributos/Actividades clave de cada dimensión	18 CREM practices	
Dominio de aplicación	Corporate real estate management (CREM)	PI-3
Estándar o modelo de referencia	Sustainability maturity models for businesses	General
Contribución	It can be used as a benchmark for the firms that have just started their journey towards sustainability. It is an indicative self-assessment tool that encounters performance inefficiency and potential target areas for improvement.	General



**Fig. 1.** Evolución de los estudios en el tiempo

## 5.5 Análisis Bibliométrico

En esta sección se presenta el análisis de la tendencia de los estudios seleccionados para la RSL en relación a factores como su evolución en el tiempo, tipo de artículo y lugar de publicación.

**PB-1.** ¿Cómo ha evolucionado en el tiempo la cantidad de publicaciones sobre el tema de la RSL?

Al observar la cantidad de artículos por año de publicación mostrado en la Fig. 1 se percibe un incremento en el número de publicaciones que tratan sobre la arquitectura de modelos de madurez a partir del año 2009 y en adelante. Del total de 70 estudios, 48 (69%) han sido publicados en los últimos 7 años y 22 (31%) han sido publicados en un rango más amplio de tiempo, entre 1993 y 2008.

**PB-2.** ¿Cuál es la distribución de los estudios por tipo de artículo?

La Fig. 2 muestra la distribución de los estudios por tipo de artículo. Se observa que los artículos en revista (journals) representan el 61% de contribución a la presente RSL; seguidos de los papers de conferencias (27%); los reportes técnicos, (9%); y los capítulos de libro (3%). De este análisis se percibe que son las revistas científicas el tipo de publicación que centraliza la mayor cantidad de los estudios seleccionados que tratan sobre la arquitectura de modelos de madurez.

**PB-3.** ¿En qué publicaciones (revistas y/o eventos) se han encontrado estudios sobre este tema?

En los estudios analizados se observa que hay recurrencia de publicaciones del dominio de ciencias de la computación, tecnologías de la información e ingeniería de software, siendo estas áreas de aplicación las que concentran la mayor cantidad de los estudios seleccionados. Sin embargo, también hay presencia de publicaciones de otros dominios, como gestión del conocimiento, gestión de la producción, gestión de negocios, sistemas de control, tecnologías educativas, sistemas médicos, gestión de servicios, ingeniería de sistemas, entre otros. La Tabla 14 muestra las publicaciones con mayor número de artículos; se observa que 4 publicaciones tienen más de 1 artículo, mientras que 59 artículos han sido encontrados en publicaciones distintas.

**Tabla 14.** Distribución de artículos por Publicación

Nombre de la publicación	Cantidad de artículos
IFIP Advances in Information and Communication Technology	4 artículos
Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)	3 artículos
Journal of Systems and Software	2 artículos
INCOSE International Symposium	2 artículos
Otras publicaciones (59)	1 artículo por publicación

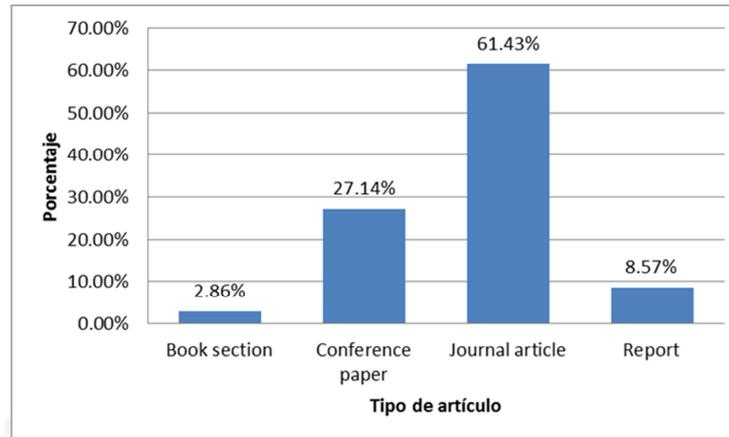


Fig. 2. Distribución de estudios por tipo de artículo

## 5.6 Síntesis de los Datos Extraídos

Después de ejecutar la revisión sistemática de la literatura definida en la Sección 4, fueron identificados 70 estudios en los que se describe la arquitectura de un modelo de madurez organizacional.

Respecto al dominio de aplicación, se han encontrado 11 modelos de aplicación en Ingeniería de Software y 10 modelos de aplicación en Tecnologías de la Información; los 49 modelos restantes tienen aplicación a otras disciplinas o contextos específicos como gestión de conocimiento (5 modelos), industria de la construcción (4 modelos), arquitectura orientada a servicios (SOA) (3 modelos), gestión de servicios (3 modelos), entre otros (Ver Fig. 3).

Respecto al estándar o modelo de referencia, como se observa en la Fig. 4, la mayoría de estudios ha tomado como referencia otros modelos o estándares para el desarrollo de su correspondiente modelo de madurez. Los modelos CMMI y SW-CMM son los que se mencionan con mayor frecuencia en los estudios como base para la definición de al menos alguna característica de otros modelos de madurez, con 20 y 19 estudios respectivamente.

### PI-1. ¿Qué elementos componen la arquitectura de un modelo de madurez?

Para responder a esta pregunta, se tomó como referencia el estudio de Fraser et al. [20] donde se indica los componentes que puede tener un modelo de madurez, tal como fue descrito en la Sección 2.3. Por cada uno de los estudios seleccionados se recogió información de los siguientes elementos: (a) niveles de madurez; (b) nombre de los niveles; (c) dimensiones clave a evaluar; y (d) atributos o actividades clave de cada dimensión, con la finalidad de identificar estos elementos como parte de la arquitectura de los modelos de madurez. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

