

Estado actual de la aplicación de la metodología *lean construction* en la gestión de proyectos de construcción en Colombia

Current status of the application of the lean construction methodology in the management of construction projects in Colombia

Brigitte Zambrano O.¹
Stefanía Caballero O.²
Eduardo Ponce B.³

DOI: <https://doi.org/10.18041/1909-2458/ingeniare.25.5968>

RESUMEN

Colombia se ha transformado en uno de los países más dinámicos en materia económica, de manera que es el sector de la construcción una base fundamental para el desarrollo de la economía local. Por esta razón, el país debe evolucionar de forma paralela a los avances que se presentan en este sector y la metodología *lean construction* se presenta como una herramienta fundamental a la hora de planificar estos proyectos. En este contexto, este artículo presenta un marco de referencia del estado actual de la aplicación de esta metodología en Colombia con base en una revisión de literatura que clasifica y expone los diferentes casos encontrados.

Palabras clave: Lean construction; Last planner; Productividad; Competitividad; Cadena de valor; Eficiencia.

ABSTRACT

Colombia has become one of the most dynamic countries in the economic sector, being the construction sector a fundamental base for the development of the local economy; It is for this reason that the country must evolve in parallel with the advances that are presented in this sector and the Lean Construction methodology is presented as a fundamental tool when planning the projects. In this context, the following project presents a frame of reference of the current status of the application of this methodology in Colombia in a literature review that classifies and exposes the different cases found.

Keywords: Lean construction; Last planner; Productivity; Competitiveness; Value chain; Efficiency.

Cómo citar: S. Caballero O, B. Zambrano O, y E. Ponce B, ESTADO ACTUAL DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN COLOMBIA, *ingeniare*, vol. 2, n.º 25, nov. 2018.

¹ Ingeniera Industrial, Especialista en Gestión de Proyectos, ingbzo@gmail.com

² Ingeniera Industrial, Especialista en Gestión de Proyectos, Universidad Libre, Barranquilla, Colombia, steca29@hotmail.com

³ Ingeniero de Mercados, Especialista en Gestión de Proyectos, Universidad Libre, Barranquilla, Colombia, eduardoponce66@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

A principios de la década de los noventa los sistemas productivos a nivel global comenzaron a experimentar un cambio, el cual tuvo sus orígenes en el sector autotríz con una filosofía que se conoce con el nombre de *lean manufacturing*. Más tarde, esta se adaptó de manera progresiva en otras industrias, incluyendo la de la construcción, en la cual empezó a tener aplicación un nuevo modelo productivo llamado *lean construction*, el cual surgió hace 20 años. A nivel de implementación se ha manifestado con mayor intensidad desde el 2007, principalmente, en Estados Unidos, donde se han realizado diversos estudios y análisis que revelan cómo las empresas que ya aplican esta filosofía de producción han obtenido altos niveles de rendimiento en cuanto a reducción de costos, el incremento de la productividad, el cumplimiento de los plazos de entrega, una mayor calidad, el incremento de la seguridad, una mejor gestión del riesgo y un mayor grado de satisfacción del cliente [1].

Lean construction es una filosofía que permite mejorar la productividad y la competitividad de las organizaciones en el momento de gestionar los proyectos de construcción. Cuenta con estrategias para potenciar la cadena de valor al eliminar las actividades que generan pérdidas en el proyecto.

En la actualidad, se espera que las construcciones *lean* se implementen en varias industrias en Colombia, puesto que toda empresa debe pensar en la reducción de los desperdicios y la preservación de los recursos naturales. Para que esta filosofía se implemente de manera exitosa las empresas deben empezar por dejar de resistirse al cambio, interesarse por conocer los beneficios que esta aporta y tener en cuenta los recursos y los medios que se necesitan para aplicarla. A fin de contribuir a esto, el objetivo del presente artículo es presentar la revisión de la literatura sobre el estado actual de la aplicación de la metodología *lean construction* en la gestión de proyectos de construcción en Colombia.

2. METODOLOGÍA

El desarrollo de la revisión de la literatura acerca del estado actual de la aplicación de la metodología *lean construction* en la gestión de proyectos de construcción en Colombia se realizó de la siguiente forma:

- *Definición del problema.* Se desarrolló un problema lo suficientemente claro para estar en capacidad de efectuar una búsqueda de la revisión de la literatura que permita responder a los requerimientos de la investigación.
- *Desarrollo del marco teórico de la investigación.* Este se realiza con el fin de conocer y estudiar conceptos relacionados con la temática de la investigación.
- *Búsqueda de la información.* En esta etapa es necesario consultar la información en bases de datos, libros y revistas con el objeto de conocer el estado del arte de la investigación.

- *Selección de la información.* Luego de realizar la búsqueda de información se procede a filtrar los datos obtenidos con el fin de evitar que los artículos se repitan.
- *Definición de la clasificación de la información.* En esta etapa se plantea el método de clasificación que se usará en la revisión.
- *Organización y tabulación de información.* En esta etapa se organiza y se tabula la información encontrada en categorías para obtener una estructura organizada de la revisión.
- *Análisis de la información.* En esta etapa se analiza la literatura consultada, se presentan los aspectos más relevantes de los artículos, los trabajos y las tesis de investigación en relación con la temática abordada.
- *Conclusiones.* En esta se plantean las conclusiones que se obtienen luego de revisar y analizar la literatura.

En el desarrollo de la fase investigativa se tuvo en cuenta cerca de 50 referencias nacionales e internacionales con el objeto de determinar la incidencia de la metodología *lean construction* en la gestión de proyectos de construcción.

La primera clasificación es el lugar geográfico en el que se desarrolló la investigación o se planteó el artículo. La primera clasificación se denomina Categoría n.º 1, la cual cuenta con unas subcategorías que informan si el artículo fue publicado en Colombia o en otro país teniendo en cuenta la ciudad.

Tabla 1. Categoría n.º 2: ubicación geográfica

PAISES	CIUDADES
Colombia	Medellín
	Barranquilla
	Calí
	Bogotá
México	Bucaramanga
	Monterrey
	Ciudad Juárez
Chile	Cancún
	Santiago
Perú	Trujillo
	Lima
Estados Unidos	San Diego
Egipto	Alejandro
Ecuador	Guayaquil
Brasil	São Carlos
España	Madrid
	Valencia
Argentina	Entre Ríos
Venezuela	Caracas
Costa Rica	Cartago
Bolivia	la Paz

Fuente: Elaborado por los autores

La categoría n.º 2 se refiere al tipo de investigación a la que corresponde la referencia analizada.

Tabla 2. Categoría n.º 2: tipo de investigación

Tipo	Cantidad
Artículos	25
Informe	5
Revista	1
Proyecto	7
Tesis de grado	3
Tesis doctoral	2
Tesis magistral	2
Trabajo de grado	3
Video	1
Total	49

Fuente: Elaborado por los autores

La categoría n.º 3 corresponde a un metaanálisis de las revisiones de la literatura realizadas en Colombia con sus descripciones. Se presenta un total de 27 referencias bibliográficas, entre las cuales se encuentran artículos, videos, tesis de grado, etc.

Tabla 3. Categoría n.º 3: metaanálisis general

Metaanálisis de la literatura-clasificación de las investigaciones						
Item	Año publicación	Autor (es)	País	Ciudad	Tipo	Título
1	2003	Luis Fernando Botero y Martha Eugenia Álvarez [2]	Colombia	Medellín	Artículo	Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción
2	2004	Luis Fernando Botero Boter y Martha Eugenia Álvarez Villa [3]	Colombia	Medellín	Artículo	Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (lean construction como estrategia de mejoramiento)
3	2005	Luis Fernando Botero y Martha Eugenia Álvarez Villa [4]	Colombia	Medellín	Artículo	Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción Estudio del caso de la ciudad de Medellín
4	2007	Luis Fernando Botero, Martha Eugenia Álvarez y Carlos Augusto Ramírez [5]	Colombia	Bogotá	Artículo	Benchcolombia, sistema de referenciación para la construcción
5	2007	Elberth Delgado [6]	Colombia	Bucaramanga	Trabajo de grado	Aplicación de la metodología de planeación last planner en el mejoramiento de la productividad, efectividad y eficiencia en el sistema constructivo aporticado (lean construction)
6	2007	Martha Eugenia Álvarez Villa [7]	Colombia	Medellín	Artículo	Lean data. Aplicación de lean construction en la toma de datos
7	2007	Blanca Ruiz [8]	México	Monterrey	Tesis de maestría	Desarrollo del perfil para un profesionalista bajo la metodología de lean construction-edición única
8	2009	Edwin Chirivi y Luz Dary Pulido [9]	Colombia	Bogotá	Informe económico	Lecciones del Congreso Colombiano de la Construcción 2009: competitividad para construir el futuro
9	2009	Luis Alarcón y Eugenio Pellicer [10]	Chile		Artículo	Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas
10	2011	Jhonattan Ribón, Guillermo Tercero Martínez [11]	Colombia	Bogotá	Tesis ed maestría	Propuesta de metodología para la implementación de la filosofía lean (construcción esbelta) en proyectos de construcción
11	2011	J. L. Ponz-Tienda, J. Benlloch-Marco, C. Andrés-Romano y S. Doria-Gil [12]	Chile	Santiago	Artículo	Un algoritmo matricial RUPSP/GRUPSP "sin interrupción" para la planificación de la producción bajo metodología lean construction basado en procesos productivos
12	2011	Andrés Clemente Luengas Zúñiga [13]	Colombia	Bucaramanga	Tesis de grado	Implementación y seguimiento de la metodología lean construction a las actividades constructivas de la obra Metropolitan Business Park en la empresa Marval S. A.
13	2012	Ariel Alejandro Ortiz Zambrano [14]	Colombia	Cali	Proyecto de emprendimiento	Propuesta para la creación de empresa prestadora de servicios en: implementación de la filosofía lean construction para la determinación de pérdidas y mejoramiento del proceso constructivo para proyectos de vivienda en la ciudad de Popayán
14	2012	K. Revilla [15]	Perú	Lima	Tesis de grado	Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía lean construction

