

Evaluación del desempeño de Lean Construction

Lean Construction performance evaluation

Sandra CANO [1](#); Luis BOTERO [2](#); Leonardo RIVERA [3](#)

Recibido: 30/03/2017 • Aprobado: 15/04/2017

Contenido

- [1. Introducción](#)
 - [2. Metodología](#)
 - [3. Resultados – Extracción de la información](#)
 - [4. Conclusiones](#)
- [Referencias bibliográficas](#)

RESUMEN:

La implementación de Lean Construction (LC) requiere de un proceso de evaluación para conocer el desempeño del sistema de producción del proyecto de construcción e identificar sus oportunidades de mejora. Con un estudio de mapeo, se estructura y analiza la literatura disponible sobre iniciativas de evaluación de LC y se identifican brechas en investigación. En general las iniciativas actuales de evaluación de LC se centran en el cumplimiento de prácticas y el desempeño de herramientas.

Palabras clave: Lean Construction (LC), Madurez, Evaluación.

ABSTRACT:

The Lean Construction (LC) Implementing require assessing process to know the performance of the construction project's production system and identifying its opportunities for improvement. Through a mapping study the available literature on LC assessment initiatives is structured and analyzed. Research gaps are identified. In general, the LC evaluation initiatives focus on the fulfillment of practices and the performance of tools.

Keywords: Lean Construction (LC), Maturity, Assessing.

1. Introducción

Después de casi un cuarto de siglo de la utilización de Lean en la industria de la construcción (Koskela, 1992), se evidencia el aumento del uso de LC en empresas de construcción en todo el mundo (Aziz & Hafez, 2013). Desde 1993, el International Group for Lean Construction (IGLC) reporta diversas investigaciones que muestran el impacto de LC en el mejoramiento del desempeño del proyecto de construcción. Sin embargo, de acuerdo con Limón (2015), aún no se perciben estos beneficios de manera integral, debido a que aún no es fácil evaluar si los beneficios obtenidos son consecuencia de la utilización de LC.

En la literatura académica se identifican algunas herramientas que evalúan el desempeño de LC

en diversos aspectos. Entre ellas se cuenta con modelos de madurez, modelos de evaluación de prácticas lean, marcos de evaluación del cumplimiento de principios, uso de herramientas y aspectos asociados con las personas relacionadas con LC.

Este trabajo presenta iniciativas de evaluación de LC, identificadas en la literatura reciente, para extraer de ellas elementos que contribuyan en el desarrollo de una herramienta que para la evaluación y evolución de LC en la Gestión de Proyectos de Construcción (GPC). Ya que es la GPC que la que permite alinear a las personas, los procesos de producción y la gestión de producción para la fabricación del producto de construcción.

De acuerdo con Wendler (2012), Briede & Rebolledo (2010), Garay, Espinoza, Martínez, & Castro (2013), un estudio de mapeo sistemático de la bibliografía es un enfoque para realizar un estudio preciso del estado del arte sobre el tema de interés. El mapeo es una forma de revisión de la literatura que revisa diversas facetas de un mismo tema para identificar y analiza información relevante sobre el tema de interés.

Los principales hallazgos de esta investigación incluyen la clasificación de la bibliografía estudiada en áreas temáticas para seleccionar los elementos que participan de la madurez y evolución de LC, la identificación de modelos o herramientas específicos para la evaluación de LC, otros modelos que pueden ser adaptados para evaluar LC y las tendencias de publicaciones a partir de las primeras iniciativas hasta hoy.

1.1. Contexto conceptual

LC es una forma de diseñar los sistemas de producción en construcción con el propósito de mejorar la entrega de la oferta de valor para los clientes. Se enfoca en maximizar el valor para todas las partes interesadas en el proyecto a través de mejoras sistemáticas, sinérgicas y continuas en todas sus etapas, de tal manera que cada vez se esté más cerca de ofrecer a los clientes exactamente lo que desean. En este sentido, la implementación de LC es una vía para obtener un proceso de producción más eficiente.

El valor, desde el punto de vista del cliente, se conduce a partir de su construcción sociológica que involucra especificaciones, calidad, uso y satisfacción del bien o servicio de su interés (Rooke et al. 2010). Este se entiende mejor como un fenómeno intersubjetivo, debido a que "La transformación por sí sola en el proceso de producción no es el valor, como si lo es el hecho de que el producto o servicio corresponda con los deseos, requerimientos y expectativas del cliente" (Koskela, 2000).

A pesar de las diferencias entre las formas de producción entre manufactura y construcción, se puede lograr un enfoque de conjunto con la implementación de métodos y herramientas que permitan la reducción de los desperdicios y el aumento del valor (Dave et al., 2013). Una forma de contribuir a este aumento de valor, de acuerdo con Koskela (2004) y Koskela & Howell (2002), es mejorar el desempeño del sistema de producción, minimizando el desperdicio de materiales, tiempo y esfuerzo con el fin de generar la máxima cantidad posible de valor.

Identificar el impacto de la utilización de LC en el mejoramiento del sistema de producción es una manera de evaluar los beneficios de LC. Para esto se encuentran evidencias en la literatura actual de herramientas que evalúan diversos aspectos relacionados con LC como son los Modelos de Madurez (MM), Marcos de evaluación, Protocolos de evaluación, etc.

En este sentido, un MM es una herramienta con la cual se identifican y gestionan programas de mejoramiento para el logro de los objetivos empresariales (Ramirez, 2009) al evaluar el alcance de niveles de madurez previamente establecidos. El MM más reconocido es el Capability Maturity Model Integration (CMMI) (Wendler, 2012) que fue creado para evaluar procesos de desarrollo de software y ha sido adaptado a otros dominios entre ellos la Gestión de Proyectos (Szczyka & Olszewski, 2014).

La madurez se plantea entonces como un factor clasificador con el que se describe el logro de un conjunto de elementos que componen el sistema y pueden ser medidos con un enfoque

basado en procesos (Szczyka & Olszewski, 2014). La madurez se enfoca en volver realidad lo proyectado en todas las dimensiones empresariales y es la consecución sistemática de los más altos estándares de excelencia que impactan positivamente el desempeño del sistema de producción.

1.2 Trabajos relacionados

Para la identificación de trabajos relacionados se adoptaron dos puntos de vista: uno sobre las herramientas de evaluación LC en sí mismas, y otro con respecto de metodologías para auscultar el estado del arte e identificar las oportunidades de investigación en el tema de interés. No se hallaron referencias de revisiones del estado del arte sobre evaluación de LC. De otra parte, se conocieron dos trabajos relacionados con madurez, uno en el cual se revisa la literatura para conocer el estado del arte sobre los MM y otro sobre diseño de MM. El valor de estas publicaciones está en el uso de la metodología para conducir una búsqueda bibliográfica de este tipo. Al no disponer de un estudio relacionado con la evaluación de LC, es relevante adelantar el presente estudio de mapeo con este propósito.

Un primer trabajo realiza una revisión sistemática de literatura sobre MM (Wendler, 2012). Se desarrolla el método de mapeo de bibliografía, demostrando que los MM son herramientas reconocidas para identificar el nivel de implementación de estrategias de mejoramiento de la calidad de procesos. Adicionalmente es explícito que cualquier desarrollo con respecto de una herramienta de evaluación de madurez debe estar complementado con un proceso de validación.

El trabajo de Becker, Knackstedt, & Pöppelbuß (2009) presenta una serie de criterios, con enfoque científico, para el desarrollo de MM con énfasis en Tecnología de Información (TI). Este es una guía para realizar diseños metódicos y evaluaciones de madurez en otros dominios, su valor radica en la mirada a los enfoques de madurez y el modelo general para la construcción de MM a partir de una revisión de referencias con respecto de los requerimientos para su desarrollo.