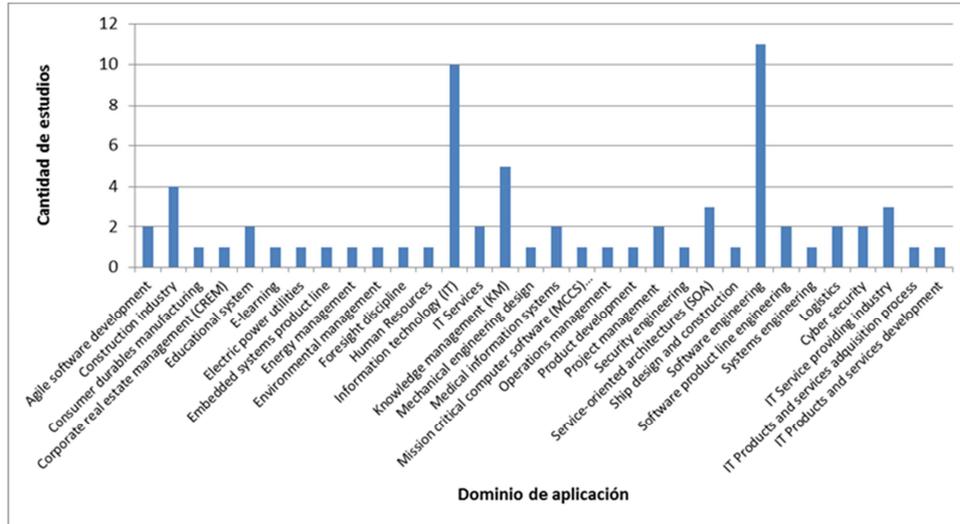


Fig. 3. Dominio de aplicación de los estudios seleccionados

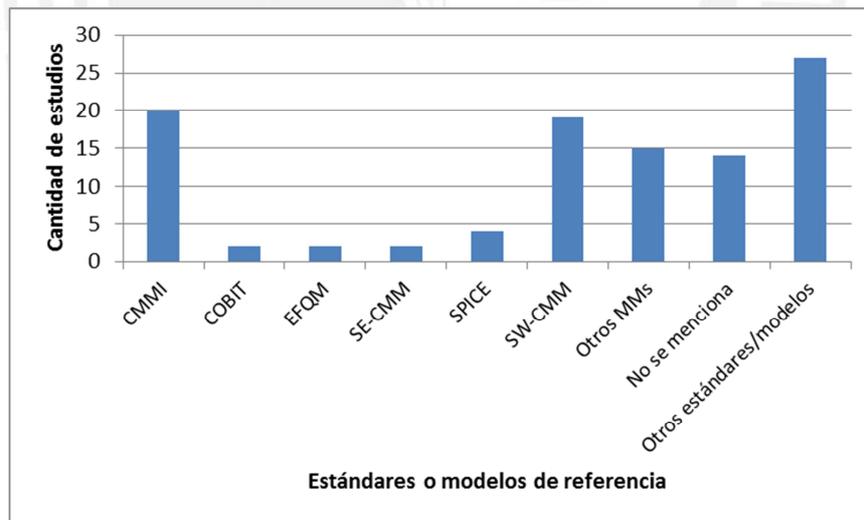


Fig. 4. Estándares o modelos de referencia de los estudios seleccionados

- Niveles de madurez: En el 100% (70/70) de los estudios se encontró este elemento definido como parte de la arquitectura del modelo, tomando valores entre 2 y 6, siendo más frecuente los modelos con 5 niveles de madurez (39 estudios).
- Nombre de los niveles: En el 86% (60/70) de los estudios se encontró este elemento definido como parte de la arquitectura del modelo de madurez. Se pudo observar que la mayoría de los modelos define una denominación propia para sus niveles de madurez (46 estudios). Sin embargo también se encontró que son usadas denominaciones de otros modelos existentes, como CMMI (S14, S30, S36, S56, S57, S58, S61), CMM (S02, S16, S25, S43, S55), SE-CMM (S42) y SPICE (S49).
- Dimensiones clave a evaluar: En el 100% (70/70) de los estudios se encontró este elemento. Se observó que las dimensiones clave que más se definen como parte de la arquitectura de los modelos de madurez son áreas de proceso clave (S02, S07, S08, S16, S29, S31, S38, S40, S42, S43, S44, S45, S49, S50, S51, S53, S55, S56, S57, S58, S59, S61, S69, S70) y procesos clave (S04, S12, S13, S17, S19, S23, S32, S34, S46, S52, S63, S67). En menor proporción (entre 2 y 3 estudios cada una) son definidas como dimensiones clave: capacidades, metas, prácticas, actividades, atributos, factores críticos, dimensiones, elementos, áreas de interés, áreas específicas. En mucha menor proporción (1 estudio cada una) se mencionan: componentes, áreas de dominio, ítems, indicadores clave, objetivos, resultados, requerimientos, sub dimensiones, sub dominios, sub criterios, puntos de vista.
- Atributos o actividades clave de cada dimensión: En el 81% (57/70) de los estudios se encontró este elemento. Los atributos o actividades clave definidas en mayor cantidad (32 estudios) como parte de la arquitectura de los modelos de madurez son las prácticas: prácticas clave, mejores prácticas, prácticas específicas, prácticas base, prácticas genéricas (S02, S04, S05, S07, S08, S10, S14, S16, S20, S23, S24, S32, S34, S36, S38, S42, S45, S47, S49, S50, S51, S52, S53, S55, S56, S57, S58, S59, S61, S65, S69, S70), seguidas de metas (S06, S08, S12, S22, S23, S31, S32, S36, S38, S40, S50, S51, S53, S55, S56, S57, S58, S59, S61) e indicadores clave (S02, S18, S35, S41, S46, S52, S63, S68). En menor proporción se definen: atributos, características, factores de éxito, variables críticas, objetivos, declaraciones, sub prácticas y sub dimensiones, como elementos de la arquitectura de los modelos de madurez.

**PI-2.** ¿Cuáles son las principales similitudes y diferencias entre las arquitecturas identificadas?

Para responder a esta pregunta, en primer lugar se identificó los diferentes tipos de arquitectura en los estudios seleccionados, sobre los cuales establecer similitudes y diferencias. Al analizar las características de los modelos de madurez de los estudios seleccionados se observó dos tendencias. En un grupo de estudios (30/70) se encontró recurrencia de arquitecturas con características similares a las de modelos existentes como SW-CMM, CMMI y SE-CMM, observándose la misma distribución de los elementos que los modelos originales con algunas variaciones en su denominación para adaptarse a cada contexto. Para el caso de estos estudios, se definió 03 tipos de arquitectura que fueron caracterizadas en base a la información encontrada en los

estudios de este grupo; asignándoles el identificador “AEn” por referirse a arquitecturas existentes (Ver Tabla 15).

En otro grupo de estudios (40/70) se encontró muchas variantes en la denominación y organización de los elementos de su arquitectura, imposibilitando su asociación a algún modelo ya establecido. En este caso, tomando como referencia las clasificaciones de modelos de madurez descritas en la Sección 2.3, se definió 05 tipos de arquitectura que fueron caracterizadas en base a la información encontrada en los estudios de este grupo en contraste con los tipos de modelos madurez referidos en la Sección 2.3; asignándoles el identificador “AGn” por tratarse de arquitecturas genéricas definidas para esta RSL (Ver Tabla 15). La clasificación de los estudios primarios en base a estos tipos de arquitectura se muestra en la Tabla 16.