15	2012	T. Alves, M. C. Colin y K. Walsh [16]	Estados Unidos	San Diego	Artículo	Exploring lean construction practice, research, and education
16	2013	Holmes Páez, Hernando Vargas, Laura Ramírez [17]	México	Cancún	Artículo	La institucionalización del lean construction en un país en desarrollo
17	2013	Sebastián Raúl Castillo Tovar [18]	Colombia	Bogotá	Tesis de grado	Análisis de implementación de la metodología lean para un edificio de vivienda estrato cinco
18	2013	Usama Hamed Issa [19]	Egipto	Alejandro	Artículo	Implementación de técnicas de construcción ajustada para minimizar el efecto de los riesgos en el tiempo de construcción del proyecto
19	2014	Jeyson Leonardo Cubaque Sarmiento [20]	Colombia	Bogotá	Trabajo de grado	Diseño de una propuesta para la implementación de la metodología lean construcción en una empresa del sector construcción
20	2014	Hernán Porras, Sánchez y José Omar Galvis [21]	Colombia	Bucaramanga	Artículo	Filosofía lean construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual
21	2014	Alex Sánchez, Danny Rosa y Pedro Benavides [22]	Perú	Lima	Artículo	Implementación del sistema lean construction para la mejora de productividad en la ejecución de los trabajos de estructuras en obras de edificación de viviendas
22	2015	Sandra Cano, Marcela Fajardo, Luis Botero y Oscar Rubiano [23]	Brasil	San Carlos	Artículo	Entornos y sistemas de producción en construcción-relación con la evolución de la aplicación de lean construction en Colombia
23	2015	Cooperativo ZFB [24]	Colombia	Bogotá	Informe de sostenibilidad	Desarrollando entornos sostenibles para los negocios Zona Franca de Bogotá
24	2015	Xavier Max Brioso Lescano [25]	España	Madrid	Tesis doctoral	El análisis de la construcción sin pérdidas (lean construction) y su relación con el project & construction management: propuesta de regulación en España y su inclusión en la ley de la ordenación de la edificación
25	2015	Argos [26]	Colombia		Artículo informativo	Construye sin pérdidas, construye lean
26	2015	Cruz Milton [27]	Colombia	Bogotá	Proyecto de grado	Análisis de mejoramiento de los capítulos PMI a través de las metodologías lean en el sector de construcción
27	2015	Junior de la Cruz y Sarita Neira [28]	Perú	Trujillo	Trabajo de grado	Aplicación de la metodología last planner system en la cadena de suministros para la disminución de costos operativos en obras de edificación de mediana altura en el distrito de Trujillo
28	2015	S. Cano, J. Delgado, I. Botero y O. Rubiano [29]	Colombia	Bogotá	Artículo	Barreras y factores de éxito que impactan la implementación de lean construction
29	2015	J. Ramos, C. Dávalos, A. López y A. Rodríguez [30]	México	Ciudad Juárez	Artículo	Análisis para la implementación del modelo lean en el sector de la construcción
30	2015	Asier Latorre Uriz [31]	España	Valencia	Tesis doctoral	Filosofía lean aplicada a la construcción
31	2015	Cesar Guzmán [32]	Perú	Lima	Video	Lean construction "una filosofía de cambio"
32	2015	Argos [33]	Colombia	Colombia	Informe	Experiencia lean construction, caso arquitectura y concreto
33	2016	Sandra Cano, Damian Erazo, Leonardo Rivera y Luis Botero [34]	Colombia	Bogotá	Artículo	Exploración de la implementación de la filosofía lean construction en empresas constructoras colombianas
34	2016	Miguel Rojas, Mariana Henao y María Valencia [35]	Colombia	Medellín	Artículo	Lean construction-LC bajo pensamiento lean

35	2016	Diego Ortiz y Leidy Villamizar [36]	Colombia	Bucaramanga	Proyecto de grado	Implementación de los principios de lean construction en la constructora Colproyectos S. A. S. de un proyecto de vivienda en el municipio del Rosario
36	2016	Karina Guerrero [37]	Ecuador	Guayaquil	Informe	Análisis y propuesta para minimizar errores y reducir tiempos sin valor agregado en los procesos de diseño y ejecución de proyectos habitacionales de constructora de viviendas en vía a la costa de la ciudad de Guayaquil
37	2017	Jhonattan Martínez, Rodrigo F. Herrera Valencia y Luis Salazar Fica [38]	Argentina	Entre Ríos	Artículo	Propuesta metodológica para la implementación de la metodología lean en proyectos de construcción
38	2017	Henry Cano, Nilton Nieto y Katherine Arango [39]	Colombia	Bogotá	Proyecto de grado	Implementación de la metodología lean construction para la optimización de recursos en la empresa Gramar S. A.
39	2017	Gustavo A. Araque, David A. García y Elkin D. Aguirre [40]	Colombia	Medellín	Artículo	La metodología lean construction y el análisis de pérdidas en el sector civil colombiano: un estudio de caso
40	2017	Sandra Cano, Luis Botero y Leonardo Rivera [41]	Venezuela	Caracas	Artículo	Evaluación del desempeño de lean construction
41	2017	Pablo Elías Suarez Rojas [42]	Colombia	Barranquilla	Proyecto de grado	Diseño de lineamientos basados en la filosofía lean construction en las etapas gerenciales de un proyecto civil
42	2017	Greivin de Los Ángeles y Alpizar Ávalos [43]	Costa Rica	Cartago	Proyecto de grado	Aplicación de lean construction a través de la metodología last planner a proyectos de vivienda social de FUPROVI
43	2017	Lucía Díaz Burgos [44]	España	Valencia	Proyecto de grado	Barreras, factores de éxito y estrategias en la implementación de lean en la construcción. Una primera aproximación a la situación en España
44	2017	Luis Fernando Botero [45]	Colombia	Medellín	Artículo	Diez años de implementación lean en Colombia: logros y dificultades
45	2017	Deantonio Monroy, Lisbeth Paola Lozano Bermudez y Deyby Alexander [46]	Colombia	Medellín	Artículo	Implementación de la metodología lean construction y la guía PMBOK para el mejoramiento de los proyectos de vivienda multifamiliar
46	2017	Karol Flórez [47]	Perú	Lima	Informe	Cómo implementar lean construction en una empresa constructora pequeña o mediana
47	2017	Juan C. Ordoñez [48]	Bolivia	La Paz	Artículo	Metodología lean construction: hacia una edificación eficiente
48	2018	Cindy Ramírez [49]	Colombia	Bogotá	Artículo	Mejoras en productividad, sostenibilidad y competitividad de green lean. Análisis de un estudio de caso

Fuente: Elaborado por los autores

3. ANÁLISIS DE LA LITERATURA

En este apartado se presenta la revisión sistemática de la literatura para la elaboración del trabajo de grado, la cual aborda dos marcos importantes sobre la aplicación de la metodología *lean construction* en Colombia y a nivel internacional.

2.1 *Lean construction* en Colombia

Gustavo Araque et al. enfatizan sobre la metodología *lean construction* y presentan el análisis de un caso de estudio de un proyecto de construcción en Bucaramanga, Santander. Los autores manifiestan que optimizar el tiempo de las actividades que se generan en cada fase del proyecto es uno de los factores fundamentales puesto que genera mayor impacto en la creación de valor para las actividades constructivas de las organizaciones [40].