2. Metodología

La investigación se realiza con ayuda de un Estudio de Mapeo Sistematizado (EMS) o Systematic Mapping Study (SMS). Este es un método para obtener información sobre temas específicos, tendencias y oportunidades de investigación por medio del análisis y comparación de la literatura relacionada con temas, conceptos y métodos utilizados (Kitchenham, Budgen, & Brereton, 2011). Se realiza una amplia revisión de estudios primarios en el área de interés para identificar evidencia de investigación sobre el tema y establecer una visión general sobre el campo de investigación de interés. Este tipo de estudios no cuestiona los resultados de las investigaciones revisadas, ya que su elaboración exige una posición neutral para centrar la atención en identificar los temas del estado del arte, y auscultar temas no abordados aún. No es posible consultar todos los trabajos del campo de interés, por lo que la definición de los criterios de inclusión y exclusión es importante para la selección de información, así como definir claramente el alcance para conducir de manera precisa la búsqueda. De acuerdo con Petersen et al. (2007) un estudio de este tipo se realiza en cinco etapas: 1. Definición las preguntas de investigación, 2. Selección de las fuentes y realizar la búsqueda de estudios primarios, 3. Selección de las referencias según los criterios de inclusión y exclusión definidos, 4. Clasificación los documentos, 5. Extracción la información de interés.

2.1. Objetivo del estudio

Identificar iniciativas de evaluación del desempeño de LC.

2.2. Preguntas de investigación del estudio de mapeo

El planteamiento de las preguntas de investigación es una forma eficaz para conducir los objetivos específicos de acuerdo con el alcance del estudio, Tabla 1.

No	Pregunta	Objetivo
PI 1	¿Qué iniciativas de evaluación de LC se reportan por la comunidad científica?	Identificar herramientas u otros tipos de artefactos diseñados específicamente para evaluar LC
PI 2	¿Las iniciativas de evaluación incluyen modelos de madurez en LC?	Identificar modelos de madurez de LC
PI 3	¿Se identifican otras herramientas, artefactos o modelos de madurez en otras temáticas de evaluación de LC?	Identificar otras herramientas o artefactos que potencialmente sean utilizados en la evaluación de los otros aspectos de LC
PI 4	¿Qué metodología de investigación se utiliza para el desarrollo de iniciativas de evaluación de LC?	Relacionar las metodologías de investigación utilizadas en el desarrollo de iniciativas de evaluación de LC
PI 5	¿Se identifican herramientas para propiciar la evolución de LC?	Identificar en la literatura la existencia de iniciativas para dirigir la evolución de la madurez de LC a través de niveles de madurez

Tabla 1: Preguntas de investigación para el EMS.

2.3. Selección de fuentes

Se seleccionaron referencias en el periodo comprendido entre 1998 y 2016, en las siguientes bases de datos: Business Source Complete, Emerald, Engineer Village, IEEE, ISI Web of Science, ProQuest, Redalyc, Science Direct, Scielo, Scopus, Springer, Taylor and Francis y Wiley Journals.

Las palabras claves utilizadas para refinar la búsqueda: "Lean Construction", Maturity, Assessment, Assessing, Evaluating, Evaluation, Performance, "Model for maturity assessing", "Model for evolution", "Framework for assessing", "Framework for maturity", "Framework for Evaluation", "Maturity grid", "Protocol for assessing", "Framework for Implementation", "Maturity level", "Construction Project Management", "Model for maturity assessing of the construction project management", "Assessing of the construction project management",

La selección de palabras clave exigió el planteamiento de una amplia diversidad de opciones de búsqueda debido a que no hay una forma estándar para identificar este tipo de evaluación, así, por ejemplo, la palabra "evaluation" se usa para comparar mejora de cualquier tipo o estado final o el uso de palabras como performance o assessment.

Las palabras claves fueron organizadas en una ecuación de búsqueda, de tal manera que al término Lean Construction estuviera asociado con los otros términos. La escritura de esta ecuación se modifica dependiendo del motor de búsqueda de cada base de datos, por ejemplo: ("lean construction" **AND** (maturity **OR** assessment **OR** assessing **OR** evaluating **OR** evaluation **OR** performance **OR** Grid **OR** "Model for maturity assessing" **OR** ... etc.)

2.4. Proceso de búsqueda

Primer paso: Con las palabras clave "Lean Construction" se identifican 4542 referencias en las todas las bases de datos consultadas. La Figura 1.

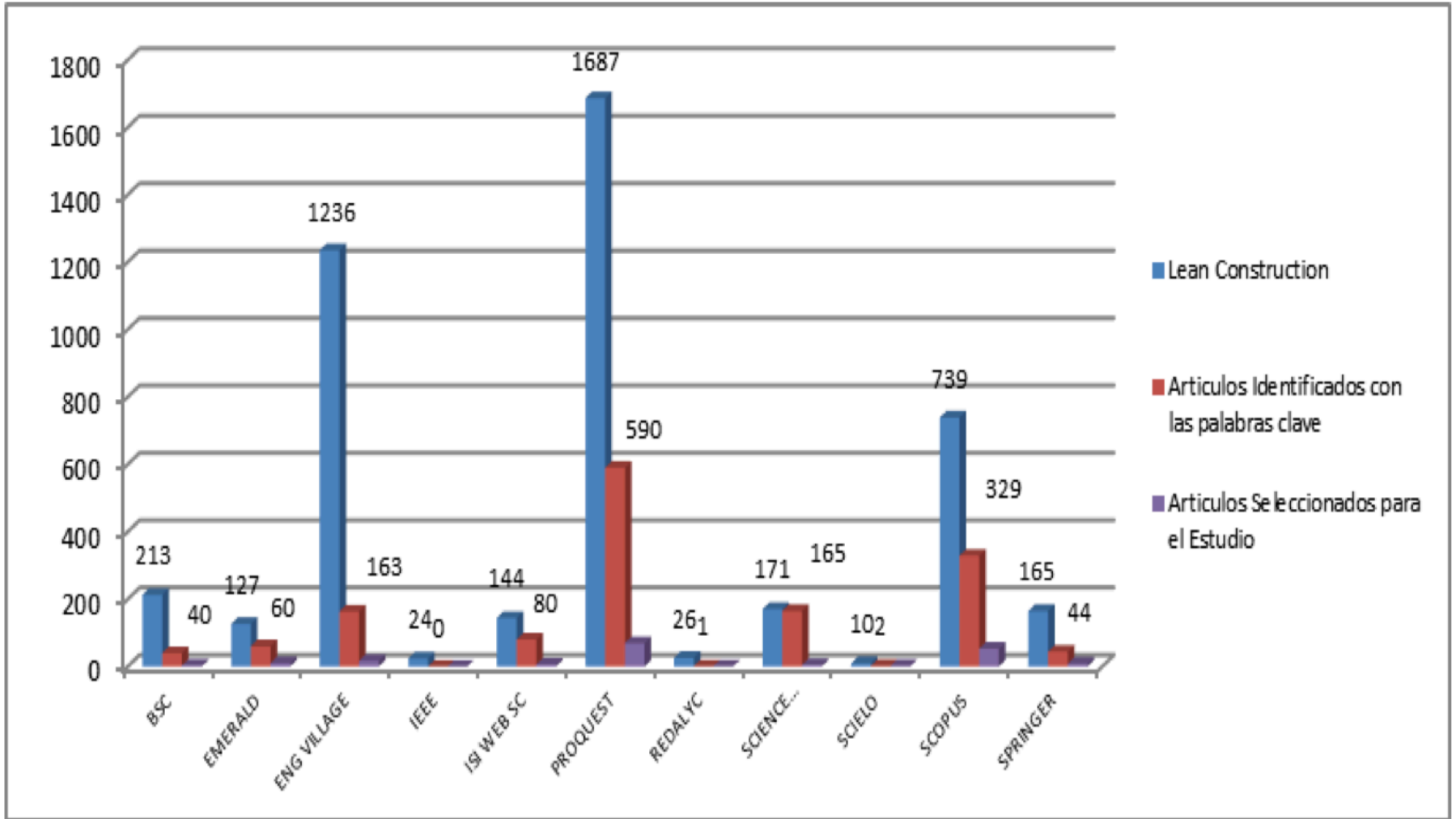


Figura 1: Referencias por base de datos.