Las características definidas para las arquitecturas, AE1, AE2 y AE3 se presentan a continuación.

- **AE1 – Modelo tipo SW-CMM**

- Niveles de madurez: 5 niveles, (1) Initial, (2) Repeatable, (3) Defined, (4) Managed, (5) Optimizing. Los niveles de madurez indican la evolución de la capacidad de los procesos software de la organización.
- Dimensiones clave a evaluar: Cada nivel de madurez tiene una cantidad de áreas de proceso clave.
- Atributos o actividades clave de cada dimensión: Cada área de proceso está organizada en secciones llamadas características comunes. Las características comunes especifican prácticas claves. Las prácticas clave son la descripción de actividades que contribuyen a satisfacer las metas de las áreas de proceso.
- Dominios de aplicación: Adquisición de software crítico, Industria de la construcción, Ingeniería de software, Sistemas educativos, Gestión ambiental, Gestión del conocimiento, E-learning, Recursos humanos.

- **AE2 – Modelo tipo CMMI**

- Niveles de madurez: 5 niveles de madurez, (1) Initial, (2) Managed, (3) Defined, (4) Quantitatively Managed, (5) Optimizing. 4 niveles de capacidad, (0) Incomplete, (1) Performed, (2) Managed, (3) Defined. Tiene dos representaciones: Por etapas y Continua. En la representación por etapas los niveles de madurez indican la evolución de la capacidad de los procesos a nivel de toda la organización. En la representación continua los niveles de capacidad indican la evolución de la capacidad de un área de proceso individual.
- Dimensiones clave a evaluar: Cada nivel de madurez tiene una cantidad de áreas de proceso clave.
- Atributos o actividades clave de cada dimensión: Cada área de proceso tiene definidas metas específicas relativas al área de proceso específica; y metas genéricas relativas a todas las áreas de proceso. Cada meta específica tiene definidas prácticas específicas, y cada meta genérica tiene definidas prácticas genéricas. Las prácticas son la descripción de actividades que contribuyen a satisfacer la correspondiente meta asociada.
- Dominios de aplicación: Tecnologías de la información, Seguridad cibernética, Ingeniería de software, Sistemas educativos, Diseño y construcción de navíos,

Gestión de operaciones, Arquitecturas orientadas a servicios (SOA), Desarrollo de software ágil, Línea de productos de sistemas embebidos, Proceso de adquisición de productos y servicios IT, Servicios IT.

- **AE3 – Modelo tipo SE-CMM**

- Niveles de madurez: 6 niveles de capacidad, (0) Not performed, (1) Performed informally, (2) Planned & Tracked, (3) Well-defined, (4) Quantitatively controlled, (5) Continuously improving. Los niveles de capacidad indican la evolución de la madurez de un área de proceso particular.
- Dimensiones clave a evaluar: Dos aspectos: dominio y capacidad. El aspecto dominio se compone de una cantidad de áreas de proceso agrupadas en categorías; y el aspecto capacidad define 6 niveles de capacidad.
- Atributos o actividades clave de cada dimensión: En el aspecto dominio cada área de proceso tiene definidas prácticas base. En el aspecto capacidad cada nivel de capacidad se compone de características comunes; las características comunes definen prácticas genéricas.
- Dominios de aplicación: Ingeniería de seguridad, Ingeniería mecánica, Ingeniería de sistemas, Desarrollo de producto.

Las características definidas para las arquitecturas, AG1, AG2, AG3, AG4 y AG5 se presentan a continuación.

- **AG1 - Modelo de progresión, por etapas con niveles fijos**

- Niveles de madurez: Cantidad de niveles fijos de madurez, entre 3 y 6. Los nombres de los niveles son propios de cada modelo, en algunos modelos se adapta nombres de otros existentes. Los niveles de madurez representan la evolución simple de las dimensiones.
- Dimensiones clave a evaluar: En cada nivel de madurez se distingue una cantidad fija de dimensiones clave. Las dimensiones pueden estar agrupadas en categorías. Se requiere que todas las dimensiones alcancen el mismo nivel de madurez para evolucionar al siguiente.
- Atributos o actividades clave de cada dimensión: Un atributo o actividad. En algunos modelos no hay información sobre este elemento.
- Dominios de aplicación: Gestión del conocimiento, Fabricación de bienes de consumo duraderos, Ingeniería de software, Sistemas de información médica, Industria de servicios IT, Tecnologías de la información, Gestión de proyectos, Disciplina de previsión, Arquitecturas orientadas a servicio (SOA), Gestión de la energía.

- **AG2 - Modelo de progresión, continuo con niveles fijos**

- Niveles de madurez: Cantidad de niveles fijos de madurez, entre 4 y 6. Los nombres de los niveles son propios de cada modelo, en algunos modelos se adapta nombres de otros existentes. Los niveles de madurez representan la evolución simple de las dimensiones.
- Dimensiones clave a evaluar: El modelo tiene una cantidad fija de dimensiones clave, todas las dimensiones clave se distinguen en todos los niveles de madurez. Las dimensiones pueden estar agrupadas en categorías. Las dimensiones evolucionan en madurez de manera independiente.