Según los autores, es necesario aplicar técnicas estadísticas con el fin de obtener un análisis detallado y conocer la problemática del proyecto. En este sentido, se propone que para implementar la metodología *lean construction* es necesario que los dirigentes de las organizaciones que hacen parte del proyecto manifiesten una iniciativa por innovar la forma en cómo gestionan un proyecto. Para esto será necesario capacitar y hacer seguimiento al proceso de instrucción sobre la metodología *lean* en la formación del nuevo sistema, con el objeto de explicar a todo el personal en qué consiste la metodología, de forma que sea ágil y eficaz su desarrollo e implementación en la compañía. Por otra parte, se plantea como mecanismo de control para los proyectos de construcción el análisis de pérdidas en los procesos constructivos; de esta manera se monitorean y gestionan las tareas que se ejecutan dentro del proyecto sin realizar aportes significativos a la cadena de valor.

Ahora bien, según [45], las estrategias *lean construction* buscan mejorar la eficiencia de la utilización de los recursos en el mejoramiento de la calidad, así como mucha planificación, a fin de alcanzar el éxito productivo en las empresas que lo utilicen.

En [4] se buscó divulgar los resultados de la aplicación del sistema *last planner* en proyectos de construcción en Medellín durante el 2003, como parte de la investigación "Implementación de un programa de mejoramiento en gestión de la construcción". Los resultados obtenidos muestran una tendencia al mejoramiento cada vez que se aplica el sistema, de acuerdo con el indicador PAC (porcentaje de asignaciones completadas).

En cuanto a los lineamientos de la filosofía, Botero y Álvarez [3] decidieron efectuar una prueba piloto, para lo cual contaron con la participación de varias constructoras de Medellín. Después de la prueba piloto, los investigadores plantean que es posible mejorar la productividad en la construcción, por lo que proponen unos lineamientos dirigidos a mejorar la productividad en la construcción de vivienda con el claro objetivo de aportar conceptos mediante una guía de mejoramiento continuo cuyo propósito es optimizar la competitividad y la productividad de las empresas del sector. A continuación, se presenta una serie de pasos propuestos por los autores para aplicar la metodología durante el ciclo de vida de los proyectos de vivienda: 1) sensibilización sobre nuevos enfoques aplicados a la construcción; 2) capacitación del personal de producción de obra; 3) identificación y reducción de pérdidas (implementación de *last planner*); 4) puesta en marcha del plan de acción sobre las recomendaciones; 5) evaluación de

la efectividad del plan de acción con recomendaciones de mejoramiento; 6) construcción de indicadores integrales de productividad.

De lo anterior es posible concluir que al hacer uso de la filosofía *lean construction* e implementar la serie de pasos propuesta por [3] es posible que las empresas constructoras aumenten el nivel de confiabilidad del sistema de planificación.

De forma similar, Cano et al. [23], mediante una prueba piloto realizada en el contexto colombiano de la construcción, exploraron las particularidades de los entornos en los que se llevan a cabo los proyectos de construcción de edificaciones e identificaron los sistemas de producción con el fin de asociarlos con las ventajas que conlleva aplicar *lean construction* como medio para cambiar la forma tradicional de gestionar los proyectos de construcción.

Por su parte, Botero, Álvarez y Ramírez [5] plasman una síntesis de la investigación realizada con ocho empresas pertenecientes al sector de la construcción de Medellín. El grupo investigador consideró necesario crear un sistema para referenciar el sector de la construcción con el objeto de comparar el desempeño del proyecto con referentes locales, nacionales e internacionales. En este sentido, erigieron como parámetro los sistemas de referenciación establecidos con anterioridad en Estados Unidos, el Reino Unido, Chile y Brasil. El sistema de referenciación permite conocer los indicadores que afectan, principalmente, los proyectos de construcción, así como permite establecer metas de mejoramiento que permiten gestionarlos de forma oportuna y no incurrir en el incumplimiento con el cliente. De lo anterior es posible concluir que el uso de herramientas y metodologías —como es el caso del sistema de referenciación— apuntan al mejoramiento continuo y al aumento de la competitividad, a la vez que generan buenas prácticas de gestión en las empresas del sector de la construcción.

Al aplicar la metodología de *lean construction* las organizaciones optan por aumentar la gestión de la producción en su proyecto constructivo, de manera que es posible identificar objetivos claros para la fase de entrega del producto. De igual forma, se maximiza el valor para el cliente a nivel de proyecto, aplicando el principio del control durante todo el ciclo de vida de este. Ahora bien, al gestionar los proyectos de construcción bajo esta metodología es de gran importancia tener en cuenta los detalles del ambiente en el que el proyecto se desarrolla con el fin de alcanzar los resultados previamente establecidos.

No obstante, la organización debe apuntar hacia el incremento del flujo de valor del proyecto, por lo cual es necesario que se implanten planes de acción en los que se propenda a mejorar los subprocesos del proyecto realizando un constante monitoreo que permita garantizar la sostenibilidad de aplicación de la metodología *lean construction*.

En la actualidad, en Colombia los proyectos de construcción se rigen bajo el método tradicional con procesos constructivos ineficientes, el cual impide el crecimiento de la empresa. Esto supone altos

desperdicios y costos, por lo cual es necesario que toda organización aplique la metodología *lean construction* en sus proyectos. No obstante, en [36] se muestra la implementación de los principios de esta filosofía en la constructora Colproyectos S. A. S. de un proyecto de vivienda en el municipio del Rosario.

Por otra parte, Páez et al. plantean que, debido a la considerable diseminación de la filosofía de la *lean construction* en la industria de la construcción, es necesario mejorar la comprensión de cómo ocurre su difusión. En razón a lo anterior, realizaron un estudio con el fin de analizar el caso de la difusión de la *lean construction* sobre el sector de construcción de vivienda en Colombia [17]. Los autores establecen una serie de proposiciones para que la filosofía *lean construction* se adopte en la industria de la construcción. En este sentido, la escasez de modelos para el control de proyectos en Colombia ha facilitado el camino de divulgación e implementación de la filosofía *lean construction*, de manera que es importante mencionar que entidades como Camacol y Eafit realizan capacitaciones con invitados nacionales e internacionales con el propósito de propagar esta metodología.

También existen trabajos relacionados con la implementación de la metodología *lean construction* para la optimización de recursos en empresas, como, por ejemplo, el presentado por Cano, Nieto y Arango [39], quienes establecieron unos lineamientos básicos que guiaran a optimizar los recursos y mejorar el desempeño en la participación durante el desarrollo de las obras de Gramar S. A., dado que las metodologías y los procedimientos que utilizaba dicha organización carecían de controles, lo que reflejaba falta de organización y control interno. A fin de optimizar los recursos y mejorar el desempeño, los autores proponen que se aplique la estructura metodológica diseñada con el fin de generar estrategias de control y seguimiento que permitan hallar las fallas en las que se está incurriendo y hacer los respectivos correctivos a tiempo.

En el 2009, en el marco del Congreso Colombiano de la Construcción, realizado en Cartagena, se trataron los aspectos más relevantes en torno a la competitividad del sector. De este informe económico, publicado por la Cámara Colombiana de Infraestructura, se toma como referente el tema de la *lean construction*, desarrollado en un apartado que plantea la filosofía *lean construction* como respuesta a la necesidad de maximizar las utilidades de las empresas y la gestión efectiva de la cadena de producción [9].

Con el fin de realizar una buena implementación de esta filosofía, la Cámara Colombiana de Infraestructura, junto con sus afiliados, se encuentra en la tarea de ofrecer capacitaciones mediante el programa en varias regionales a fin de capacitar a directivos, contratistas y obreros, e impulsar una visión más integral del proyecto constructivo. De esta forma, se concluye que la metodología debe socializarse en el sector con el objeto de que las empresas adopten las buenas prácticas que realizan diferentes empresas en otros países y, por consiguiente, esta podrá implementarse, empoderarse y potenciar la competitividad y la productividad de las empresas en el sector de construcción.

Por otra parte, en lo concerniente a los entornos sostenibles, en el 2015, mediante un informe de sostenibilidad, el grupo Zona Franca Bogotá (ZFB) da a conocer la gestión desarrollada en el año inmediatamente anterior, su desempeño económico y ambiental, la relación con los clientes, los proveedores, los colaboradores y y la comunidad aledaña en Bogotá. A fin de manifestar el compromiso con la mejora, ZFB habla sobre la implementación de la filosofía *lean construction* realizada con el propósito de mejorar la productividad en las obras y reducir las pérdidas en el desarrollo del proceso de construcción de los proyectos que se están realizando [24].