Segundo paso: Con la ecuación se identifican 1448 referencias: artículos, actas de conferencias y tesis de maestría y doctorado. Se revisan los títulos y resúmenes, y en algunos casos el contenido, clasificándolas en: herramientas de evaluación, modelos, marcos de implementación, marcos de evaluación, indicadores para evaluación, entre otros. En el Grafico No 1, se presentan las referencias por año desde 1998 hasta 2016 donde se evidencia un incremento del interés en temas relacionados con la investigación a partir de 2004, un poco más de diez años desde la propuesta de implementación de Lean en el sector de construcción.

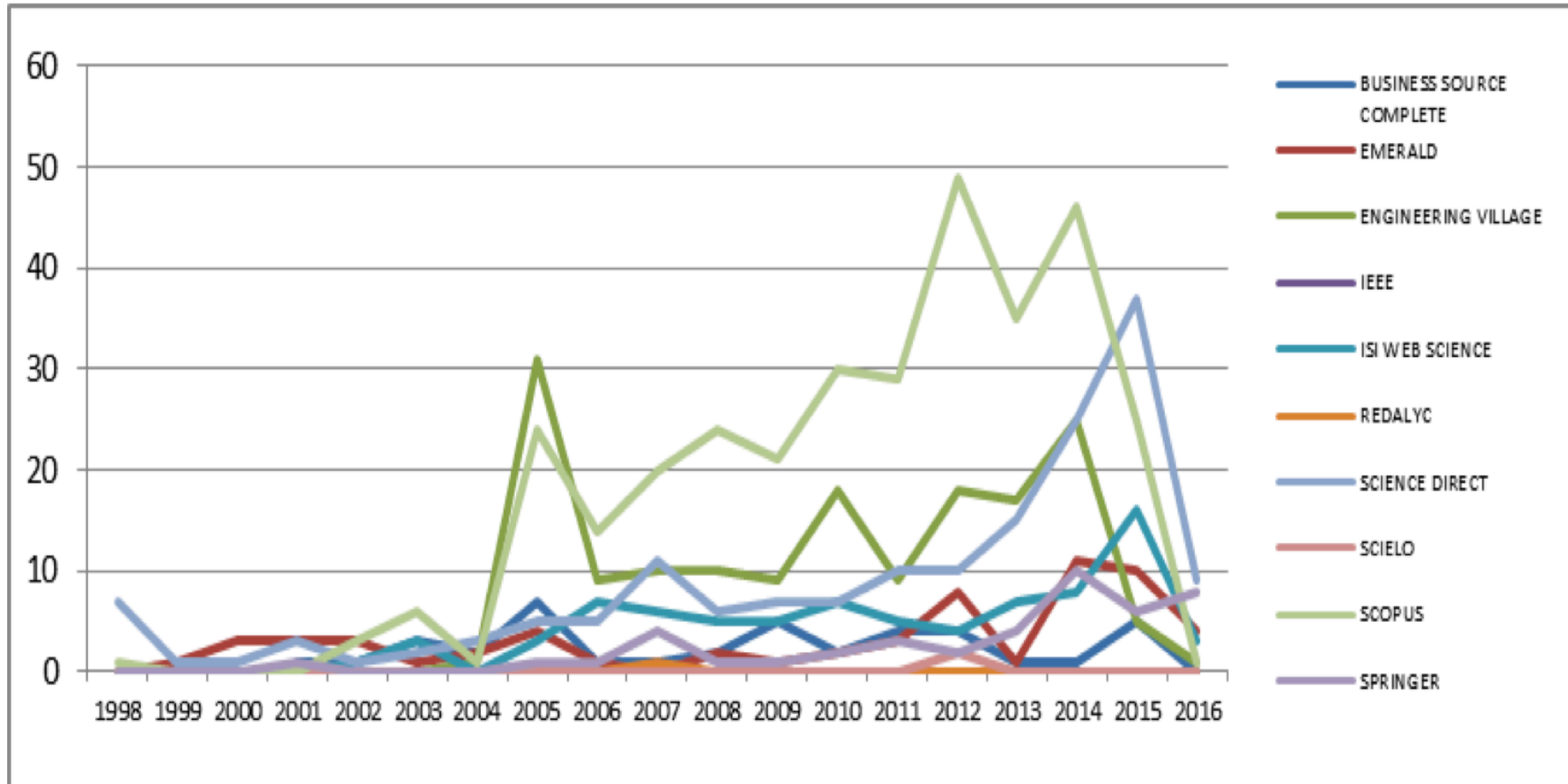


Grafico 1: Referencias por año. Iniciativas de evaluación del nivel de madurez de la implementación de LC y temas relacionados.

A partir de este punto, se eliminan artículos que no sean del interés de la investigación al aplicar los criterios de exclusión y se obtienen finalmente 145 referencias. En la Figura 2 se muestra una relación de artículos seleccionados. Con los criterios de inclusión y exclusión, se seleccionan los estudios más relevantes que finalmente serán analizados.

Criterios de Inclusión: Se tuvieron en cuenta documentos en inglés, algunos en español y portugués. El criterio de inclusión más importante para seleccionar los artículos se refiere a artículos que expresan la evaluación y la madurez de LC que se han documentado en casos de diferentes partes del mundo.

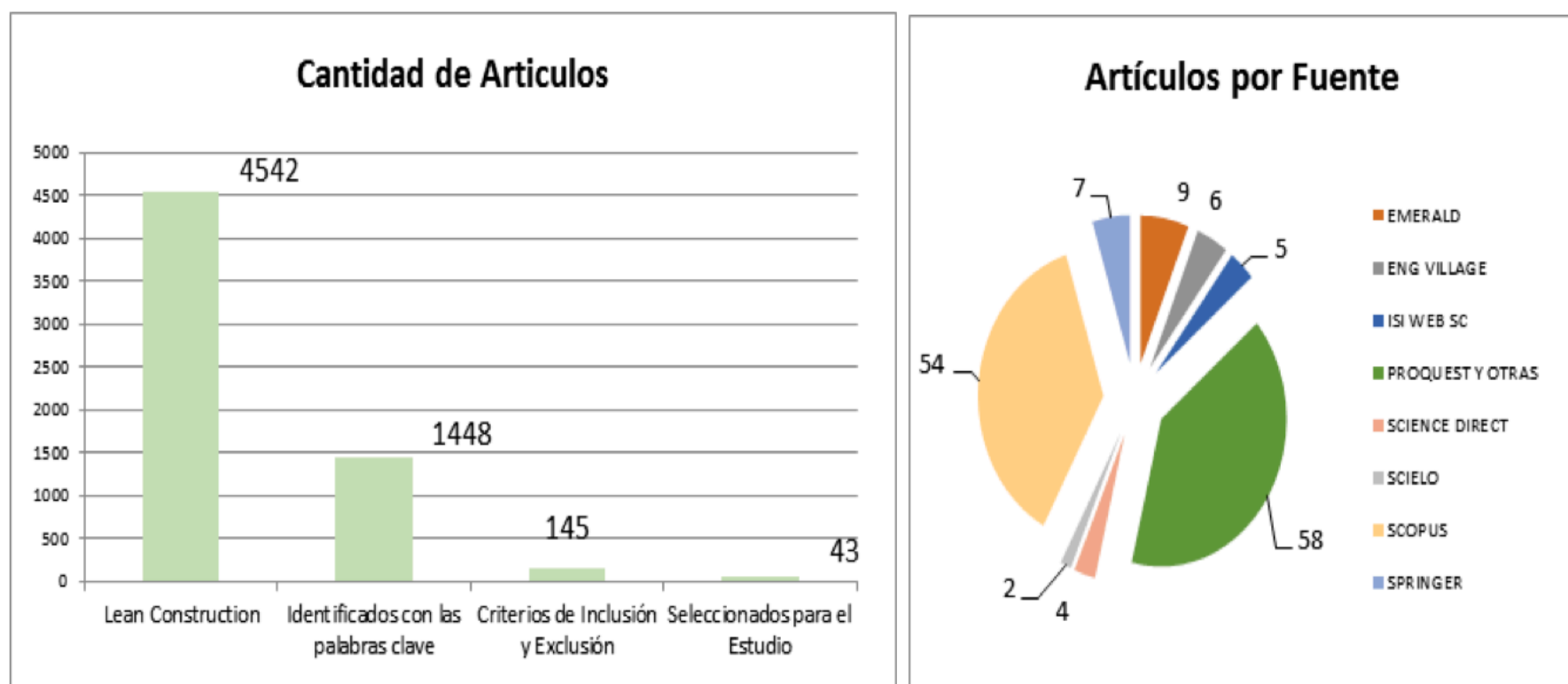


Figura 2: Selección de referencias.