- Atributos o actividades clave de cada dimensión: Entre uno y dos atributos o actividades. En algunos modelos no hay información sobre este elemento.
- Dominios de aplicación: Gestión inmobiliaria corporativa, Gestión de proyectos, Ingeniería de software, Tecnologías de la información, Ingeniería de línea de productos software, Industria de servicios IT, Sistemas de información médica, Logística, Servicios de energía eléctrica.
- **AG3 - Modelo de progresión, orientado a áreas clave**
  - Niveles de madurez: No se define una cantidad fija de niveles, cada dimensión tiene su propia escala de niveles de madurez. No se define nombre para los niveles. Los niveles de madurez representan la evolución simple de las dimensiones.
  - Dimensiones clave a evaluar: El modelo tiene una cantidad fija de dimensiones clave. Las dimensiones pueden estar agrupadas en categorías. Las dimensiones evolucionan en madurez de manera independiente.
  - Atributos o actividades clave de cada dimensión: Entre uno y dos atributos o actividades.
  - Dominios de aplicación: Tecnologías de la información, Servicios IT, Desarrollo de software ágil.
- **AG4 - Modelo de madurez de capacidad, por etapas con niveles fijos**
  - Niveles de madurez: Cantidad de niveles fijos de madurez, entre 4 y 6. Los nombres de los niveles son propios de cada modelo, en algunos modelos se adapta nombres de otros existentes. Los niveles de madurez representan la evolución de la capacidad de la organización en relación al objeto de estudio del modelo.
  - Dimensiones clave a evaluar: En cada nivel de madurez se distingue una cantidad fija de dimensiones clave. Las dimensiones pueden estar agrupadas en categorías. Se requiere que todas las dimensiones alcancen el mismo nivel de madurez para evolucionar al siguiente.
  - Atributos o actividades clave de cada dimensión: Entre uno y dos atributos o actividades. En algunos modelos no hay información sobre este elemento.
  - Dominios de aplicación: Gestión del conocimiento, Industria de la construcción, Ingeniería de software, Tecnologías de la información, Logística, Seguridad cibernética.
- **AG5 - Modelo de madurez de capacidad, continuo con niveles fijos**
  - Niveles de madurez: Cantidad de niveles fijos de madurez, entre 3 y 5. Los nombres de los niveles son propios de cada modelo, en algunos modelos se adapta nombres de otros existentes. Los niveles de madurez representan la evolución de la capacidad de la organización en relación al objeto de estudio del modelo.
  - Dimensiones clave a evaluar: El modelo tiene una cantidad fija de dimensiones clave, todas las dimensiones clave se distinguen en todos los niveles de madurez. Las dimensiones pueden estar agrupadas en categorías. Las dimensiones evolucionan en madurez de manera independiente.
  - Atributos o actividades clave de cada dimensión: Un atributo o actividad. En algunos modelos no hay información sobre este elemento.
  - Dominios de aplicación: Industria de la construcción, Gestión del conocimiento.

**Tabla 15.** Tipos de arquitectura de modelos de madurez definidos para la RSL

Identificador	Descripción
AE1	Modelo tipo SW-CMM
AE2	Modelo tipo CMMI
AE3	Modelo tipo SE-CMM
AG1	Modelo de progresión, por etapas con niveles fijos
AG2	Modelo de progresión, continuo con niveles fijos
AG3	Modelo de progresión, orientado a áreas clave
AG4	Modelo de madurez de capacidad, por etapas con niveles fijos
AG5	Modelo de madurez de capacidad, continuo con niveles fijos

**Tabla 16.** Arquitecturas identificadas en los estudios seleccionados

Id arquitectura	Total de estudios	Identificador de estudios
AE1	09	S02, S04, S09, S13, S16, S31, S34, S51, S55, S59
AE2	17	S07, S10, S14, S22, S23, S30, S32, S36, S38, S40, S49, S50, S53, S56, S57, S58, S61
AE3	04	S42, S45, S69, S70
AG1	15	S01(2 perspectivas), S03, S12 (2 modelos), S17, S18, S25, S29, S35, S39, S41, S48, S62, S63, S64, S66
AG2	12	S05, S15, S21, S27, S28, S33, S37, S46, S52, S54, S60, S65
AG3	04	S11, S20, S44, S47
AG4	06	S08, S19 (2 sub modelos), S24, S26, S67, S68
AG5	03	S06, S19 (2 sub modelos), S43

Respecto a las arquitecturas del primero grupo (AEn), AE2 agrupa la mayor cantidad de estudios (17/30), seguida de AE1 (9/30). Se observa que hay semejanza entre los elementos de la arquitectura AE1 y la representación por etapas de la arquitectura AE2. Se puede considerar entonces que la arquitectura AE1 se encuentra contenida en AE2. La diferencia más representativa encontrada entre ambas arquitecturas es que AE2 introduce la representación continua como parte del modelo, orientada a determinar la evolución de la capacidad de un área de proceso individual [16] mientras que AE1 solo dispone del esquema para determinación de madurez a nivel de toda la organización, también presente en AE2.

Respecto a AE3, se observa que hay semejanza de esta arquitectura con la representación continua de AE2 ya que se orienta a determinar la evolución de la capacidad de un área de proceso individual [60], aunque se observa que la organización de sus elementos en el modelo tiene diferencias respecto a AE2, en particular, la separación que existe entre las características comunes (aspecto Capacidad) y las características de cada dominio (aspecto Dominio), presentadas por el modelo como dimensiones separadas.

Respecto a las arquitecturas del segundo grupo (AGn), AG1 agrupa la mayor cantidad de estudios (15/40), seguida de AG2 (12/40), ambas basadas en el tipo modelo de progresión. En referencia a la cantidad y denominación de niveles de madurez, AG1, AG2, AG4 y AG5 comparten las mismas características, a diferencia de AG3 que define un esquema de niveles específico para cada dimensión. En relación a la evolución de las dimensiones en el modelo, hay similitud entre las arquitecturas basadas en modelo por etapas (AG1 y AG4) y entre las arquitecturas basadas en modelo continuo (AG2 y AG5) respectivamente, lo que es lógico considerando las características empleadas en la formación de las arquitecturas de referencia. En este aspecto, la arquitectura orientada a áreas clave (AG3) guarda similitud con las arquitecturas basadas en modelo continuo.

Sobre la característica de los atributos o actividades clave de cada dimensión, todos los estudios asociados a las arquitecturas AG1, AG2, AG3, AG4 y AG5 mencionan entre uno y dos atributos. En algunos estudios no se encontró información sobre este elemento.

En un nivel más general, considerando ambos grupos de arquitecturas (AEn y AGn), se observa semejanza entre las características de la arquitectura AE1 (Modelo tipo SW-CMM) con la arquitectura AG4 (Modelo de madurez de capacidad, por etapas con niveles fijos), y entre las características de la representación continua de la arquitectura AE2 (Modelo tipo CMMI) con la arquitectura AG5 (Modelo de madurez de capacidad, continuo con niveles fijos).

Por otro lado, la arquitectura AG3 (Modelo de progresión, orientado a áreas clave) es la que presenta más diferencias respecto a las otras arquitecturas. En los estudios se encontró cuatro modelos de madurez con las características de este tipo. En S11 [61] se usa esta arquitectura para evaluar el aspecto social de la Gestión de Tecnologías de Información (IT Governance), relacionado con el comportamiento humano y la cultura organizacional. En S20 [21], se emplea esta arquitectura para definir un enfoque más fino que guíe el desarrollo y mejora de las prácticas de arquitectura empresarial. En el modelo del estudio S44 [58] se encuentra útil que los factores críticos de éxito de la gestión catálogos de servicios de tecnologías de la información sean evaluados con escalas independientes para prevenir inconsistencias entre ellos; y en S47 [64] se evalúa la mejora del desarrollo de software ágil en base a los resultados perseguidos por el equipo; estos resultados siguen escalas de evolución diferente por cada categoría en la que se encuentran organizados. En estos dos últimos estudios (S44 y S47) no se hace referencia al modelo orientado a áreas clave definido por Van Steenbergem et al. [21], sin embargo por las características del modelo descrito fueron considerados de este tipo.