El grupo ZFB plantea que, por medio de la implementación de esta filosofía se incurre en las buenas prácticas en la gestión de proyectos de construcción, pues en su modelo de buenas prácticas se ha implementado el incentivo a los contratistas que cumplen con los aspectos *lean* en el transcurso de la obra, lo cual es un factor diferenciador que llena de resultados positivos el cierre de los proyectos [24]. Al observar este resultado favorable, entre otros, se concluye que implementar la filosofía *lean construction* conlleva beneficios tanto para clientes internos como externos puesto que permite a la empresa tener conocimiento de las actividades que se realizan en la obra, el control de pérdidas por planificación, el control del desperdicio por residuos generados en la obra, el aumento de la productividad, así como brinda la oportunidad de llevar a cabo una integración de todos los departamentos de la empresa, los contratistas, los operarios y los obreros que participan en un proyecto constructivo.

En cuanto a la evaluación del desempeño de *lean construction*, Cano, Botero y Rivera [41] proponen un estudio de mapeo con el fin de identificar iniciativas de evaluación de *lean construction*, definir el estado del desempeño productivo y, de acuerdo con las observaciones encontradas, realizar una optimización del sistema constructivo del proyecto. Es de gran importancia conocer sobre la temática puesto que es posible visualizar las fases claves en las que se debe realizar evaluación del desempeño, tales como la planeación, la contratación y la ejecución de la obra. De igual forma, permite a las personas interesadas en realizar una clasificación de referencias sobre *lean construction* conocer aspectos relacionados con la búsqueda, el alcance, la clasificación y las demás etapas que están presentes en la realización de una revisión de la literatura o estudio de mapeo. Se concluye que, al revisar la bibliografía, clasificarla y analizarla, se puede resumir de forma sistemática el estado de las iniciativas de medición del desempeño y la eficiencia en la implementación de la *lean construction*.

Asimismo, Botero y Álvarez [2], luego de desarrollar una investigación para el mejoramiento de la productividad en proyectos de vivienda de interés social, reúnen los conceptos y los aspectos más relevantes de la investigación en el artículo “Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción”, con el fin de que las empresas constructoras conozcan los conceptos y las aplicaciones de la filosofía *lean construction*, lo cual les permite identificar las pérdidas que ocurren en el proceso productivo y así mejorar el desempeño en las actividades constructivas de la obra.

En este sentido, el uso de técnicas de medición del desempeño les permite a las empresas constructoras medir la variabilidad de las actividades constructivas comprendidas en el ciclo de vida del proyect y así identificar oportunidades de mejoramiento en los proyectos de construcción.

De acuerdo con lo planteado, para realizar una correcta implementación de la filosofía *lean construction* es necesario que todas las empresas del sector de la construcción sufran un cambio cultural que facilite la medición del desempeño mediante el uso de herramientas estadísticas básicas y la aplicación de nuevas técnicas para planificar y controlar el ciclo productivo del proyecto de construcción. Dado que, para el mejoramiento de la productividad en la construcción no solo debe controlarse el tiempo y el costo, sino también analizarse y medir el desempeño que resulta ser un factor clave de la cadena de valor del proyecto.

Ahora bien, el artículo emitido por la cementera Argos detalla las claves para la ejecución de *lean construction* [33]:

- dedicar más tiempo a la planeación;
- todos deben participar de la planeación del proyecto;
- a mayor complejidad del proyecto se debe usar más tecnología;
- mejorar las condiciones laborales de los trabajadores;
- medir constantemente la eficiencia de los procesos;
- utilizar matrices y gráficos que permitan realizar un mapeo de los procesos de la empresa;
- **pensar siempre a largo plazo.**

Suárez [42] realiza una investigación con el fin de abordar la filosofía *lean construction*, identificar las principales herramientas, los conceptos y las técnicas utilizadas en el momento de gestionar un proyecto civil. Inicialmente realizó una revisión de la literatura en la que plasma las teorías propuestas por diferentes autores acerca de *lean construction*, posteriormente realiza un diagnóstico a fin de identificar las empresas que tienen conocimiento sobre *lean construction* en Barranquilla, para lo cual fue necesario realizar entrevistas, encuestas y análisis estadísticos que permitieran determinar los porcentajes reales de respuesta para cada pregunta propuesta.

La filosofía *lean construction* la conocen en la actualidad en Barranquilla personas que realizan un posgrado, de acuerdo con el resultado obtenido de las encuestas. Se observa que es una metodología

en etapa de desarrollo y que el porcentaje de aceptación es alto. De lo anterior es posible concluir que aplicar la filosofía *lean construction* en las etapas de un proyecto no solo mejora la productividad de la empresa, sino que también permite la reducción de costos y el cumplimiento de los tiempos debido a la buena planificación y el control del proyecto [42].

En cuanto a la exploración de la implementación de la filosofía *lean construction* en empresas constructoras colombianas, Cano et al. [34] presentan los resultados de una investigación de campo que realizaron con el fin de caracterizar la aplicación de la filosofía *lean construction* en Colombia. El estudio se realizó en conjunto con un grupo de empresas constructoras que implementaban la filosofía *lean construction* para el año 2015. La actividad exploratoria permite detallar las personas responsables de la implementación de la filosofía dentro de la empresa, los aspectos relacionados con los profesionales responsables, las barreras que se presenta durante cada una de las fases del proyecto, proponer buenas prácticas en la aplicación y la relación con otros sistemas de gestión utilizados en la gestión proyectos de construcción en Colombia.

Al analizar el estudio de Cano et al. [34] es posible concluir que las compañías pertenecientes al sector de la construcción en Colombia perciben la aplicación de la *lean construction* como un conjunto de herramientas que se usan según lo vaya requiriendo la empresa. No obstante, no establecen que la filosofía *lean* deba integrarse con todas las áreas de la organización, lo que ocasiona retraso en el tiempo de entrega previamente pactado, por lo cual es necesario integrar todas las fases del proyecto de acuerdo con su relación y, de esta forma, estar en capacidad de disminuir los desperdicios con el objeto de alinear los recursos y los objetivos hacia la búsqueda de la generación de valor para el cliente.

De otra parte, Rojas, Henao y Valencia [35] señalan que “especialmente en el sector de la construcción se evidencian siete tipos de desperdicios en la operación, que deben ser eliminados o minimizados por medio de la filosofía *lean*: retrabajos, sobreproducción, inventarios, movimiento excesivo, procesamiento, transporte, espera”.

En lo referente a la implementación de la metodología *lean construction* y la guía PMBOK para el mejoramiento de los proyectos de vivienda multifamiliar, en [46] se muestra el vínculo que existe entre la gestión de proyecto y la construcción; en este vínculo se ve incluida la relación entre la calidad, el tiempo y el costo, debido a que de estas depende que un proyecto cumpla con los objetivos previstos inicialmente y se llegue a una ejecución favorable, de modo que se arroje para el proyecto resultados positivos. Por tanto, la metodología *lean construction* y la guía PMBOK son dos conocimientos de gestión de proyectos que abarcan las problemáticas relacionadas con la construcción de viviendas multifamiliares, aunque de manera independiente ambas mejoran la gestión interna de los objetivos de un proyecto.

Como parte de las metodologías para *lean construction*, en [20] se presenta una propuesta para implementar la metodología en una empresa del sector de la construcción y realizar un aporte que permita

reducir los aspectos que generan problemáticas en los proyectos de construcción en Colombia. De igual forma, con el objeto de mejorar los procesos de la fase productiva y reducir los cambios de las actividades constructivas en la duración del proyecto, con base en los principios de la filosofía *lean construction* y la herramienta *last planner*.

Se propone que las empresas constructoras deben fomentar la cultura de medición y evaluación de sus proyectos, realizar capacitaciones al personal involucrado con el fin de mejorar su nivel productivo y competitivo a fin de obtener mayores beneficios al finalizar cada proyecto. Implementar metodologías enfocadas en el mejoramiento conlleva beneficios a corto y largo plazo. Las empresas que implementan la filosofía *lean construction* y las herramientas asociadas tienen la posibilidad de medir la productividad de sus actividades, planificar de forma controlada, conocer las pérdidas asociadas por trabajo no contributivo y eliminarlas, medir la variación del desempeño del proyecto y, finalmente, cumplir con los plazos de entrega pactados.