Se incluyeron artículos de revistas académicas, algunas tesis de maestría y doctorado y artículos de congresos destacados en el ámbito de LC y artículos con iniciativas de evaluación en temáticas afines en el sector de construcción.

Criterios de Exclusión: Los criterios de exclusión fueron: publicaciones y artículos generales centrados en la aplicación de Lean Manufacturing, Lean Production, cualquier referencia a BIM, Green y Waste. Se excluyeron revistas profesionales, servicios de prensa, periódicos, revistas de carácter general, artículos de difusión, artículos periodísticos, reseñas, informes técnicos, capítulos de libros y libros, blogs, podcasts y sitios web. Artículos que a pesar de anunciar en su contenido que evalúan implementación de LC, realizan evaluaciones de otros elementos en particular, como por ejemplo, solo evalúan la implementación de Last Planner System o 5S. Se excluyeron referencias con la palabra performance, ya que esta agrupa una cantidad de temáticas en diferentes sentidos al del interés de la investigación.

Tercer paso: Este último paso permitió identificar 43 referencias relevantes para la investigación y clasificarlas en cuatro temáticas para estudio ya que las otras cuatro agrupan iniciativas de evaluación que pueden ser aplicables a LC, Tabla 2. La Figura 3 muestra el proceso de búsqueda.

Temática de Clasificación		Alcance
I	Implementación de LC	Modelos, marcos de madurez u otra herramienta
II	Principios LC	Evaluación del cumplimiento de los principios LC
III	Herramientas LC	Desempeño de las herramientas LC
IV	Personas relacionadas con LC	Evaluación de actitudes y desempeño de las personas relacionadas con la implementación de LC.
V	Otros aspectos relacionados con LC	BIM, CSC, Implementación, Indicadores de desempeño, etc.
VI	Lean Manufacturing o Lean Production	Evaluaciones en el dominio de manufactura que ofrecen elementos para LC.
VII	Gestión de Proyectos y Gestión de proyectos de Construcción	Modelos específicos y con diferentes enfoques: madurez de la gestión, calidad, cultura organizacional, desempeño y excelencia,
VIII	Otros modelos de madurez aplicables a LC	Modelos en Manufactura, Construcción, Infraestructura, Tecnologías de la Información, que son aplicables a LC

Tabla 2. Temáticas de clasificación de evaluación.

Los Journals en los que han sido publicadas las referencias corresponden a: Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, Journal of Management in Engineering, Lean Construction Journal, Australasian Journal of Construction Economics and Building, Journal of Technology Management in China, Total Quality Management, International Journal of Construction Management, Espacios, KSCE Journal of Civil Engineering, Redalyc - Scientific Information System - Network of Scientific Journals from Latin America, the Caribbean, Spain and Portugal, Construction Innovation, Journal of King Saud University – Engineering Sciences, Alexandria Engineering Journal, Benchmarking: An International Journal, Global Perspective on Engineering Management, International Journal of Production Research, Engineering, Construction and Architectural Management.

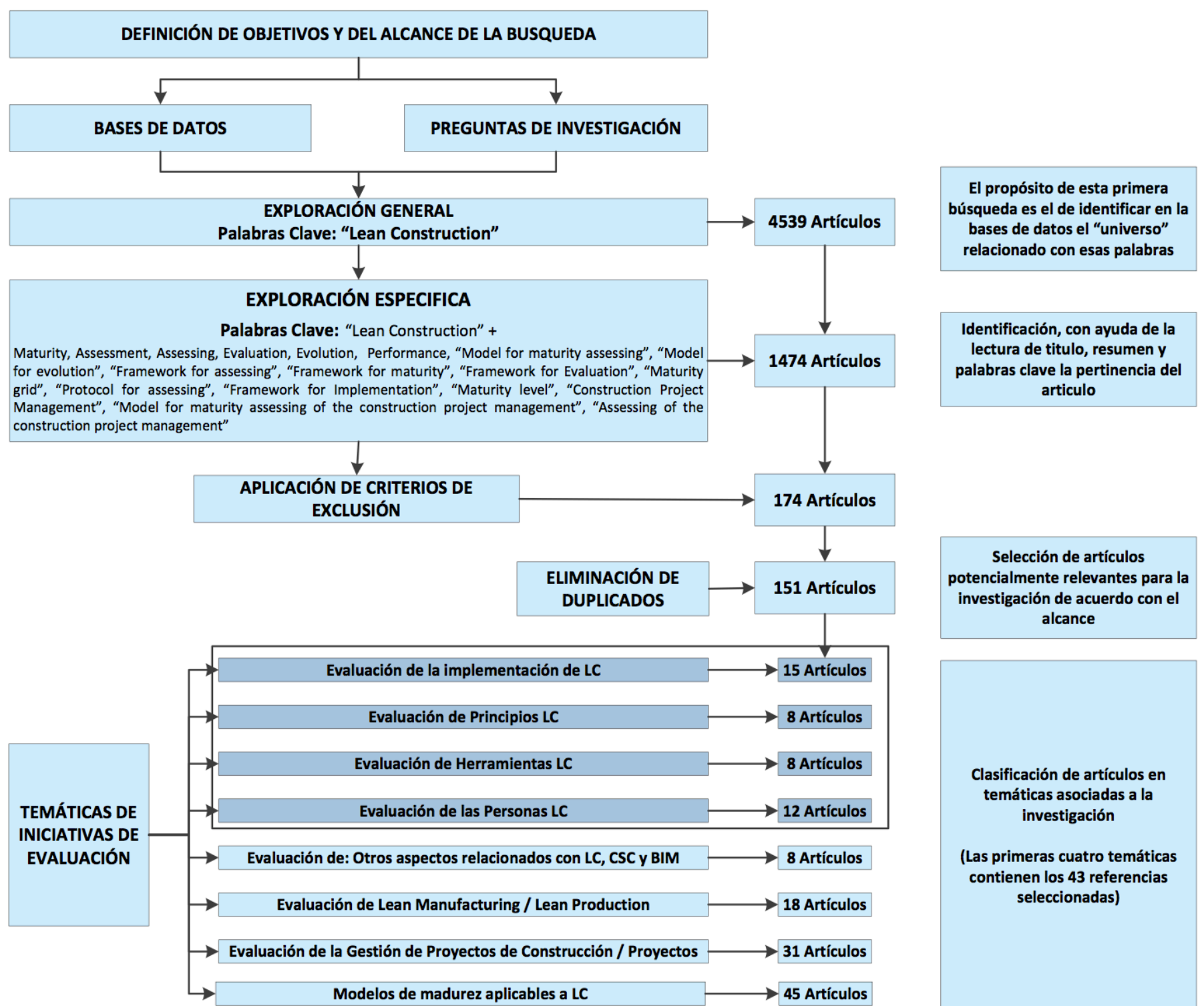


Figura 3: Proceso de búsqueda.

2.5. Calificación de referencias en temas de investigación

Se califica el nivel de contribución a la investigación en una escala de 1 a 5, (1: baja contribución, 5: alta contribución), Figura 5. Esta calificación se llevó a cabo por el grupo investigador y el principal criterio es la cercanía con la evaluación de LC.