**PI-3.** ¿Hay cobertura entre las arquitecturas de modelos de madurez del dominio de ingeniería de software y sistemas con las de otros dominios?

Como fue descrito al inicio de la Sección 5.6, los modelos CMMI y SW-CMM son los que se mencionan con mayor frecuencia como base para la definición de al menos alguna característica de otros modelos de madurez. Esto es un indicador de que las características de la arquitectura de estos modelos del dominio de la ingeniería de software pueden aplicarse en arquitecturas de modelos de madurez para nuevos domi-

nios. Como se menciona en la introducción realizada para la pregunta de investigación PI-2, las arquitecturas AE1 (Modelo tipo SW-CMM), AE2 (Modelo tipo CMMI) y AE3 (Modelo tipo SE-CMM), del dominio de ingeniería de software y sistemas, han sido empleadas sin mucha variación en modelos de madurez con aplicación en ámbitos totalmente distintos como: Industria de la construcción, Sistemas educativos, Gestión ambiental, Gestión del conocimiento, E-learning, Recursos humanos y Gestión de operaciones.

## 6 Conclusiones y Trabajos Futuros

En este trabajo se presenta los resultados de una revisión sistemática de 70 estudios primarios encontrados en bases de datos de gran relevancia en el ámbito científico. Se presenta además la clasificación de los artículos por fecha de publicación, donde el incremento en el número de publicaciones realizadas desde del año 2009 hacia adelante indica un continuo interés en el estudio de las arquitecturas de los modelos de madurez.

Los dominios de aplicación que concentran la mayor cantidad de los estudios son tecnologías de la información e ingeniería de software; sin embargo se encontraron modelos de madurez organizacional de aplicación en otros contextos, como construcción, logística, educación y sistemas médicos lo que indica que existe una tendencia al desarrollo de modelos de madurez para otras disciplinas de la industria. Los modelos CMMI y SW-CMM son mencionados con mayor frecuencia en los estudios como referencia para definir las características de nuevos modelos de madurez, lo que indica que son los modelos de mayor aceptación en diferentes ámbitos, y que son referencias relevantes en el desarrollo de modelos de madurez organizacional.

Se encontró que todos los modelos de madurez de los estudios seleccionados definen al menos niveles de madurez y dimensiones clave a evaluar como elementos de su arquitectura; y más del 80% de las arquitecturas definen además el nombre de los niveles y los atributos o actividades clave de cada dimensión. Durante el análisis de datos los estudios fueron agrupados por su tipo de arquitectura en base a las características de estos elementos. Se identificó ocho tipos de arquitectura, tres de ellas corresponden a modelos de madurez existentes y cinco fueron definidas tomando como referencia clasificaciones de modelos de madurez encontradas en la literatura.

Las tres arquitecturas de modelos existentes corresponden a SW-CMM, CMMI y SE-CMM. Al analizar las similitudes y diferencias entre estas arquitecturas se puede considerar que la arquitectura tipo CMMI contiene a las otras dos, siendo ésta el tipo de arquitectura de uso predominante en este grupo de estudios. En referencia a la adaptación de estas arquitecturas a otros dominios, se encontró que los cambios realizados fueron menores, lo que indica que las arquitecturas de los modelos de madurez del ámbito de la ingeniería de software y sistemas pueden emplearse como base para definir modelos de madurez organizacional para otros campos de aplicación de la industria.

Las cinco arquitecturas genéricas se basaron en la combinación de las clasificaciones de modelos de madurez propuestas por Caralli [19] y Van Steenberg et al. [21].

La mayoría de modelos de madurez de este grupo son del tipo de modelos de progresión, en la que la madurez es representada por la evolución simple de las dimensiones que son evaluadas [19]. Al analizar las similitudes y diferencias entre estas arquitecturas, resaltó la arquitectura tipo modelo de progresión orientado a áreas clave, por sus diferencias con respecto a las demás. Este tipo de arquitectura tiene aplicación cuando cada dimensión del objeto de estudio del modelo de madurez evoluciona de manera diferente. Debido a sus características particulares, su aplicación no es muy común en los estudios [21].

En la definición del protocolo de la presente RSL se buscó abarcar modelos de madurez organizacional de la mayor cantidad posible de dominios de aplicación, sin embargo las arquitecturas identificadas se han basado solamente en los estudios seleccionados. Como trabajo futuro se propone profundizar la investigación para identificar otros patrones de arquitecturas de modelos de madurez organizacional distintos a los que han sido cubiertos en este estudio.

**Reconocimientos.** Este trabajo ha sido realizado dentro del proyecto ProCal-ProSer financiado por Innóvate Perú bajo el Contrato 210-FINCYT-IA-2013 y parcialmente soportado por el Departamento de Ingeniería y el Grupo de Investigación y Desarrollo de Ingeniería de Software (GIDIS) de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

## Referencias

1. Cooke-Davies, T.J., Arzymanow, A.: The maturity of project management in different industries: An investigation into variations between project management models. *Int. J. Proj. Manag.* 21, 471 – 478 (2003).
2. Maier, A.M., Moultrie, J., Clarkson, P.J.: Assessing Organizational Capabilities: Reviewing and Guiding the Development of Maturity Grids. *IEEE Trans. Eng. Manag.* 59, 138–159 (2012).
3. Paulk, M.C.: A history of the capability maturity model for software. *ASQ Softw. Qual. Prof.* 12, 5–19 (2009).
4. De Bruin, T., Freeze, R., Kaulkarni, U., Rosemann, M.: Understanding the main phases of developing a maturity assessment model. (2005).
5. von Wangenheim, C.G., Hauck, J.C.R., Salviano, C.F., von Wangenheim, A.: Systematic literature review of software process capability/maturity models. In: *Proceedings of International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination (SPICE)*, Pisa, Italy (2010).
6. Backlund, F., Chronéer, D., Sundqvist, E.: Project Management Maturity Models – A Critical Review: A Case Study within Swedish Engineering and Construction Organizations. *Procedia - Soc. Behav. Sci.* 119, 837 – 846 (2014).
7. Wendler, R.: The maturity of maturity model research: A systematic mapping study. *Inf. Softw. Technol.* 54, 1317–1339 (2012).
8. Demir, C., Kocabaş, İ.: Project Management Maturity Model (PMMM) in educational organizations. *Procedia - Soc. Behav. Sci.* 9, 1641 – 1645 (2010).