Asimismo, Delgado [6] realiza una investigación enfocada en mejorar la productividad, la efectividad y la eficiencia del sistema constructivo de acuerdo con los lineamientos de la filosofía *lean construction* y haciendo uso de la herramienta *last planner*. Inicialmente, realiza una revisión de antecedentes de la temática, luego presenta la revisión de la literatura con el fin de abordar los conceptos relevantes y apropiarse de los conocimientos necesarios y así realizar una futura propuesta para aplicar la metodología en un proyecto de construcción. Del mismo modo, destaca la partición de países que han implementado la filosofía a nivel internacional, hace el reconocimiento de Chile y en Colombia aborda los proyectos que de momento empezaban a implementar la metodología. Hacer uso de la filosofía propuesta le permitió a la empresa conocer las causas del no cumplimiento de las actividades, socializarlas con el personal de la obra y gestionarlas con el fin de cumplir con las fechas de entrega pactadas, analizar la productividad de los materiales y los equipos y analizar la productividad de la mano de obra.

De lo hecho por Delgado [6] se concluye que al implementar metodologías de mejoramiento es necesario que exista un alto nivel de compromiso por parte de la alta dirección de la empresa, los administrativos de la obra y el personal operativo, a fin de que el porcentaje de provecho sea mayor en el proyecto. De igual forma, es necesario que se involucre todo el personal que participa en el proyecto mediante la realización de jornadas para capacitar a este personal de tal forma que comprenda los principios y el funcionamiento de la metodología propuesta; de esta manera se garantiza el éxito en la implementación de *lean construction* en proyectos de construcción.

Otro ejemplo de implementación de *lean construction* en un proyecto de construcción lo presenta Castillo [18], quien analiza en qué medida está implementada la metodología en un edificio de apartamentos en Bogotá. Después de comparar el “cómo debería hacerse” con “lo que se está haciendo” con cada uno de los principios *lean*, el autor concluye:

Lo que se observa en este proyecto es que debido a que se posee una experiencia relativamente alta en la construcción de edificios de este estilo, todos los procesos de planeación y organización están relativamente bien implementados y en general casi todos los problemas que se han presentado hasta el momento en obra tienen que ver con factores externos o con errores típicos y de difícil control en la construcción.

Respecto a las barreras y los factores de éxito que impactan la implementación de la *lean construction*, Cano et al. [29],

identifican que, en el proceso de implementación, y aplicación continua, de *lean construction* (LC) aparece un conjunto de barreras que lo pueden impactar negativamente, llegando a comprometer su sostenibilidad, y factores críticos de éxito (FCE) que lo pueden impactar positivamente.

Las principales barreras para la implementación de la *lean construction* en Colombia, según la investigación [29], son:

- dificultad en disponer de personas con conocimientos y experiencia en LC;
- falta de identificación y control de desperdicios;
- los resultados no se ven rápido, y muchas veces solo se ven parcialmente;
- Como factores de éxito, Cano et al. [29] también dan a conocer los siguientes:
- tomar decisiones en equipo;
- disponer de contratistas competentes y capacitados según su campo de trabajo;
- reducir la rotación de mano de obra en todos los niveles jerárquicos y continuidad de la mano de obra en los proyectos;
- mejorar la calidad de vida de los trabajadores.

En una investigación relacionada con la implementación de la filosofía *lean construction* para la determinación de pérdidas y el mejoramiento del proceso constructivo en proyectos de vivienda en Popayán, Ortiz [14] plantea la necesidad de crear una empresa prestadora de servicios para implementar la filosofía *lean construction* en los proyectos de construcción de vivienda de la ciudad de Popayán. Inicialmente, realiza un análisis de la teoría sobre los conceptos y los principios de *lean construction* según diversos autores, luego presenta una síntesis de los antecedentes de aplicación de la filosofía *lean construction* en Chile tomando como modelo la implementación realizada en estudios similares en los que se evidencia el aumento de la productividad al hacer uso de herramientas en pro de la construcción sin pérdidas. A

nivel nacional presenta las buenas prácticas que realiza la empresa constructora Marval, la cual capacita a su personal para implementar la filosofía *lean construction* con el fin de lograr un mejor desempeño en sus proyectos y aumentar su productividad.

Para una adecuada gestión a la hora de realizar proyectos de vivienda es necesario el uso de herramientas que mejoren el desempeño y la productividad en los proyectos, para lo cual Ortiz propone a las empresas constructoras hacer uso del servicio de asesoría e implementación de la filosofía *lean construction* con el fin de cubrir los requerimientos y brindar solución a las empresas que se encuentran ejecutando proyectos de construcción.

La filosofía *lean construction* plantea que las causas de que la industria de la construcción tenga problemas en su productividad son tres factores: los problemas en el diseño, la deficiente administración y la mala planeación de los proyectos [11].

Por otra parte, Porras, Sánchez y Galvis [21], en un estudio realizado en el 2014 realizan una revisión de literatura con el fin de comparar la filosofía *lean construction* con los métodos convencionales de construcción en Colombia. Como conclusión, los autores afirman:

El *lean construction* como modelo de gestión de proyectos de construcción plantea una mejor metodología para administrar los proyectos, cambiando el paradigma actual de ver la construcción como un modelo solo de transformación por un modelo de TFV (transformación-flujo-valor).

Por su parte, Álvarez [7] presenta una síntesis de la investigación realizada por el grupo Gescón de la Universidad EAFIT en la que desarrollan un sistema que consiste en la recolección de datos para obtener información que facilite la integración de múltiples procesos y que hacen parte de un proyecto de construcción, a fin de obtener observaciones precisas, gestionarlas y convertirlas en un incremento significativo del valor para las empresas que decidan implantarlas en sus obras. En este sentido, proponen como línea base seguir los principios de la filosofía *lean construction* durante el ciclo de vida del proyecto y, por tanto, en el artículo se proponen lineamientos que se deben seguir a la hora de efectuar la toma de datos para crear el sistema de información de la organización.

Las empresas constructoras, en la actualidad, deben hacer uso de tecnologías móviles que les permitan lograr las metas que se han propuesto al implementar la filosofía *lean construction*, con el fin de potenciar la cultura corporativa y hacer uso de buenas prácticas en gestión de la información y reducir los costos administrativos, mejorar la disponibilidad y la confidencialidad de la información, así como aumentar su nivel de competitividad frente a otras empresas del sector de la construcción.

Esta metodología hace énfasis en el uso de las herramientas *lean* durante la planificación y ejecución. En su propuesta realzan la necesidad de que las partes interesadas del proyecto participen durante

las actividades preliminares, como, por ejemplo, en el diseño y en la etapa de ejecución. Asimismo, plantean la importancia de definir los recursos necesarios para la ejecución del proyecto, la forma en la que se seleccionan los proveedores y el respectivo seguimiento, así como el uso de herramientas de planificación a corto y mediano plazo.

De igual forma, Cruz [27] realiza una explicación de la filosofía *lean* aplicada al PMI, hace una comparación entre *lean construction* y la metodología del PMI, y, finalmente, enumera las ventajas y las desventajas que a su parecer presenta esta filosofía en la aplicación en la construcción. El autor concluye:

Es posible lograr la integración de PMI-PM BOK con la filosofía *lean* y obtener resultados favorables dado que en ambos casos se busca la efectividad del proyecto.

La filosofía *lean* aporta un elemento esencial para el desarrollo de las nueve áreas de conocimiento de PMi-PMBOK dado que cada una de ellas puede llevarse a cabo teniendo como enfoque la identificación temprana de panoramas de pérdida y la correspondiente eliminación de estas.

Martínez et al. [38] proponen una base metodológica para implementar la filosofía *lean* en el sector de la construcción, con el objeto de permitir a las empresas establecer cuáles son las actividades que deben realizar a fin de mejorar su productividad. A continuación, se presenta la metodología propuesta por [38] para implementar la metodología *lean* en proyectos de construcción.