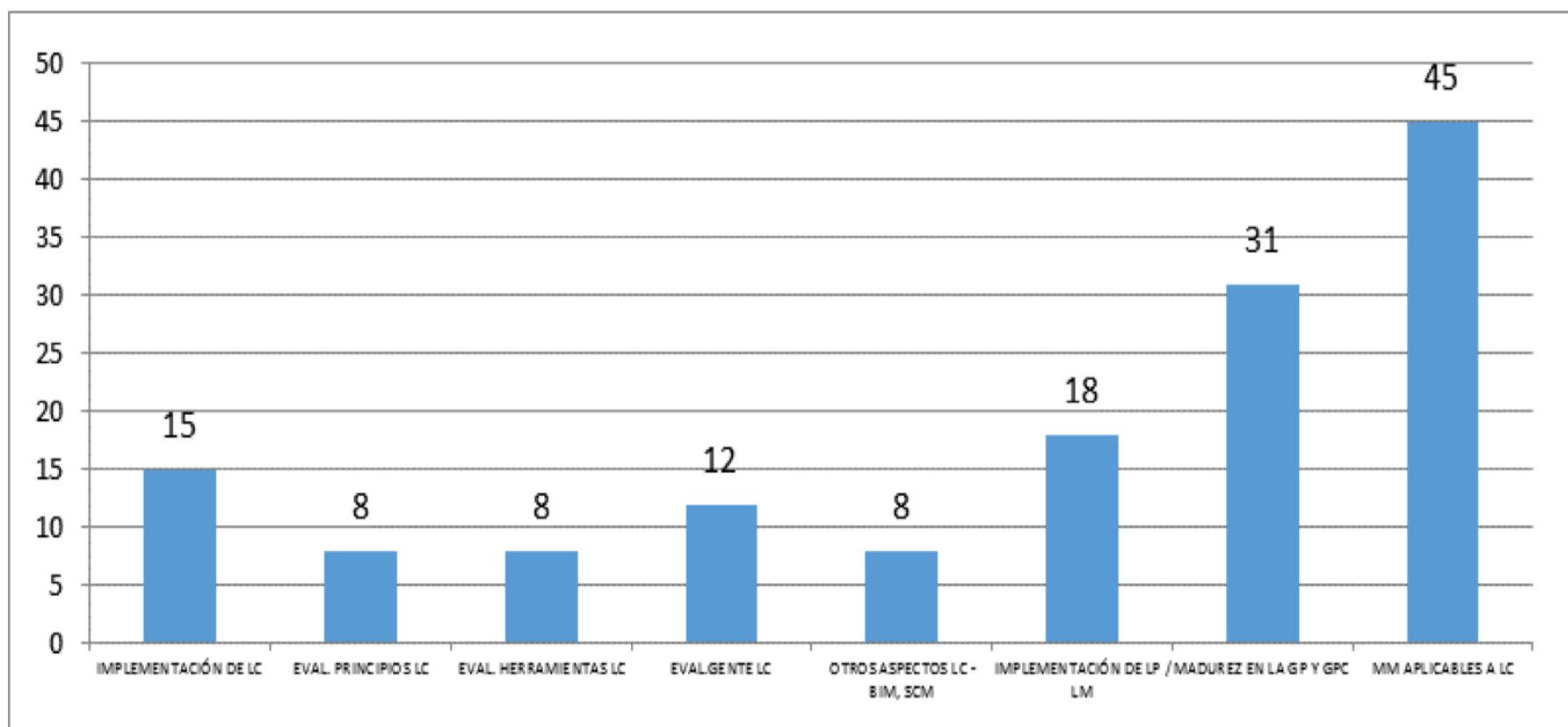


Figura 4: Clasificación de referencias en temáticas relacionadas con la investigación.

Con respecto de las cuatro primeras temáticas clasificaciones se realiza el análisis de los resultados del mapeo.

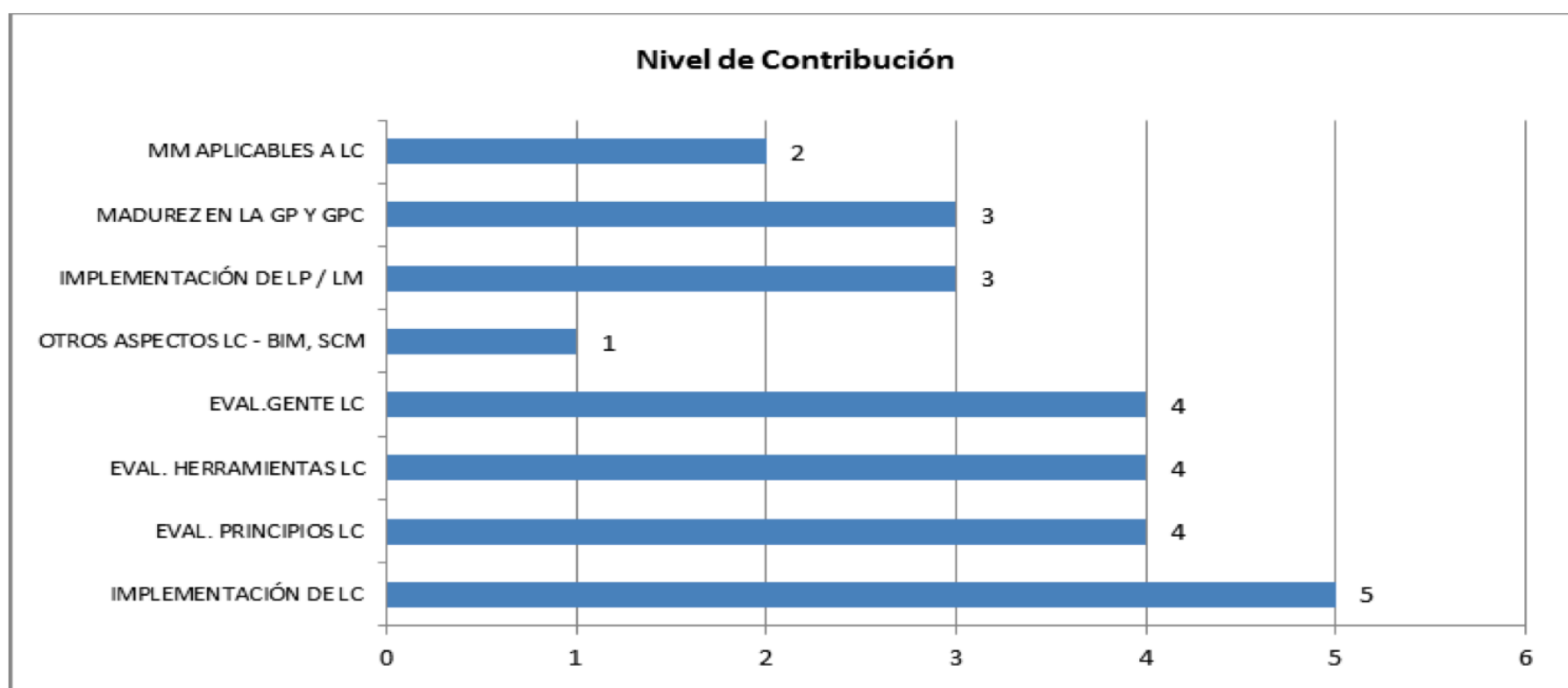


Figura 5: Nivel de contribución de las temáticas en la investigación principal.

3. Resultados – Extracción de la información

Los resultados del estudio se presentan de acuerdo con el alcance del estudio y las preguntas de investigación. No se identificó de un artículo que revise la literatura disponible. Las revisiones de referencias se realizan principalmente en tesis de maestría y doctorado.

3.1. Identificación de herramientas para evaluar LC (PI 1 y PI 2)

En este estudio se identificaron 15 referencias relacionadas con la evaluación de LC y en estas

referencias se destacan cinco iniciativas de evaluación de LC de acuerdo con la temática de clasificación I, Tabla 2. Cuatro de estas herramientas corresponden a instrumentos para calificar el cumplimiento de prácticas Lean reportadas en cinco referencias (Hofacker et al., 2008)(Vieira et al., 2012)(Valente et al., 2012)(Etges et al., 2013)(Tezel & Nielsen, 2013). En (Nesensohn, 2014) se desarrolla un modelo de madurez de LC enfocado a organizaciones donde el proyecto de construcción hace parte de procesos y sistemas como un factor de evaluación.