9. Helgesson, Y.Y.L., Höst, M., Weyns, K.: A review of methods for evaluation of maturity models for process improvement. *J. Softw. Evol. Process.* 24, 436–454 (2012).
10. Kohlegger, M., Maier, R., Thalman, S.: Understanding Maturity Models. Results of a Structured Content Analysis. In: *Proceedings of I-KNOW 2009 International Conference on Knowledge Management and Knowledge Technologies.* pp. 51–61. , Austria (2009).
11. Mettler, T., Rohner, P., Winter, R.: Towards a classification of maturity models in information systems. In: *Management of the Interconnected World - ItAIS: The Italian Association for Information Systems.* pp. 333–340 (2010).
12. Mettler, T.: A design science research perspective on maturity models in information systems. Univ. St Gallen St Gallen Switz. Tech. Rep. BE IWIHNE03. (2009).
13. Paulk, M.C., Curtis, B., Chrissis, M.B., Weber, C.V.: Capability maturity model, version 1.1. *Softw. IEEE.* 10, 18–27 (1993).
14. Andersen, E.S., Jessen, S.A.: Project maturity in organisations. *Int. J. Proj. Manag.* 21, 457 – 461 (2003).
15. Hilliard, R.: Ieee-std-1471-2000 recommended practice for architectural description of software-intensive systems. *IEEE Httppstandards Ieee Org.* 12, 16–20 (2000).
16. CMMI Product Team: *CMMI for Development, Version 1.3.* Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA (2010).
17. Humphrey, W.S.: Characterizing the software process: a maturity framework. *Softw. IEEE.* 5, 73–79 (1988).
18. Browning, T.R., Eppinger, S.D.: Modeling impacts of process architecture on cost and schedule risk in product development. *Eng. Manag. IEEE Trans. On.* 49, 428–442 (2002).
19. Caralli, R.A.: *Discerning the Intent of Maturity Models from Characterizations of Security Posture.* Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA (2012).
20. Fraser, P., Moultrie, J., Gregory, M.: The use of maturity models/grids as a tool in assessing product development capability. In: *Engineering Management Conference, 2002. IEMC '02. 2002 IEEE International.* pp. 244–249 vol.1 (2002).
21. Van Steenberg, M., Van Den Berg, M., Brinkkemper, S.: A balanced approach to developing the enterprise architecture practice. *Lect. Notes Bus. Inf. Process.* 12 LNBIP, 240–253 (2008).
22. International Organization for Standardization (ISO/IEC): *ISO/IEC 15504-1:2004 Information technology -- Process assessment -- Part 1: Concepts and vocabulary,* (2004).
23. Rout, T.P.: *ISO/IEC 15504—Evolution to an international standard.* *Softw. Process Improv. Pract.* 8, 27–40 (2003).
24. International Organization for Standardization (ISO/IEC): *ISO/IEC TR 15504-7:2008 Information technology -- Process assessment -- Part 7: Assessment of organizational maturity.* (2008).

25. Becker, J., Knackstedt, R., Pöppelbuß, J.: Developing Maturity Models for IT Management. *Bus. Inf. Syst. Eng.* 1, 213–222 (2009).
26. García-Mireles, G.A., Moraga, M.Á., García, F.: Development of maturity models: a systematic literature review. *IET Conf. Proc.* 279–283(4) (2012).
27. Helgesson, Y.Y.L., Höst, M., Weyns, K.: A review of methods for evaluation of maturity models for process improvement. *J. Softw. Evol. Process.* 24, 436–454 (2012).
28. Khoshgoftar, M., Osman, O.: Comparison of maturity models. In: *Proceedings - 2009 2nd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology, ICCSIT 2009*. pp. 297–301 (2009).
29. Halvorsen, C.P., Conradi, R.: A taxonomy to compare SPI frameworks. In: *Software Process Technology*. pp. 217–235. Springer (2001).
30. Paulk, M.C.: A taxonomy for improvement frameworks. In: *Fourth World Congress for Software Quality*. pp. 15–18. Citeseer (2008).
31. Kitchenham, B., Charters, S.: *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*. EBSE Technical Report EBSE-2007-01, Staffordshire (2007).
32. Kitchenham, B., Pearl Brereton, O., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., Linkman, S.: Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review. *Inf. Softw. Technol.* 51, 7–15 (2009).
33. Van Solingen, R., Berghout, E.: *The Goal/Question/Metric Method: a practical guide for quality improvement of software development*. McGraw-Hill (1999).
34. Ameller, D., Burgués, X., Collell, O., Costal, D., Franch, X., Papazoglou, M.P.: Development of service-oriented architectures using model-driven development: A mapping study. *Inf. Softw. Technol.* 62, 42 – 66 (2015).
35. da Costa Santos, C.M., de Mattos Pimenta, C.A., Nobre, M.R.C.: A estratégia PICO para a construção da pergunta de pesquisa e busca de evidências. *Rev. Lat. Am. Enfermagem.* 15, 508–511 (2007).
36. Williams, B.J., Carver, J.C.: Characterizing software architecture changes: A systematic review. *Inf. Softw. Technol.* 52, 31 – 51 (2010).
37. Rouhani, B.D., Mahrin, M.N., Nikpay, F., Ahmad, R.B., Nikfard, P.: A systematic literature review on Enterprise Architecture Implementation Methodologies. *Inf. Softw. Technol.* 62, 1 – 20 (2015).
38. Genero, M., Cruz-Lemus, J.A., Piattini, M.: *Métodos de investigación en ingeniería del software*. RA-MA EDITORIAL, España (2014).
39. Popay, J., Roberts, H., Sowden, A., Petticrew, M., Arai, L., Rodgers, M., Britten, N., Roen, K., Duffy, S.: Guidance on the conduct of narrative synthesis in systematic reviews. *Prod. ESRC Methods Programme Version. 1*, (2006).
40. Rodgers, M., Sowden, A., Petticrew, M., Arai, L., Roberts, H., Britten, N., Popay, J.: Testing methodological guidance on the conduct of narrative synthesis in systematic reviews: Effectiveness of interventions to promote smoke alarm ownership and function. *Evaluation.* 15, 49–73 (2009).
41. Kaner, M., Karni, R.: A Capability Maturity Model for Knowledge-Based Decisionmaking. *Inf. Knowl. Syst. Manag.* 4, 225 – 252 (2004).