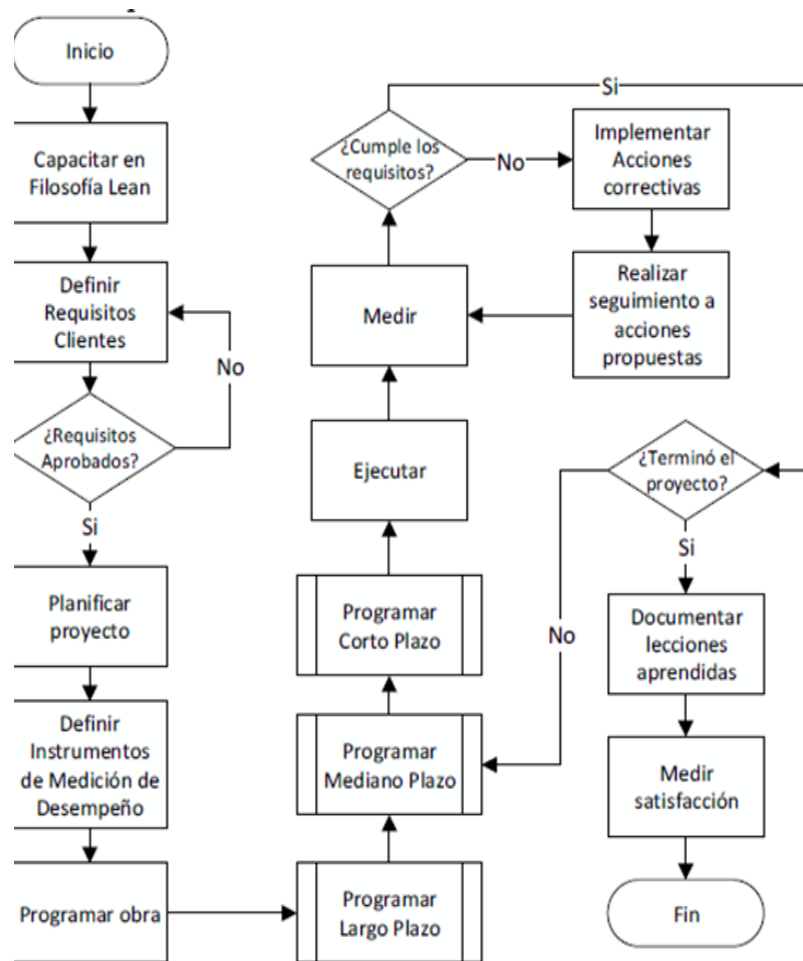


Figura 1. Propuesta metodología *lean construction*

Fuente: Elaborado por los autores

Una radiografía de la realidad latinoamericana en el tema de sostenibilidad y productividad en el sector de la construcción la realiza Ramírez [49]:

<INICIO DE CITA>

Una gran proporción de todos los materiales utilizados para la construcción de las obras se está convirtiendo en un enorme vertedero y, a su vez, en un problema gigantesco extremadamente difícil de solucionar para las generaciones futuras, causando un alto impacto sobre el medio ambiente.

La metodología *green lean* es una integración entre *lean construction* que se enfoca en la mejora de la productividad en proyectos de construcción, y *green building*, que busca algo similar, desde la sostenibilidad, durante todo el ciclo de vida de los mismos.

<FIN DE CITA>

De otra parte, Luengas [13] busca continuar con la implementación *lean construction* en las obras de la constructora Marval S. A.

Mediante observación directa y empleando conceptos y cálculos para cada uno de los procesos de la construcción, como, por ejemplo, tiempos contributivos, tiempos no contributivos, evolución semana, etc., el autor llega a una serie de conclusiones tal como se enuncian a continuación:

<INICIO DE CITA>

1. La implementación de programas enfocados al mejoramiento debe iniciarse con la creación de una cultura de medición y evaluación.
2. La implementación del sistema de planificación y control último planificador aumenta la confiabilidad del sistema de planificación de las empresas que lo utilizan.
3. La utilización de la metodología *lean construction* favorece el mejoramiento de la productividad, como lo demuestran los resultados en los últimos meses.
4. Con el sistema de *last planner*, se pudieron determinar las principales causas que afectan el cumplimiento de las actividades programadas para los contratistas semanalmente.

<FIN DE CITA>

2.2 Lean construction: una revisión internacional

Por fuera de Colombia *lean construction* es objeto de interés por parte de investigadores. Así, por ejemplo, Brioso [25] presenta una revisión de la literatura de esta filosofía en la que los temas más relevantes que plantea son: surgimiento de *lean construction*, actividades relacionadas y estado de regulación de *lean construction* en otros países, entre otros temas.

Dado lo anterior, Brioso Xavier propone un sistema mejorado en el que a través de leyes y normatividad legal vigente se pueda ordenar la asignación de funciones y responsabilidades con el fin de dejar de hacerlo de manera contractual por no estar definido en el Código Civil de Construcción y demás normativas. Se plantea que cada empresa debe definir con claridad la matriz de funciones y responsabilidades, dado que en los proyectos de construcción este factor es de sumo cuidado puesto que en ocasiones se suelen realizar procesos repetidos con distintos agentes, por lo cual debe gestionarse a tiempo para no perder productividad y mejorar el desempeño en cada proyecto.

Por consiguiente, se concluye que al hacer asignaciones balanceadas y que se encuentren contempladas en los documentos contractuales, se minimizarán los problemas por responsabilidades no asignadas y omitidas en los contratos. Dado lo anterior, se pretende mejorar la percepción del promotor con el fin de lograr una mayor satisfacción y mejorar la calidad del proyecto constructivo.

Por otra parte, Sánchez, Rosa y Benavides [22] analizaron la implementación del sistema *lean construction* para la mejora de productividad en la ejecución de los trabajos de estructuras en obras de edificación de viviendas. Los autores observaron cómo *lean construction* se empleó con el fin de “mejorar la productividad en la ejecución de los trabajos en la parte de estructuras en la edificación de viviendas”, tomando como referencia una obra típica en Cusco (Perú) de una reconocida constructora. Entre los principales resultados obtenidos los autores mencionan:

<INICIO DE CITA>

Optimización de tiempo para la elaboración del cronograma maestro en comparación con la elaboración del cronograma el cual estaba a detalle pero que ya se encontraba retrasado.

Mejoramiento de la confiabilidad de la planificación con el uso de la planificación intermedia o Look Ahead, la cual ayudó a planificar los trabajos con cuatro semanas de anticipación.

En cuanto a la planificación semanal, al principio se inició con una baja confiabilidad que solo alcanzaba un 75% a 79%, el cual se ha ido mejorando en las semanas siguientes, alcanzando hasta un 100.

<FIN DE CITA>

Un trabajo similar se presenta en [15], en el cual se estudia la productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía construcción *lean*. Es posible encontrar herramientas para una buena ejecución del proyecto como lo son la programación maestra, *look ahead*, programación semanal, programación diaria y análisis de las restricciones.

Dentro de las barreras, los factores de éxito y las estrategias en la implementación de *lean* en la construcción, en el contexto español, Díaz [44] plantea las barreras asociadas al personal involucrado en proyectos de construcción, las cuales limitan la buena implementación de la filosofía *lean construction*. De igual forma, plantea distintos factores de éxito que pueden afectar su aplicación y las estrategias dirigidas a mitigar su aparición. Inicialmente, se realiza una revisión de la literatura para conocer los conceptos relacionados con la filosofía *lean construction*, las herramientas que se usan para su aplicación y la experiencia de otros países en su implementación.

Los resultados obtenidos por empresas que han implementado la filosofía *lean construction* reflejan la mejora del desempeño y la disminución de la variabilidad en los proyectos de construcción, los cuales, a su vez, se implementan bajo el uso de herramientas como *last planner*. De lo anterior se puede concluir que, para cada una de las cuatro categorías expuestas, presentan características similares pero que pueden ser distintas a la hora de la implementación por factores tales como el clima cultural y las condiciones particulares de cada lugar en el que se ejecuta el proyecto de construcción.

En lo que respecta a la aplicación de técnicas y heurísticas especializadas, en [12] se muestra la aplicación de un algoritmo matricial RUPSP/GRUPSP “sin interrupción” para la planificación de la producción bajo la metodología *lean construction*, el cual se basa en procesos productivos. Allí también se esclarecen las limitaciones de los algoritmos de cálculos que se utilizan y, con esto, se ofrece un algoritmo nuevo para la programación de proyectos en el entorno *lean construction* mediante grafos PDM, sin interrupciones y precedencias generalizadas basadas en procesos constructivos que sirvan para una correcta aplicación de modelos de optimización y control de la producción.

En este mismo sentido, Alpízar [43] propone que es necesario difundir y transferir el conocimiento mediante la exposición de los beneficios que tiene la utilización de la filosofía *lean construction* y la herramienta *last planner* en proyectos de construcción. La investigación se desarrolló con el estudio de un proyecto de construcción, específicamente del área administrativa, el cual abarca el tema de planificación, seguimiento y control de obras que realiza la Fundación Promotora de Vivienda FUPROVI, empresa localizada en Costa Rica. Hacer seguimiento y control requiere de compromiso por parte de las personas involucradas —tanto directivas como administrativas—, puesto que es un proceso cíclico en el que se pueden detectar las desviaciones y las causas de no cumplimiento mediante herramientas como *last planner*, lo que permite ejecutar y gestionar las actividades según lo programado. De lo anterior se puede concluir que a fin de mejorar la ejecución de proyectos es necesario el uso de filosofías que permitan mejorar la eficiencia y la competitividad que en la actualidad demanda el sector de la construcción. Así, se plantea, a fin de que las empresas garanticen que el seguimiento del cronograma es el indicado, la necesidad de pagar a los contratistas los avances conforme a los avances de las actividades estipuladas en el cronograma en su respectiva fecha de corte.