3.2 Identificar otras herramientas o artefactos que potencialmente sean utilizados en la evaluación de otros aspectos de la implementación de LC (PI 3)

Las temáticas de evaluación II, III y IV presentan iniciativas de evaluación de principios (8), uso de herramientas (8) y diferentes aspectos de las personas en relación con LC (12). En la temática II, las iniciativas de evaluación se concentran en verificar el cumplimiento de identificar prácticas relacionadas con la aplicación de los principios LC. Estas prácticas se obtienen principalmente de consulta a expertos y el cumplimiento de ellas se verifica con la aplicación de instrumentos como entrevistas, encuestas y observación directa. En esta categoría se destacan principalmente tesis de maestría y algunos autores que presentan resultados de estudios de caso. Las referencias corresponden a los siguientes autores: (Soto, 2016) (Shang & Pheng, 2012)(Huang, 2013; Vilasini et al., 2011)(Costa Neto et al., 2015)(Shang, 2013)(B. S. De Carvalho, 2008)(F. De Carvalho, 2012)(Huang, 2013)(Vilasini et al., 2011). Se destaca el trabajo de Soto (2016) que presenta un Modelo de Madurez de la aplicación de los principios LC, con el cual pretende evaluar aspectos que se cruzan de acuerdo con los diferentes alcances y niveles organizacionales en el marco del desarrollo del proyecto de construcción

Autores	Referencia	Descripción
Hofacker, A; Fernandes de Oliveira, B; Gehbauer, F; Darte Freitas, M do Carmo; Mendes Jr, R; Santos, A; Kirsch, J	Rapid LC Quality Rating Model. 2008	Es una herramienta de evaluación rápida de la aplicación de los principios LC en la etapa de construcción. A través del desempeño de la obra se puede conocer el desempeño de la organización respecto a LC.
Vieira, L; Oliveira, L; Amaral, T.	Application of the Rapid Lean Construction-Quality Rating Model to Engineering Companies. 2012	Este modelo es una mejora del modelo original Rapid LC Quality. Utiliza el RLCQ para evaluar la aplicación de los principios de Lean Construction a dos empresas constructoras en el Estado de Goiás-Brasil.
Valente, C; Novaes, C; Mourão, C; B. Neto, J.	Lean monitoring and evaluation in a construction site: a proposal of lean. 2012	Establece lineamientos para evaluación en la obra sobre la implementación y consolidación de LC.
Etges, B; Saurin, T; Bulhões I.	A protocol for assessing the use of lean construction practices. 2012	Se trata de un protocolo para la evaluación del uso de las prácticas de LC en obras.
Tezel, A; Nielsen, Y.	Lean Construction Conformance among Construction Contractors in Turkey - 2013	Este trabajo presenta y analiza los resultados de los niveles de conformidad LC entre los contratistas.

		Establece sus fortalezas y debilidades con respecto de LC.
Nesenshon, C.	An innovative framework for assessing lean construction maturity. 2014	Desarrolla un marco de evaluación de la madurez que permita a las organizaciones de construcción medir la distancia entre el lugar donde se encuentran y donde ellas quieren estar, en función de su madurez LC.

Tabla 3. Referencias relacionadas con la evaluación de LC.

Para la temática III, las iniciativas de evaluación se concentran en evaluar el desempeño de Last Planner System (LPS) y la manera como se presentan y superan las dificultades para la implementación, la ejecución de mejoras en la productividad, la reducción de la variabilidad y la eficacia de las estrategias de implementación (Salem et al., 2006)(Kim & Park, 2006)(Alarcón et al, 2008) (Cortez, Cortez, Garcia, & Rodriguez, 2009)(Pavez et al., 2010)(Ogunbiyi et al., 2011)(Ogunbiyi et al., 2014)(Jünge et al., 2015). Una de estas evaluaciones amplía su alcance a herramientas como Gestión Visual, Reuniones diarias, Estudios de inicio, 5s, y Prueba de fallas de calidad (Salem & Zimmer, 2005).

En la temática IV se ubican iniciativas de evaluación que conducen a identificar en las personas capacidades para la gestión y el desarrollo de los procesos LC en una organización de construcción. Al reconocer estas capacidades en las personas, la organización puede promover, desarrollar, motivar, organizar y retener el talento necesario para mejorar continuamente y sostener los procesos relacionados con LC. (Castka, Bamber, & Sharp, 2004)(Pavez & Alarcón, 2006)(Pavez & Alarcón, 2007)(Curtis et al., 2001)(Curtis et al., 2001)(Pavez & Alarcon, 2012) (Sarhan & Fox, 2012)(Sarhan & Fox, 2013)(Tortorella & Fogliatto, 2013)(Tortorella & Fogliatto, 2014) (Cruz & Santos, 2015)(Salvarierra et al., 2015)

Los procesos de validación de las herramientas son escasos, aunque algunas herramientas se aplican en campo. Los resultados de la aplicación de herramientas se presentan en las referencias como casos de estudio. Los autores reconocen que se requiere de más aplicaciones para consolidar resultados que conduzcan a tomar decisiones más precisas.

3.3 Relación de las metodologías de investigación utilizadas en el desarrollo de iniciativas de evaluación de LC (PI 4)

En todos los casos la metodología de investigación que se desarrolla es cualitativa. Se hace uso principalmente del conocimiento de expertos. Se destacan las entrevistas para recolección de información tanto para la construcción del instrumento como para la aplicación de este. También se utilizan las encuestas como instrumentos complementarios para recolección de información. La actividad más relevante es el grupo focal, del cual se obtiene información más precisa pues involucra el criterio experto sobre las preguntas, por lo general abiertas, con que se aborda esta actividad. Los expertos son consultados tanto para obtener información relevante para el desarrollo del modelo como para la validación (Nesensohn, 2014).

3.4 Identificar en la literatura la existencia de iniciativas estándar para dirigir la evolución de la madurez de LC a través de niveles de madurez (PI 5)

No fue posible, en el marco de esta revisión, hallar información referente a herramientas que contribuyan en la evolución de la madurez de la implementación de LC en general, ni con referencia a laGPC, ni en las otras temáticas clasificadas.

3.5 Implicaciones de la investigación

No se identificaron modelos de evaluación de la madurez de LC con enfoque específico en la GPC. No hay iniciativas de evaluación que consideren las fases de ejecución del proyecto. Esto confirma la existencia de una laguna de investigación relacionada con la formulación de una herramienta de evaluación de la implementación de LC en la GPC.

Los artículos abordan marcos conceptuales que apoyan el desarrollo de las iniciativas de evaluación en forma resumida. Las tesis desarrollan en mayor profundidad conceptos y teorías relacionadas con el tema y no se identifican aportes teóricos relevantes al tema de evaluación de LC. Se identifican diversos modelos de madurez que podrían ser adaptados para su aplicación a LC, modelos desarrollados para construcción así como también modelos de otros dominios. No hay una manera estándar para establecer los lineamientos comunes que deben ser incluidos en el desarrollo de un modelo de madurez de LC.

También conviene decidir si se adaptan modelos de madurez existentes o se desarrollan nuevos modelos según el interés de evaluación. De igual manera es conveniente decidir qué proceso de validación es más conveniente para una herramienta de evaluación de LC.

Ya en la práctica, la aplicación de una herramienta de evaluación debe conducir las acciones que permitan avanzar de un nivel de madurez a otro con un impacto destacado en el desempeño del proceso de producción producto de esta madurez. Evaluaciones y acciones que deben ser entendidas y gestionadas por las personas en el sistema de producción y no debería ser una tarea de consultores por medio de auditorías. La filosofía LC en si misma invita a la participación de los equipos de trabajo en esta tarea, las auditorias solo deberían ser consideradas como una acción de verificación y no la acción principal de evaluación.

La aplicación del modelo de evolución podría ser vista como una herramienta de benchmarking permitiendo el compartir la información como una estrategia colaborativa dentro de la misma organización así como del sector hacia el establecimiento de más altos estándares de desempeño.

3.6 Limitaciones

Solo se hace uso de investigaciones publicadas en revistas académicas, congresos relevantes en LC y tesis de maestría y doctorado seleccionadas. No se incluyen publicaciones como informes técnicos.

4. Conclusiones

El estudio de la literatura presenta un primer resumen sistemático de investigación relacionada con iniciativas con las que se evalúe la eficiencia y el desempeño de la implementación de LC en el proyecto y la organización de construcción. Esta revisión e identificación de las publicaciones disponibles ayuda a los investigadores interesados en esta temática a obtener una visión general de la investigación del estado de la técnica y las brechas de investigación en esta temática.