42. Erkollar, A., Zimmermann, A.: Framework for capability and maturity evaluation of service-oriented enterprise architectures. In: IMETI 2010 - 3rd International Multi-Conference on Engineering and Technological Innovation, Proceedings. pp. 273–278 (2010).
43. Baker, E.R., Cooper, L.: Software acquisition management maturity model (SAM...). *Program Manag.* 23, 43 (1994).
44. Mettler, T., Blondiau, A.: HCMM - A maturity model for measuring and assessing the quality of cooperation between and within hospitals. In: Proceedings - IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems (2012).
45. Alvarez, R.L.P., Martin, M.R., Silva, M.T.: Applying the maturity model concept to the servitization process of consumer durables companies in Brazil. *J. Manuf. Technol. Manag.* 26, null (2015).
46. Santana Tapia, R.: ICoNoS MM: The IT-enabled collaborative networked organizations maturity model. *IFIP Adv. Inf. Commun. Technol.* 307, 591–599 (2009).
47. Sarshar, M., Haigh, R., Amaratunga, D.: Improving project processes: best practice case study. *Constr. Innov.* 4, 69–82 (2004).
48. Petrinja, E., Nambakam, R., Sillitti, A.: Introducing the opensource maturity model. In: Proceedings of the 2009 ICSE Workshop on Emerging Trends in Free/Libre/Open Source Software Research and Development, FLOSS 2009. pp. 37–41 (2009).
49. Masalskyte, R., Andelin, M., Sarasoja, A.-L., Ventovuori, T.: Modelling sustainability maturity in corporate real estate management. *J. Corp. Real Estate.* 16, 126–139 (2014).
50. Caballero, I., Caro, A., Calero, C., Piattini, M.: IQM3: Information quality management maturity model. *J. Univers. Comput. Sci.* 14, 3658–3685 (2008).
51. Willis, C.J., Rankin, J.H.: The construction industry macro maturity model (CIM3): theoretical underpinnings. *Int. J. Product. Perform. Manag.* 61, 382–402 (2012).
52. Rathfelder, C., Groenda, H.: ISOAMM: An independent SOA maturity model. *Lect. Notes Comput. Sci. Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinforma.* 5053 LNCS, 1–15 (2008).
53. Ibrahim, L., Pyster, A.: A single model for process improvement. *IT Prof.* 6, 43–49 (2004).
54. Hefner, R.: Lessons learned with the systems security engineering capability maturity model. In: Proceedings - International Conference on Software Engineering. pp. 566–567 (1997).
55. Harigopal, U., Satyadas, A.: Cognizant enterprise maturity model (CEMM). *Syst. Man Cybern. Part C Appl. Rev. IEEE Trans. On.* 31, 449–459 (2001).
56. Jochem, R., Geers, D., Heinze, P.: Maturity measurement of knowledge-intensive business processes. *TQM J.* 23, 377–387 (2011).
57. Burnstein, I., Suwanassart, T., Carlson, R.: Developing a Testing Maturity Model for software test process evaluation and improvement. In: Test Conference, 1996. Proceedings., International. pp. 581–589 (1996).

58. Rudolph, S., Krcmar, H.: Maturity model for IT service catalogues an approach to assess the quality of IT service documentation. In: 15th Americas Conference on Information Systems 2009, AMCIS 2009. pp. 6223–6232 (2009).
59. Curtis, P.D., Mehravari, N.: Evaluating and improving cybersecurity capabilities of the energy critical infrastructure. In: Technologies for Homeland Security (HST), 2015 IEEE International Symposium on. pp. 1–6 (2015).
60. Egan, L. d, Ritchie, J.M., Gardiner, P.D.: Measuring performance change in the mechanical design process arena. Proc. Inst. Mech. Eng. Part B J. Eng. Manuf. 219, 851–863 (2005).
61. Smits, D., Van Hillegersberg, J.: IT Governance Maturity: Developing a Maturity Model Using the Delphi Method. In: System Sciences (HICSS), 2015 48th Hawaii International Conference on. pp. 4534–4543 (2015).
62. Lamas, E., Ferreira, É., Do Nascimento, M.R., Dias, L.A.V., Silveira, F.F.: Organizational testing management maturity model for a software product line. In: ITNG2010 - 7th International Conference on Information Technology: New Generations. pp. 1026–1031 (2010).
63. Tripathi, A.K., Ratneshwer: Some Observations on a Maturity Model for CBSE. In: Engineering of Complex Computer Systems, 2009 14th IEEE International Conference on. pp. 273–281 (2009).
64. Fontana, R.M. b, Meyer, J., V., Reinehr, S., Malucelli, A.: Progressive Outcomes: A framework for maturing in agile software development. J. Syst. Softw. 102, 88–108 (2015).
65. Manjula, R., Vaideeswaran, J.: A Bootstrap Approach of Benchmarking Organizational Maturity Model of Software Product With Educational Maturity Model. Int. J. Mod. Educ. Comput. Sci. 4, 50–58 (2012).
66. Kassou, M., Kjiri, L.: SOASMM: A novel service oriented architecture Security Maturity Model. In: Proceedings of 2012 International Conference on Multimedia Computing and Systems, ICMCS 2012. pp. 912–918 (2012).
67. Solemon, B., Sahibuddin, S., Ghani, A.A.A.: A New Maturity Model for Requirements Engineering Process: An Overview. J. Softw. Eng. Appl. 5, 340–350 (2012).
68. April, A. d, Hayes, J.H., Abran, A., Dumke, R.: Software Maintenance Maturity Model (SMmm): The software maintenance process model. J. Softw. Maint. Evol. 17, 197–223 (2005).
69. Hillson, D.: Assessing organisational project management capability. J. Facil. Manag. 2, 298–311 (2003).
70. Patel, C., Ramachandran, M.: Story card Maturity Model (SMM): A process improvement framework for agile requirements engineering practices. J. Softw. 4, 422–435 (2009).
71. Doss, D.A., Kamery, R.H.: The Capability Maturity Model: A valid architecture to support a baseline environmental management maturity model. Allied Acad. Int. Conf. Acad. Inf. Manag. Sci. Proc. 9, 1–5 (2005).
72. Zhai, F., Liu, R.: Study on framework of construction project management maturity model. In: Proceedings - ICSSSM'07: 2007 International Conference on Service Systems and Service Management (2007).