Respecto a la filosofía *lean*, se encuentran cinco principios básicos que se han descrito en varios artículos, pero en [31] su autor expone que existe una similitud entre los cinco principios de *lean* y el ciclo PHVA de Deming, ya que ambos son un ciclo continuo de mejora constante, tal como se muestra en la fig. 2.

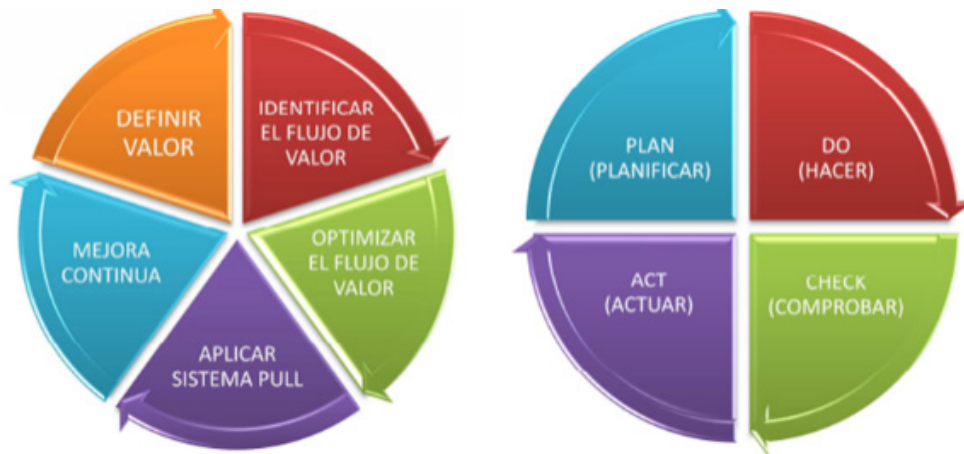


Figura 2. Comparativo principios *lean* y ciclo PHVA

Fuente: Elaborado por los autores

Por otra parte, Ruiz [8] establece que “un profesionalista está desarrollándose completamente dentro de una visión que le permita crecer y aplicar todas sus habilidades y conocimientos, es necesario abarcar las siguientes áreas”:

- visión de empresa
- visión *lean*
- capacidad técnica
- capacidad de gestión
- competencia social

Por su parte, Guerrero plantea un “conjunto de acciones que permiten prevenir errores y eliminar tiempos sin valor a procesos de diseño y ejecución de obra. Se utilizaron metodologías como son: Ishikawa, los cinco ¿por qué? y ciclo PHVA este último denominado también el círculo de la calidad en la norma ISO 9000.” Como conclusiones la autora expone [37]:

<INICIO DE CITA>

Se determinó que el 95% —de errores— del proceso constructivo, son provocados por planos que han sido modificados, es decir, planos personalizados con el cliente, cuando este ha elegido modelo, pero desea adecuarlo a gustos y necesidades.

Se caracterizó el proceso constructivo determinando que 75% de retrasos en tiempos de construcción ocurren por debilidades de planificación y control de esta.

<FIN DE CITA>

De la Cruz y Neira [28] analizan la aplicación de la metodología last planner system en la cadena de suministros para la disminución de costos operativos en obras de edificación de mediana altura en el distrito de Trujillo. En este sentido proponen, lo cual presentó como principal objetivo disminuir los costos operativos en, por lo menos, el 5% de las obras de mediana altura del distrito de Trujillo. La principal conclusión del estudio mostró que esta metodología permitió una disminución de costos operativos en la cadena de suministros.

Alves et al. [16] investigaron la historia de la diseminación y el uso de conceptos *lean* en la construcción y los posibles desafíos para el uso continuo, tales como la aplicación de transiciones de conceptos *lean* de un pequeño grupo de primeros adoptantes a una comunidad industrial. En este estudio los autores determinaron que los profesionales, los investigadores y los educadores en *lean construction* deben consolidar la definición de dicho término. Asimismo, deben trabajar de manera conjunta para adaptar los conceptos y los sistemas en el campo. Finalmente, concluyen que la inclusión de personas con experiencia en el tema permitirá consolidar el concepto y no que solo sea pasajero en la industria.

Ramos et al. [30] analizan el concepto de *lean construction* y su aplicación en varios casos reales. En su análisis afirman que la comunicación en la ejecución de un proyecto, tanto vertical como horizontal, es clave para el éxito de su implementación. Después de analizar los casos, los investigadores concluyen:

<INICIO DE CITA>

El método *lean construction* (LC) tiene un potencial nato aplicable al área industrial de la construcción, siendo evidente cada vez más su auge. Es una situación global que las empresas de este sector busquen la factibilidad de su implementación por los beneficios que LC brinda.

<FIN DE CITA>

4. CONCLUSIONES

Como conclusiones de la revisión de la literatura del estado actual de la metodología *lean construction* en Colombia se plantean las siguientes.

A pesar de que la metodología LC incursionó relativamente hace poco en el país (2002), la acogida entre las empresas grandes y reconocidas de la construcción ha sido satisfactoria y con resultados positivos, en general.

La incidencia de esta metodología en Colombia, en general, es baja debido que la parte gerencial desea ver resultados inmediatos. Sumado a esto es necesario realizar una inversión en tiempo y dinero que la mayoría de las constructoras no están dispuestas a comprometer.

Ahora bien, es difícil romper el paradigma de la construcción convencional en las empresas constructoras, ya que estas siempre han funcionado y dado resultados “satisfactorios” con la metodología convencional para construir.

Como ventajas sobresalientes de implementar la metodología LC se encuentran la optimización de recursos, la minimización de desperdicios, el incremento del porcentaje de la productividad, la reducción del tiempo en actividades que no le generan valor al producto final, el aumento del nivel de confiabilidad en la planificación y las variables que al final aumentan la utilidad en los proyectos de construcción.

Ahora bien, los artículos estudiados en Colombia provienen de universidades de ciudades como Medellín y Bogotá (las más industrializadas del país), y en el resto del país las investigaciones son prácticamente escasas.

En fin, Colombia, con más participación de las entidades gubernamentales y aprovechando el auge de la construcción que impera en este momento, podría masificar esta metodología y verla como una gran oportunidad de mejora para la competitividad y la productividad empresarial.

REFERENCIAS

- [1] J. F. Pons Achell, “Introducción a lean construction”, Fundación Laboral de la Construcción, 2014. [En línea]. Disponible en: www.fundacionlaboral.org/documento/introduccion-al-lean-construction. Consultado: ag 1, 2018.
- [2] L. F. Botero Botero y M. E. Álvarez Villa, “Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción”, Revista Universidad EAFIT, n° 130, pp. 65-78, jun 2003.
- [3] L. F. Botero y M. Álvarez, “Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (lean construction como estrategia de mejoramiento)”, Revista Universidad Eafit, vol. 40, n.º 136, pp. 50-64, jun 2004.
- [4] L. F. Botero y M. E. Álvarez Villa, “Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción. Estudio del caso de la ciudad de Medellín”, Ingeniería y Desarrollo, n° 17, pp. 148-159, 2005.
- [5] L. F. Botero, M. E. Álvarez y C. A. Ramírez, “Benchcolombia, sistema de referenciación para la construcción”, Revista de Ingeniería Universidad de los Andes, n° 25, pp. 33-45, may 2007.
- [6] E. Delgado, Aplicación de la metodología de planeación last planner en el mejoramiento de la productividad, efectividad y eficiencia en el sistema constructivo aporticado (lean construcción), trabajo de grado, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 2007.
- [7] M. E. Álvarez, “Lean data: aplicación de lean construction en la toma de datos”, Revista Universidad EAFIT, vol. 43, n° 148, pp. 62-77, oct 2007.

- [8] B. Ruiz, Desarrollo del perfil para un profesionalista bajo la metodología de lean construction, tesis de maestría, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Monterrey, México, 2007.
- [9] E. Chirivi y L. D. Pulido, "Lecciones del congreso colombiano de la construcción 2009: competitividad para construir el futuro", Camacol.co, 2009. [En línea]. Disponible en: https://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/EE20091007055357_0.pdf. Consultado: ag 3, 2018.
- [10] L. F. Alarcón y E. Pellicer, "Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas", Revista de Obras Públicas, vol. 156, n.º 3496, pp. 45-52, feb 2009.
- [11] J. G. T. Martínez-Ribón, Propuesta de metodología para la implementación de la filosofía lean en proyectos de construcción, tesis de maestría, Bogotá, Escuela de Administración, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 2011.
- [12] J. L. Ponz-Tienda, J. Benlloch-Marco, C. Andrés-Romano y S. Doria-Gil, "Un algoritmo matricial RUPSP/GRUPSP "sin interrupción" para la planificación de la producción bajo metodología lean construction basado en procesos productivos", Revista de la Construcción, vol. 10, nº 2, pp. 90-103, 2011.
- [13] A. C. Luengas, Implementación y seguimiento de la metodología lean construction a las actividades constructivas de la obra Metropolitan Business Park en la empresa Marval S. A., trabajo de grado, Universidad Pontificia Bolivariana-Escuela de Ingenierías, Bucaramanga, Colombia, 2011.
- [14] A. A. Ortiz, Propuesta para la creación de empresa prestadora de servicios en: implementación de la filosofía lean construction para la determinación de pérdidas y mejoramiento del proceso constructivo para proyectos de vivienda en la ciudad de Popayán, tesis de grado, Universidad Autónoma De Occidente Popayán, 2012.
- [15] K. E. B. Revilla, Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía lean construcción, tesis de grado, Pontificia Universidad Católica de Perú, Perú, 2012.
- [16] T. Alves, C. Milberg y K. Walsh, "Exploring lean construction practice, research, and education", Engineering, Construction and Architectural Management, vol. 19, n.º 5, pp. 512-525, 2012.
- [17] H. Páez, H. Vargas y L. Ramírez, "La institucionalización del lean construction en un país en desarrollo", ponencia presentada en el V Encuentro Latinoamericano de Economía y Gestión de la Construcción, Cancún, México, jun 2013.
- [18] S. Castillo, Análisis de implementación de la metodología lean para un edificio de vivienda estrato cinco, tesis de grado, Bogotá, Universidad de los Andes, 2013.
- [19] I. Usama-Hamed, "Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time", Alexandria Engineering Journal, vol. 52, nº 4, pp. 697-704, jul 2013.
- [20] J. Cubaque, Diseño de una propuesta para la implementación de la metodología lean construcción en una empresa del sector construcción, Universidad Militar Nueva Granada, tesis de grado, Bogotá, Colombia, 2014.
- [21] S. O. y G. J. Porras Hernán, "Filosofía lean construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual", Revista Avances, vol. 11, n.º 1, pp. 32-53, jun 2014.
- [22] A. S. Sánchez, D. D. Rosa y P. A. Benavides, Implementación del sistema de lean construction para la mejora de productividad en la ejecución de los trabajos de estructuras en obras de edificación de viviendas, tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Santiago de Surco, 2014.

- [23] S. Cano, M. Fajardo, L. Botero y O. Rubiano, "Entornos y sistemas de producción en construcción. Relación con la evolución de la aplicación de lean construction en Colombia, San Pablo: Sibragec-Elagec, 2015.
- [24] Zona Franca Bogotá, Desarrollando entornos sostenibles para los negocios de Zona Franca de Bogotá. Bogotá: ZFB, 2015.
- [25] X. M. Brioso Lescano, "El análisis de la construcción sin pérdidas (lean construction) y su relación con el project & construction management: propuesta de regulación en España y su inclusión en la ley de la ordenación de la edificación", 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.revistavirtualpro.com/biblioteca/el-analisis-de-la-construccion-sin-perdidas-lean-construction-y-su-relacion-con-el-project-construction-management-propuesta-de-regulacion-en-espana-y-su-inclusion-en-la-ley-de-la-ordenacion-de-la-edificacion>. Consultado: sep 5, 2018.
- [26] Argos de Colombia, "Experiencia lean construction, caso arquitectura y concreto", Argos.co, 2015. Disponible en: <http://grandesrealidades.argos.co/experiencia-lean-construction-caso-arquitectura-y-concreto/>
- [27] M. Cruz Cubillos, Análisis de mejoramiento de los capítulos PMI a través de las metodologías lean en el sector de construcción, tesis de grado, Universidad de Nueva Granada, Bogotá, Colombia, 2015.
- [28] J. De la Cruz y S. Neira, Aplicación de la metodología last planner system en la cadena de suministros para la disminución de costos operativos en obras de edificación de mediana altura en el distrito de Trujillo, tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego, Lima, Perú, 2015.
- [29] S. Cano, J. Delgado, L. Botero y O. Rubiano, "Barreras y factores de éxito que impactan la implementación de lean construction", San Pablo: Sibragec-Elagec 2015.
- [30] J. Ramos, C. Dávalos, A. López y A. Rodríguez, "Construcción: análisis para la implementación del modelo lean en el sector de la construcción", Culcyt, vol. 12, n.º 56, pp. 33-40, ag 2015.
- [31] A. L. Uriz, "Filosofía lean en la construcción", tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2015.
- [32] C. Guzmán, "Lean construction, filosofía de cambio", Portal de Ingeniería, jul 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=jyipBQnmlUc&feature=youtu.be>
- [33] Argos, "Grades realidades", ab 2015. [En línea]. Disponible en: <http://grandesrealidades.argos.co/construye-sin-perdidas-construye-lean/>
- [34] S. Cano, D. Erazo, L. Rivera y L. Botero, "Exploración de la implementación de la filosofía lean construction en empresas constructoras colombianas", VII Elagec-II SeIN²Co, Bogotá, 2016.
- [35] M. Rojas, M. Henao y M. Valencia, "Lean construction-LC bajo pensamiento lean," Revista Ingenierías Universidad de Medellín, vol. 16, n.º 30, pp. 115-128, 2017.
- [36] D. Ortiz y L. Villamizar, Implementación de los principios de lean construction en la constructora Colproyectos S. A. S. de un proyecto de vivienda en el municipio del Rosario, trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2016.
- [37] K. Guerrero, Análisis y propuesta para minimizar errores y reducir tiempos sin valor agregado en los procesos de diseño y ejecución de proyectos habitacionales de constructora de viviendas en Vía a la Costa de la ciudad de Guayaquil, Guayaquil: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Industrial, 2016.

- [38] J. Martínez, R. Herrera y L. Salazar, "Propuesta metodológica para la implementación de la filosofía lean en proyectos de construcción", ponencia presentada en el 1er. Congreso Latinoamericano de Ingeniería-CLADI, 2017.
- [39] H. Cano, N. Nieto y K. Arango, Implementación de la metodología lean construction para la optimización de recursos en la empresa Gramar S. A., tesis de grado, Universidad Católica, Bogotá, Colombia, 2017.
- [40] G. Araque, D. García y E. Aguirre, "La metodología lean construction y el análisis de pérdidas en el sector civil colombiano: un estudio de caso", Desarrollo e Innovación en Ingeniería, pp. 378-391, 2017.
- [41] S. Cano, L. Botero y L. Rivera, "Evaluación del desempeño de lean construction", Revista Espacios, vol. 38, n.º 39, p. 30, abr 2017.
- [42] P. E. Suárez-Roa, Diseño de lineamientos basados en la filosofía lean construction en las etapas gerenciales de un proyecto civil, trabajo de grado, Universidad de la Costa, Barranquilla, 2017.
- [43] G. Alpízar-Álvalos, Aplicación de lean construction a través de la metodología last planner a proyectos de vivienda social de FUPROVI, tesis de grado, Escuela de Ingeniería en Construcción, Instituto Tecnológico de Costa Rica, San José, 2017.
- [44] L. Díaz Burgos, Barreras, factores de éxito y estrategias en la implementación de lean en la construcción. Una primera aproximación a la situación en España, trabajo de grado, Escuela Técnica Superior de Gestión en la Edificación, Universitat Politècnica de València, Valencia, España, 2017.
- [45] F. Botero, Diez años de implementación lean en Colombia, Colmayor.edu.co. [En línea]. Disponible en: http://www.colmayor.edu.co/archivos/luis_fernando_botero_botero_cdwuy.pdf. Consultado: sep 2, 2018.
- [46] L. P. Deantonio-Monroy y D. A. Lozano-Bermúdez, Implementación de la metodología lean construction y la guía PMBOK para el mejoramiento de los proyectos de vivienda multifamiliar, trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia, 2017.
- [47] K. Flórez, "Cómo implementar lean construction en una empresa constructora pequeña o mediana", K+K Group, mar 2017. [En línea]. Disponible en: <http://kykconsulting.pe/implementacion-de-lean-construction/>.
- [48] J. C. Ordoñez-Núñez, "Metodología lean construction: hacia una edificación eficiente", Revista Tecnológica, vol. 13, n.º 19, pp. 24-27, 2017.
- [49] C. Ramírez, "Mejoras en productividad, sostenibilidad y competitividad de green lean. Análisis de un estudio de caso", tesis de maestría, 2018. [En línea]. Disponible en: bdigital.unal.edu.co. Consultado en: ag 10, 2018.