Se identificaron diversas metodologías para evaluar la madurez en la implementación de LC, así como también en ocho temáticas de evaluación de madurez en los cuales es posible identificar elementos que conduzcan a adaptar o desarrollar una herramienta de evaluación de la madurez específica para la GPC: Implementación de LC, Principios LC, Herramientas LC, Personas relacionadas con LC, Otros aspectos relacionados con LC, Lean Manufacturing o Lean Production, Gestión de proyectos y Gestión de proyectos de construcción y Otros modelos de madurez aplicables a LC. Sin embargo, la atención se concentra en cuatro categorías de clasificación directamente relacionadas con LC.

Se establece que son muy pocas las iniciativas de evaluación del nivel de madurez de la

implementación de LC, se destacan un modelo de madurez de LC, el LeCMM (Nesensohn, 2014), con enfoque en la organización.

En relación con las ocho categorías, se presenta una alta concentración de MM con enfoque en el CMMI, así como un alto porcentaje de artículos se refieren a evaluaciones de la etapa de ejecución de la obra. Hay una alta incidencia de evaluaciones relacionadas con el desempeño de las herramientas LC en obra, sin embargo las otras fases del proyecto están desatendidas a pesar que se critica el hecho que las fases de planeación y contratación son muy importantes para el buen desempeño de la fase de ejecución de la obra.

En términos generales, el desarrollo de estas herramientas hace uso de métodos de investigación cualitativos, como entrevistas, encuestas, consultas a grupos focales, observación y recolección de información en sitio. En la mayoría de casos solo se utiliza la entrevista. También se utiliza una combinación de herramientas en el marco del desarrollo de métodos mixtos de investigación (Métodos cualitativos y cuantitativos).

Los procesos de validación son escasos, se realizan aplicaciones de evaluaciones en relación directa con la herramienta propuesta. En este sentido no se evidencian aplicaciones de las herramientas, salvo en un caso (Hofacker et al., 2008), que conduzcan a establecer la validez de la evaluación.

No se identificó, en el desarrollo de este estudio, ninguna iniciativa que apoye la evolución de madurez de la aplicación de LC. Se evidenciaron pocos procesos de validación de las herramientas, lo que indica la existencia de una brecha entre las propuestas de modelos de evaluación de madurez desarrollada y su validación.

4.1 Trabajos Futuros

Estudiar las mejores prácticas relacionadas con el proceso de implementación de LC, la evaluación de esa implementación para identificar los niveles de madurez en que se encuentra y utilizar estrategias validadas para lograr el paso hacia niveles de madurez superior, deben estar armonizadas con sus efectos en el desempeño del proceso de producción.

En cada temática de clasificación se pueden identificar los elementos comunes, así como los particulares, con los que con cada herramienta se realiza la evaluación y así estructurar herramientas más precisas de evaluación y evolución. De esta manera seleccionar los elementos responsables de los procesos de madurez de LC en la GPC y así desarrollar una herramienta para evaluar y contribuir a la evolución de la implementación de LC. De igual manera proponer indicadores que permitan establecer los avances y desempeño de las mejoras.

Para procesos de validación de modelos de madurez o de evolución, es conveniente adelantar un estudio que conduzca a identificar el mejor método de validación dependiendo del alcance y propósito del mismo.

4.2 Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad del Valle que patrocina esta investigación.

Referencias bibliográficas

Alarcón, L. F. L., Diethelm, S., Rojo, O., & Calderón, R. (2008). Assessing the impacts of implementing lean construction. *Revista Ingenieria de Construccion*, 23(1), 26–33.

<http://doi.org/10.4067/s0718-50732008000100003>

Aziz, R. F., & Hafez, S. M. (2013). Applying lean thinking in construction and performance improvement. *Alexandria Engineering Journal*, 52(4), 679–695.

<http://doi.org/10.1016/j.aej.2013.04.008>

- Becker, J., Knackstedt, R., & Pöppelbuß, J. (2009). Developing Maturity Models for IT Management. *Business & Information Systems Engineering*, 1(3), 213–222. <http://doi.org/10.1007/s12599-009-0044-5>
- Briede, J. C., & Rebolledo, A. (2010). Nuevos modelos para la innovación en el diseño conceptual de productos: " Mapa del estado del arte de la propuesta conceptual ." *Theoria*, 19(1), 31–39. Retrieved from <http://www.ubiobio.cl/miweb/webfile/media/194/v/v19-1/2.pdf>
- Castka, P., Bamber, C. J., & Sharp, J. M. (2004). Benchmarking intangible assets: enhancing teamwork performance using self-assessment. *Benchmarking: An International Journal*, 11(6), 571–583. <http://doi.org/10.1108/14635770410566483>
- Cortez, D., Cortez, K., Garcia, G., & Rodriguez, M. (2009). Factores determinantes en la implementación de Lean utilizando teoría psicosocial. *InnOvaciOnes de NegOciOs*, 6(2), 173–188.
- Costa Neto, E. N., Sartori Filho, H., Santiago, M. V, dos Santos, P. R., Santana, P. L., & da Silva, R. B. (2015). Evaluation of the use of the principles of lean construction in two companies in the construction sector in the municipality of Rondonópolis-MT. *Espacios*, 36(19), 11.
- Cruz, H., & Santos, D. (2015). InvestigaçãO do comportamento enxuto de empresas construtoras de médio porte. In *Sibragec Elagec 2015, Sao Carlos, Brasil 7 a 9 de outubro*. Sao Carlos.
- Curtis, B., Hefley, W., & Miller, S. (2001). *People Capability Maturity Model® (P-CMM®)*. Pittsburgh, PA 15213-3890: Carnegie Mellon University.
- Dave, B., Koskela, L., Kiviniemi, A., Owen, R., & Tzortzopoulos, P. (2013). *Implementing Lean in construction: Lean construction and BIM*. *British Library Cataloguing in Publication Data*. Retrieved from <http://assets.highways.gov.uk/specialist-information/knowledge-compendium/2011-13-knowledge-programme/Lean and the Sustainability Agenda.pdf>
- De Carvalho, B. S. (2008). *Proposta De Uma Ferramenta De Análise E Avaliação Das Construtoras Em RelaçãO Ao Uso Da ConstruçãO Enxuta*. Universidade Federal Do Paraná - UFPR.
- De Carvalho, F. (2012). *AvaliaçãO da AplicaçãO dos Princípios da ConstruçãO Enxuta em Empresas Construtoras*. Universidade Federal de Sao Carlos.
- Etges, B., Saurin, T., & Bulhões, I. R. (2013). A protocol for assessing the use of lean construction practices. *Proceedings for the 21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, (Lc), 93–102. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84903286965&partnerID=tZOtx3y1>
- Garay-hernández, R., Espinoza, A., Martínez-martínez, A., & Castro-careaga, L. (2013). Estudio de Mapeo Sistematizado sobre la Estimación de Valor del Producto Software. In *Congreso Internacional de Investigación e Innovación en Ingeniería de Software 2013*. Xalapa, Veracruz, del 2 al 4 de octubre. (pp. 138–145).
- Hofacker, A., De Oliveira, B. F., Gehbauer, F., Freitas, M. D. C. D., Mendes Jr., R., Santos, A., ... Kirsch, J. (2008). Rapid Lean Construction-quality Rating model (LCR). In *Proceedings of IGLC16: 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction* (pp. 241–250). The International Group for Lean Construction. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84856651250&partnerID=tZOtx3y1>
- Huang. (2013). The Complexity Conceptual Model of Lean Construction. *Proceedings of 2013 4th International Asia Conference on Industrial Engineering and Management Innovation (IEMI2013)*. http://doi.org/10.1007/978-3-642-40060-5__4
- Jünge, G. H., Kjersem, K., Shlopak, M., Alfnes, E., & Halse, L. L. (2015). From First Planner to Last Planner. *IFIP International Federation for Information Processing*, 460, 240–247. http://doi.org/10.1007/978-3-319-22759-7_28
- Kim, D., & Park, H.-S. (2006). Innovative construction management method: Assessment of

lean construction implementation. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 10(6), 381–388.
<http://doi.org/10.1007/BF02823976>

Kitchenham, B. A., Budgen, D., & Brereton, O. P. (2011). Using mapping studies as the basis for further research – A participant-observer case study. *Information and Software Technology*, 53(6), 638–651. <http://doi.org/10.1016/j.infsof.2010.12.011>

Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy To Construction*.