73. Wetering, R. van de, Batenburg, R.: A {PACS} maturity model: A systematic meta-analytic review on maturation and evolvability of {PACS} in the hospital enterprise. *Int. J. Med. Inf.* 78, 127 – 140 (2009).
74. Battista, C., Schiraldi, M.M.: The logistic maturity model: Application to a fashion company. *Int. J. Eng. Bus. Manag.* 5, (2013).
75. Neff, A.A., Hamel, F., Herz, T.P., Uebernickel, F., Brenner, W., Brocke, J. vom: Developing a maturity model for service systems in heavy equipment manufacturing enterprises. *Inf. Manage.* 51, 895 – 911 (2014).
76. Axelsson, J.: Towards a process maturity model for evolutionary architecting of embedded system product lines. In: *ACM International Conference Proceeding Series*. pp. 36–42 (2010).
77. Jia, G., Chen, Y., Xue, X., Chen, J., Cao, J., Tang, K.: Program management organization maturity integrated model for mega construction programs in China. *Int. J. Proj. Manag.* 29, 834 – 845 (2011).
78. Niknam, M., Ovtcharova, J.: Towards higher configuration management maturity. *IFIP Adv. Inf. Commun. Technol.* 409, 385–395 (2013).
79. Paulk, M., Curtis, W., Chrissis, M.B., Weber, C.: *Capability Maturity Model for Software (Version 1.1)*. Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA (1993).
80. Kang, S., Myung, J., Yeon, J., Ha, S.-W., Cho, T., Chung, J.-M., Lee, S.-G.: A general maturity model and reference architecture for SaaS service. *Lect. Notes Comput. Sci. Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinforma.* 5982 LNCS, 337–346 (2010).
81. CMMI Product Team: *CMMI for Acquisition, Version 1.3*. Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA (2010).
82. Solar, M., Sabattin, J., Parada, V.: A maturity model for assessing the use of ICT in school education. *Educ. Technol. Soc.* 16, 206–218 (2013).
83. De Sousa Pereira, R.F., Da Silva, M.M.: A maturity model for implementing ITIL v3. In: *Proceedings - 2010 6th World Congress on Services, Services-1 2010*. pp. 399–406 (2010).
84. CMMI Product Team: *CMMI for Services, Version 1.3*. Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA (2010).
85. Niazi, M., Wilson, D., Zowghi, D.: A maturity model for the implementation of software process improvement: An empirical study. *J. Syst. Softw.* 74, 155–172 (2005).
86. Curtis, W., Hefley, W., Miller, S.: *People Capability Maturity Model (P-CMM), Version 2.0*. Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA (2009).
87. Tan, C.-S., Sim, Y.-W., Yeoh, W.: A maturity model of enterprise business intelligence. In: *Knowledge Management and Innovation: A Business Competitive Edge Perspective - Proceedings of the 15th International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2010*. pp. 20–29 (2010).
88. The SGMM Team: *Smart Grid Maturity Model, Version 1.2: Model Definition*. Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA (2011).

89. Solar, M., Concha, G., Meijueiro, L.: A model to assess open government data in public agencies. *Lect. Notes Comput. Sci. Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinforma.* 7443 LNCS, 210–221 (2012).
90. Duarte, A., da Silva, M.M.: Cloud Maturity Model. 2013 Ieee Sixth Int. Conf. Cloud Comput. Cloud 2013. 606–613 (2013).
91. Mayer, J., Fagundes, L.L.: A model to assess the maturity level of the risk management process in information security. In: 2009 IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management-Workshops, IM 2009. pp. 61–70 (2009).
92. Introna, V., Cesarotti, V., Benedetti, M., Biagiotti, S., Rotunno, R.: Energy Management Maturity Model: an organizational tool to foster the continuous reduction of energy consumption in companies. *J. Clean. Prod.* 83, 108–117 (2014).
93. Ahmed, F., Capretz, L.F.: An architecture process maturity model of software product line engineering. *Innov. Syst. Softw. Eng.* 7, 191–207 (2011).
94. Minonne, C., Turner, G.: Evaluating Knowledge Management Performance. *Proc. 6th Int. Conf. Intellect. Cap. Knowl. Manag. Organ. Learn.* 201–210 (2009).
95. Sukhoo, A., Barnard, A., Eloff, M.M., Van Der Poll, J.A.: An Evolutionary Software Project Management Maturity Model for Mauritius. *Interdiscip. J. Inf. Knowl. Manag.* 2, 99–118 (2007).
96. Visconti, M., Villarroel, R.: Managing the improvement of SCM process. In: Oivo, M. and KomiSirvio, S. (eds.) *Product Focused Software Process Improvement, Proceedings.* pp. 35–48 (2002).
97. Caracchi, S., Sriram, P.K., Semini, M., Strandhagen, J.O.: Capability Maturity Model Integrated for Ship Design and Construction. *IFIP Adv. Inf. Commun. Technol.* 440, 296–303 (2014).
98. Rios, E., Bozheva, T., Bediaga, A., Guilloreau, N.: MDD maturity model: A roadmap for introducing model-driven development. In: Rensink, A. and Warmer, J. (eds.) *Model Driven Architecture - Foundations and Applications, Proceedings.* pp. 78–89 (2006).
99. Huffman, J., Whitman, L.E.: Developing a capability maturity model for enterprise intelligence. In: *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline).* pp. 13086–13091 (2011).
100. Salleh, H., Alshawi, M., Sabli, N.A.M., Zolkafli, U.K., Judi, S.S.: Measuring readiness for successful information technology/information system (IT/IS) project implementation: A conceptual model. *Afr. J. Bus. Manag.* 5, 9770–9778 (2011).
101. Machado, C.G., Pinheiro De Lima, E. b, Gouvea Da Costa, S.E. b, Cestari, J.M.A.P., Kluska, R.A., Hundzinski, L.N.: Developing a sustainable operations maturity model (SOMM). In: 22nd International Conference on Production Research, ICPR 2013 (2013).
102. Chong, L.M., Jing, Z.: Research on Agricultural and Sideline Products Logistics Capability Maturity Model. *Proc. 2014 Int. Conf. Mechatron. Control Electron. Eng.* 113, 727–731 (2014).
103. Wendler, R.: Development of the organizational agility maturity model. In: 2014 Federated Conference on Computer Science and Information Systems, FedCSIS 2014. pp. 1197–1206 (2014).