Koskela, L. (2000). *An Exploration towards a Production Theory and its Application to Construction*. Construction. Technical Research Centre of Finland.

Koskela, L., & Howell, G. (2002). The underlying theory of project management is obsolete. *IEEE Engineering Management Review*, 36(2), 22–34.
<http://doi.org/10.1109/EMR.2008.4534317>

Limón, D. H. (2015). *Measuring Lean Construction - A Performance measurement model supporting the implementation of Lean practices in the Norwegian construction industry*. Norwegian University of Science and Technology.

Nesensohn, C. (2014). *An innovative framework for assessing lean construction maturity*. Liverpool John Moores University.

Ogunbiyi, O., Oladapo, A., & Goulding, J. (2011). Innovative value management: Assessment of lean construction implementation. In *COBRA 2011 - Proceedings of RICS Construction and Property Conference* (pp. 602–613). Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84874962842&partnerID=tZOtx3y1>

Ogunbiyi, O., Oladapo, A., Goulding, J., Oyedolapo, O., Jack Steven, G., & Adebayo, O. (2014). An empirical study of the impact of lean construction techniques on sustainable construction in the UK. *Construction Innovation: Information, Process, Management (Q2)*, 14(1), 88–107.
<http://doi.org/10.1108/CI-08-2012-0045>

Pavez, I., Alarcón, L. F., & Alarcón, L. F. (2007). Lean construction professional's profile (lcpp): Understanding the competences of a lean construction professional. In *Lean Construction: A New Paradigm for Managing Capital Projects - 15th IGLC Conference* (pp. 453–464). The International Group for Lean Construction. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-57749085002&partnerID=tZOtx3y1>

Pavez, I., & Alarcon, L. F. (2012). The Lean Construction Professional Profile (LCPP): Implementation in Chilean Contractor Organizations. *Global Perspective on Engineering Management*, 1(3), PP. 59-66.

Pavez, I., & Alarcón, L. F. (2006). Qualifying people to support lean construction in contractor organizations. In *Understanding and Managing the Construction Process: Theory and Practice - 14th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC-14* (pp. 513–524). The International Group for Lean Construction. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84866139994&partnerID=tZOtx3y1>

Pavez, I., Gonzalez, V., & Alarcon, L. F. (2010). Improving the Effectiveness of New Construction Management Philosophies using the Integral Theory. *{Revista} {De} {La} {Construccion}*, 9(1), 26–38.

Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S., & Mattsson, M. (2007). Systematic Mapping Studies in Software Engineering, 1–10.

Ramirez, J. M. (2009). Planeación de la implantación de sistemas de información en las PYME mexicanas Jesús Marcelo Ramírez Arias. *Primer Congreso Internacional En México Sobre La MIPYME: El Impacto de La Investigación Académica En El Desarrollo de La MIPYME.*, 1–19.

Rooke, J., Sapountzis, S., Koskela, L., Codinhoto, R., & Kagioglou, M. (2010). Lean knowledge management: The problem of value. *Knowledge Creation Diffusion Utilization*, (July), 12–21. Retrieved from <http://usir.salford.ac.uk/9549/>

- Salem, O., Solomon, J., Genaidy, A., & Minkarah, I. (2006). Lean construction: From theory to implementation. *Journal of Management in Engineering*, 22(4), 168–175. [http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0742-597X\(2006\)22:4\(168\)](http://doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(2006)22:4(168))
- Salem, O., & Zimmer, E. (2005). Application of lean manufacturing principles to construction. *Lean Construction Journal*, 2(2), 51–54. Retrieved from http://www.leanconstruction.org/media/docs/lcj/V2_N2/LCJ_05_011.pdf
- Salvarierra, J. L., Alarcón, L. F., López, A., & Velásquez, X. (2015). Lean Diagnosis for Chilean Construction Industry- Towards More Sustainable Lean Practices and Tools. *Proc. 23rd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction. Perth, Australia, July 29-31.*
- Sarhan, S., & Fox, A. (2012). Trends and challenges to the development of a lean culture among uk construction organisations. In *IGLC 2012 - 20th Conference of the International Group for Lean Construction*. The International Group for Lean Construction. Retrieved from https://www.engineeringvillage.com/share/document.url?mid=cpx_535b5813d5a768c97M4b1c2061377553&database=cpx
- Sarhan, S., & Fox, A. (2013). Performance measurement in the UK construction industry and its role in supporting the application of lean construction concepts. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 13(1), 23–35. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84875155726&partnerID=40&md5=b9ddd7669a0caf3c26e7883099c4d797>
- Shang, G. (2013). The toyota way model: an implementation framework for large chinese construction firms. Retrieved from <http://scholarbank.nus.edu.sg/handle/10635/43610>
- Shang, G., & Pheng, L. (2012). The adoption of Toyota Way principles in large Chinese construction firms. *Journal of Technology Management in China*, 7(3), 291–316. <http://doi.org/10.1108/17468771311325185>
- Soto, U. (2016). *Evaluación de la madurez de los principios Lean en proyectos de construccion*. Universidad Catolica de Chile.
- Szczuka, M., & Olszewski, A. (2014). Comparison of maturity models on the grounds of modern literature. *Logistyka*, 6(6), 14807–14815. Retrieved from <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.baztech-28f45e24-9215-404f-9436-6071793407ee/tab/summary>
- Tezel, A., & Nielsen, Y. (2013). Lean construction conformance among construction contractors in Turkey. *Journal of Management in Engineering*, 29(3), 236–250. [http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000145](http://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000145)
- Tortorella, G., & Fogliatto, F. (2013). Assessment of Organizational Maturity for Lean Change. *Sistemas & Gestão*, 8(4), 444–451. <http://doi.org/10.7177/sg.2013.v8.n4.a10>
- Tortorella, G. L., & Fogliatto, F. S. (2014). Method for assessing human resources management practices and organisational learning factors in a company under lean manufacturing implementation. *International Journal of Production Research*, 52(15), 4623–4645. <http://doi.org/10.1080/00207543.2014.881577>
- Valente, C. P., Novaes, M. D. V., Mourão, C. A. M. D. A., Neto, J. D. P. B. J. D. P. B., Mourão, C. A. M. D. A., & Neto, J. D. P. B. J. D. P. B. (2012). Lean monitoring and evaluation in a construction site: A proposal of lean audits. In *20th Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2012*. San Diego, CA: The International Group for Lean Construction. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84874474674&partnerID=40&md5=6308fbb3112b5c4455716385b730d6b1>
- Vieira, L. C., De Souza, L. O., & Amaral, M. T. (2012). Application of the rapid lean construction-quality rating model to engineering companies. *IGLC 2012 - 20th Conference of the International Group for Lean Construction*. Retrieved from <https://www.engineeringvillage.com/share/document.url?>

mid=cpx_535b5813d5a768c97M4b4c2061377553&database=cpx

Vilasini, N., Neitzert, T. R., Rotomi, J. O., & Rotimi, J. O. (2011). Correlation between Construction Procurement Methods and Lean Principles. *International Journal of Construction Management*, 11(4), 65–78. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-80054988325&partnerID=40&md5=c7fba54d796546dc4f2fff80ce34ccb3>

Wendler, R. (2012). The maturity of maturity model research: A systematic mapping study. *Information and Software Technology*, 54(12), 1317–1339.
<http://doi.org/10.1016/j.infsof.2012.07.007>

1. Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Cali – Colombia. E-mail: sandra.cano@correounivalle.edu.co

2. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad EAFIT, Medellín – Colombia. E-mail: lfbotero@eafit.edu.co

3. Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Cali – Colombia. E-mail: leonardo.rivera.c@correounivalle.edu.co

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 38 (Nº 39) Año 2017

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a webmaster]

©2017. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados