



Revista Ingenierías Universidad de Medellín

ISSN: 1692-3324

Universidad de Medellín

Rojas-López, Miguel David; Henao-Grajales, Mariana; Valencia-Corrales, María Elena

Lean construction LC bajo pensamiento Lean *

Revista Ingenierías Universidad de Medellín, vol.
16, núm. 30, 2017, Julio-Diciembre, pp. 115-128

Universidad de Medellín

DOI: <https://doi.org/10.22395/rium.v16n30a6>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75054207007>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UNEM
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Lean construction – LC bajo pensamiento Lean*

Miguel David Rojas López**

Mariana Henao Grajales***

María Elena Valencia Corrales****

Recibido: 09/09/2015 • Aceptado: 12/02/2016

DOI: 10.22395/rium.v16n30a6

Resumen

Lean Construction es una filosofía que cambia el pensamiento tradicional de trabajo en el sector construcción por medio de sistemas de gestión innovadores fundamentados en análisis de pérdidas, planificando las actividades con el objetivo de mejorar la productividad en la construcción, eliminando actividades que no aportan para el resultado de la obra.

El pensamiento LEAN está constituido por técnicas implementadas en la empresa Toyota para minimizar los desperdicios en la cadena productiva y aumentar el valor de los productos.

Este artículo de revisión propone la aplicación del pensamiento LEAN en procesos del sector construcción y se ilustra con un ejemplo tomado de un proceso real que puede ser parte de la interventoría.

Palabras clave: lean thinking, lean construction, desperdicio, valor, construcción.

* El artículo se origina en un proyecto de Extensión del Centro de Investigación y Consultoría Organizacional CINCO con el Tecnológico de Antioquia, Institución Universitaria, quien por medio de la consultoría, genera recursos para el grupo de investigación. El proyecto se realizó entre enero y marzo de 2016.

** Profesor asociado, Director Centro de Investigación y Consultoría Organizacional–CINCO. Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Correo: mdrojas@unal.edu.co

*** Estudiante, Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Correo: mahenaogr@unal.edu.co

**** Profesora de tiempo completo, Facultad de Ciencias Administrativas, Económicas y Contables. Investigadora Grupo de investigación CONTAS de la Fundación Universitaria Luis Amigó. Correo: maria.valenciaco@amigo.edu.co

Lean construction - LC under lean thinking

Abstract

Lean Construction is a philosophy that changes the traditionalist thought in the construction area through innovative management systems based on the analysis of waste, planning activities in order to improve productivity at construction, eliminating activities that do not contribute to the result of the work. Lean Thinking techniques are implemented in Toyota enterprise to minimize waste in the supply chain and increase the value of the products. This review article shows the application of lean thinking processes at the construction area, illustrated with an example taken from a real process that may be part of supervision.

Key words: lean thinking, lean construction, waste, value, construction.

INTRODUCCIÓN

Desde la década de 1950 la industria automotriz Toyota ha implementado con éxito el “pensamiento LEAN” por Toyota Motor Company [1]. Este pensamiento define técnicas modernas para hacer eficientes los proyectos teniendo una misma filosofía de gestión. El objetivo es eliminar actividades que no generan valor en la línea de producción. [2]

Durante la década de 1990, en las organizaciones el concepto LEAN se extendió gradualmente desde un nivel operativo a un nivel más estratégico [3]. Es decir, la metodología inició en los niveles operativos, pasando por los niveles ejecutivos y alcanzando los niveles estratégicos. Los planes operacionales son aquellos que especifican los detalles de cómo deberán alcanzarse los objetivos, y los planes estratégicos aplican a toda la organización, estableciendo los objetivos para posicionarla en términos del ambiente que la rodea [4].

Los principios del concepto “LEAN” se fundamentan en que no hay “desperdicios”, y aparecen dos palabras que definen el enfoque de administración de proyectos: “valor” y “desperdicios”. Se pretende maximizar el valor de los proyectos y eliminar los desperdicios que existen en ellos. En algunos contextos el mejoramiento continuo se asemeja a lean manufacturing; en algunas empresas de México se implementó el pensamiento LEAN como consecuencia de la crisis económica que evidenció el país en los años 2008-2009, que incentivó al aumento de esfuerzos para mejorar la productividad de las empresas, y que fue un terreno propicio para la aplicación de filosofías como lean manufacturing. [5]

El pensamiento “LEAN” es una serie de métodos y herramientas que pretende:

- Eliminar pérdidas por demoras e ineficiencias en los procesos internos de la organización
- Prevenir y eliminar fallas de equipos, interrupciones y pérdidas de producción
- Buscar siempre la perfección y mejoras de calidad

Además de las anteriores herramientas, el pensamiento LEAN tiene cinco principios:

1. Valor de cada proyecto desde la perspectiva del cliente

Según Figuerola [6], los procesos y actividades se dividen en tres categorías: las que claramente crean valor, las que no crean valor, pero son necesarias y las que no crean valor ni son necesarias, y son las que constituyen el residuo o desperdicio [6].

Se entiende por “valor” cualquier cosa por la que un cliente estará dispuesto a pagar, y una actividad que no incrementa o no esté incluida en el precio que pagaría el cliente genera costos al proyecto. Estas tareas se consideran desperdicios tipo dos o “muda”, y se eliminan de la corriente del valor; algunas tareas que son desperdicios, pero necesarias para terminar el proyecto en tiempo y forma, son desperdicios tipo uno.

2. Identificar el flujo de valor

Realizar un mapa de la corriente de valor, es decir, un mapa en el que fácilmente se identifiquen las tareas que agregan valor y las que no es una manera eficaz que permite conocer el valor que el usuario final estaría dispuesto a pagar por un producto. El flujo de valor está conformado por todas las tareas necesarias que deben ser completadas para la entrega del servicio [7]. Para completar el servicio final se contemplan tres tareas:

Primera: solución de problemas. Se inicia en la concepción, sigue en el diseño detallado y la ingeniería hasta el lanzamiento a la producción.

Segunda. Gestión de la información: va desde la recepción del pedido hasta la entrega, a través de una programación detallada.

Tercera: transformación física. Ejecución de las etapas de la prestación del servicio, con los procesos existentes desde la materia prima hasta el producto terminado en manos del cliente. En caso de un servicio desde el contacto inicial con el cliente hasta la presentación final del servicio. [7]

3. Permitir que el flujo de valor fluya sin interrupciones

Este principio aplica a cualquier actividad, ya que las herramientas necesarias para finalizar la actividad pueden minimizarse a la mitad rápidamente; el esfuerzo humano, tiempo, espacio, instrumentos, entre otros; con el tiempo se logra mantener un proceso continuo de reducción. Los obstáculos a remover para que el flujo del valor fluya sin interrupciones son [7]:

- Rigidez de los departamentos funcionales
- Ciclos de aprobación recurrentes
- Cambios constantes en los requerimientos del proyecto.
- Interferencia innecesaria de la gerencia

4. Permitir que el cliente extraiga valor del equipo de proyectos

Se construye lo necesario por el usuario cuando es pertinente; así debe permitir que sea el regulador de actividades y saber qué se hace cada día. Se confirma con los usuarios lo necesario, como también lo no necesario, de esta manera, se eliminan desperdicios [7].

5. Buscar permanentemente la perfección

Los proyectos “LEAN” requieren monitorización permanente para mantener y mejorar el desempeño, la disciplina de equipo y la intolerancia cero a los desperdicios aseguran el éxito de “LEAN”.

Durante la ejecución de proyectos es necesaria la búsqueda de la perfección para evitar que vuelvan a su estado inicial, esto es, ley de entropía: las cosas del mundo vuelven a su estado natural y tienden a ser caóticas a lo largo del tiempo, es decir, si no hay verificación en los proyectos se tendrán nuevos desperdicios y en mayor magnitud [7].

1. LEAN CONSTRUCTION –LC–

LC está dirigido a la reducción de desperdicios, aumento de la productividad y mejora de la salud ocupacional en la obra, es decir, la prevención de accidentes y la seguridad del trabajador, para cumplir con los requisitos para el usuario en la industria de la construcción. Se encontró que el conocimiento de los *stakeholders* o las partes interesadas es razonablemente significativo como son los principios de LC implementados en el campo de trabajo, es decir, los principios de LC son adecuados para los interesados en el negocio de la construcción [8].

La aplicación del pensamiento lean en la construcción ha llevado a la implementación de técnicas y sistemas de planificación que mejoran las actividades que se presentan en proyectos de construcción. [9]

1.1 Desperdicios en obra

Lean construction “es un enfoque basado en la gestión de la producción para la entrega de un proyecto, una nueva manera de diseñar y construir edificios e infraestructuras. La gestión de la producción LEAN ha provocado una revolución en el diseño, suministro y montaje del sector industrial. Aplicado a la gestión integral de proyectos, desde su diseño hasta su entrega, LEAN cambia la forma en que se realiza el trabajo a través de todo el proceso de entrega. Lean construction se extiende desde los objetivos de un sistema de producción ajustada-maximizar el valor y minimizar los desperdicios-hasta las técnicas específicas, y las aplica en un nuevo proceso de entrega y ejecución del proyecto” [10].

“Construcción sin pérdidas”, como es denominado este método, fue propuesto por Lauri Koskela en 1992: analiza los principios y las aplicaciones del *Just In Time*-JIT- y *Total Quality Management* -TQM- e introduce cambios conceptuales en la gestión de la construcción para mejorar la productividad, enfocando todos los esfuerzos en la estabilidad del flujo de trabajo [11].

En las empresas manufactureras y especialmente en el sector de la construcción se evidencian 7 tipos de desperdicios en la operación, que deben ser eliminados o minimizados por medio de la filosofía LEAN [12-14]:

- Retrabajos: colección de errores, se repiten con frecuencia.
- Sobreproducción: se hace más de lo necesario en el momento, se adelanta en una actividad que posteriormente debe esperar para ser alcanzada por su actividad sucesora.
- Inventarios: dinero estancado en la obra que se traduce en desperdicio.
- Movimiento excesivo: mover constantemente elementos que no son necesarios en el momento.
- Procesamiento: haciendo actividades que no requiere el usuario final.
- Transporte: actividades que involucran a la logística al no planear de manera correcta los materiales que deben estar en obra, y se incurre en sobrecostos de transporte para hacerlos llegar a tiempo.
- Espera: esperas en material, planos, información, contratistas son desperdicios.

Además de los desperdicios anteriores, en las obras de construcción del sector público, se evidencia la falta de control por parte de la interventoría al contratista.

- Contratista es la persona que asume la entrega de un bien, la realización de una determinada prestación de servicio, o la entrega de una obra, según el objeto del contrato y las demás especificaciones consagradas en el mismo, a cambio de una contraprestación [15].
- Interventoría es una organización independiente de la entidad contratante y contratista, quien responderá por los hechos y omisiones que le fueren imputables en los términos previstos en el artículo 53 de la ley 80 de 1993 [15].

El desperdicio tipo “muda” en la construcción de proyectos se presenta en la interventoría y en la empresa contratista como se muestra en la tabla 1.

En la tabla 2 se muestran los desperdicios en la construcción que son necesarios para la entrega del producto denominados tipo “UNO” y los que son netamente pérdidas, llamados tipo “DOS”.

La implementación de LEAN production en construcción desde 1994 busca optimizar los recursos, costos y tiempos, por medio de los métodos aplicados en la construcción. [16]

Tabla 1. Desperdicios tipo muda en el contratista y la interventoría.

<i>Contratista</i>	<i>Interventoría</i>
Incongruente programación de obra	Intereses no compartidos entre la interventoría y el contratista
Retrasos de obra por falta de materia prima, como hierro, cemento, arena y ladrillo, entre otros.	Los controles de la interventoría deben dirigirse al rendimiento en obra
Falta de calidad de materiales generando actividades que deben repetirse.	
Deficiente seguridad industrial	
Ausencia de tecnología que permita procesos eficientes.	
Mano de obra deficiente y alta rotación del personal.	

Fuente: elaboración propia, 2015.

Tabla 2. Desperdicio tipo “UNO” “DOS” en construcción.

<i>Desperdicios tipo “UNO”</i>	<i>Desperdicios tipo “DOS”</i>
Esperas en el transporte de material	Verificar calidad de materiales
Esperas por falta de material	Imprevistos por condiciones climáticas
Falta de producción	

Fuente: elaboración propia, 2015.

Uno de los elementos centrales de LEAN construction es la reinterpretación de la forma en que se entiende la producción en construcción; el modelo de conversión en el que se fundamenta representa un proceso de producción donde los insumos son transformados en productos, donde el cambio de las entradas en salidas es tratado como una caja negra [17].

El modelo convencional en el que se fundamentan las programaciones de obra sigue el proceso de transformación de la figura 1.

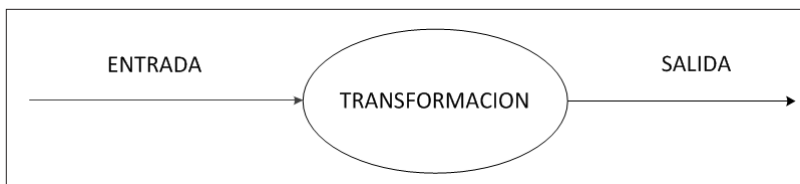


Figura 1. Modelo convencional de programación.

Fuente: : Obtenido de: [20]

La filosofía LEAN propone un modelo en el que después de la entrada hay un proceso de transporte y esperas antes de llegar a la transformación, luego inspecciones

y, en muchas ocasiones, reparación de trabajos, para llegar al producto. Este modelo es llamado de transformación-flujo-valor –TFV (ver figura 2).

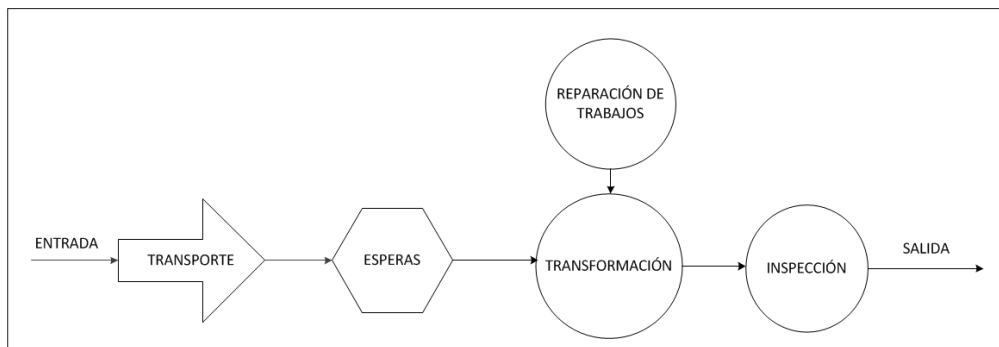


Figura 2. Modelo de Transformación-Flujo-Valor (TFV).

Fuente. : Obtenido de [20]

Un ejemplo del proceso de transformación propuesto se muestra en la instalación de adoquín para la realización de una vía, donde se observan etapas que no estaban contempladas en el modelo inicial, pero que causan desperdicios (figura 3).

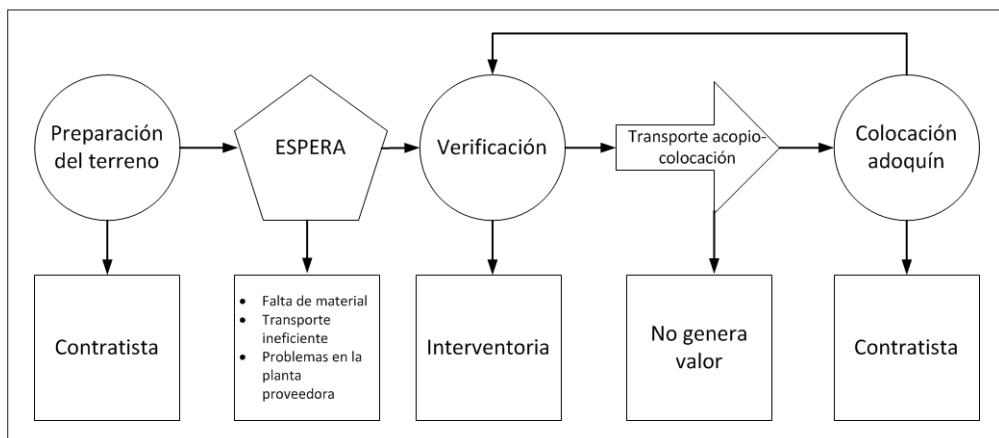


Figura 3. Ejemplo modelo de transformación TFV

Fuente. Elaboración propia, 2015.

Para determinar las actividades que generan pérdidas en la construcción, se hacen observaciones cortas de las actividades que realiza un trabajador en obra, y se categorizan en tres grupos de trabajo [16]:

- Trabajo productivo –TP– es el tiempo necesario que emplea un trabajador en producir alguna unidad de construcción, como la colocación de refuerzo, vaciado de concreto, mampostería, entre otros

- Trabajo contributivo –TC– es el tiempo que requiere realizar actividades complementarias y necesarias para que se tenga el producto, como limpieza de superficies, obras falsas para losas, columnas y seguridad industrial, entre otras
- Trabajo no contributivo –TNC– son las actividades que realizan los obreros y no generan valor al producto final, y son consideradas pérdidas, como los tiempos dedicados a esperas, ocio, reprocesos, descansos, entre otros

Se busca la eficiencia del trabajo productivo minimizando los trabajos contributivos y eliminando los tiempos de los trabajos no contributivos.

1.2 Aplicación de LEAN construction

Para algunos autores, el objetivo de la filosofía LEAN es la búsqueda de causas que generan los desperdicios en obra, y la planeación es un proceso que no está ligado directamente con las soluciones LEAN. Se está incursionando en el tema de implementación de la filosofía LEAN en la construcción, fundamentada en autores que la han desarrollado de manera práctica y se entiende que la aplicación se da a través de los planteamientos expuestos.

La aplicación de esta filosofía en la construcción se fundamenta en la mejora de aspectos que inciden negativamente sobre la productividad en proyectos de construcción [18]:

- Errores en los diseños y falta de especificaciones.
- Modificaciones a los diseños durante la ejecución del proyecto.
- Falta de supervisión de los trabajadores.
- Agrupamiento de trabajadores en espacios muy reducidos (sobrepoblación en el trabajo).
- Alta rotación de trabajadores.
- Condiciones deficientes de seguridad industrial que generan altas tasas de accidentes.
- Composición inadecuada de cuadrillas de trabajo.
- Distribución inadecuada de los materiales en obra.
- Falta de materiales requeridos.
- Falta de suministro de equipos y herramientas.
- Lotes con condiciones difíciles para su desarrollo.

- Excesivo control de calidad.
- Clima y condiciones adversas en la obra.

En las etapas para llegar a la construcción de un proyecto, se aplica LEAN en cada una de ellas para optimizar los procesos que se involucran en la entrega final del producto. *LEAN* se aplica en los diseños, compras, logística, planeación, inventarios y construcción (figura 4) [12].

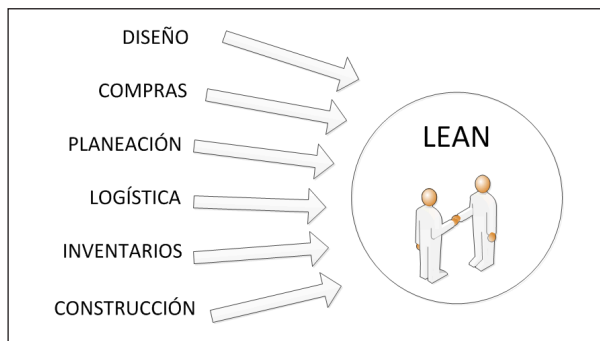


Figura 4. Aplicación de LEAN en las etapas de un proyecto.

Fuente. Elaboración propia, 2015.

- En diseño, la filosofía LEAN se aplica teniendo diseños estandarizados, aprovechando plataformas en una etapa inicial, de tal forma que se agilice este proceso sin necesidad de iniciar desde cero.
- En compras, se crean relaciones estrechas con los proveedores en términos de calidad-costos y entrega para obtener beneficios para las dos partes. Relaciones ganar-ganar.
- En planificación, se establece un programa de proyecto estable, clara identificación de la ruta crítica, la cual es la ruta de las actividades que definen el tiempo de duración del proyecto y son las que se deben optimizar para reducir costos y duración de la obra.
- En logística, asegurar que la entrega de materiales sea justo a tiempo y sin acumulaciones de inventarios pero sin falta de ellos en obra; además, reducción de sobrecostos de transporte debidos a la falta de solicitud de materiales a tiempo y que incurre en un gasto adicional
- En construcción, se asegura la comunicación clara y visual de los planes del proyecto para que cada trabajador sepa el momento que debe intervenir el proyecto,

formación y trabajo en equipo, informar de los avances diarios y semanales en reuniones de mejora continua [12].

1.3 Implementación de LAST PLANNER, último planificador

Una de las metodologías tendentes a reducir las pérdidas a través del proceso productivo es LAST PLANNER, la cual es una herramienta de planificación y control desarrollada por Ballard y Howell en 1994 [19]. En el método se definen unidades de producción (porcentaje de asignaciones completadas-PAC-) y el control del flujo de actividades mediante asignaciones de trabajo. Además, se identifica la causa de los problemas que originan desperdicios y la toma de decisiones oportunas que permitan actuar a tiempo, lo cual incrementa la productividad [19].

El PAC es el número de realizaciones divididas por el número de asignaciones para una semana dada, y es una unidad de medición que determina el desempeño de cada plan de trabajo semanal y estima su calidad. De esta manera el PAC compara lo que se realizará según el plan de trabajo semanal con lo que realmente se realizó, mostrando la fiabilidad del sistema de planificación.

El last planner aumenta la confiabilidad en la planificación de los proyectos y a su vez disminuye la incertidumbre en estos, lo que ocasiona mejoras en el desempeño; este aumento en la confiabilidad se genera implementando planificaciones intermedias y semanales, enmarcadas dentro de un plan maestro o general de proyecto. Se analizan los obstáculos que evitan el desarrollo de las tareas (cuellos de botella), y al determinarlos se logra actuar antes de que sucedan y así realizar las actividades sin interrupciones [18].

1.4 Logros en la implementación de LEAN en la construcción

La implementación de programas de mejora de la productividad inicia con la cultura de medición y evaluación, que son herramientas útiles para medir pérdidas, variabilidad y otras variables que determinan el desempeño de los proyectos en ejecución.

Con los resultados de las investigaciones que realizó Botero en el año 2005 a 12 obras desarrolladas en Medellín para construcción de vivienda en el año 2003 y que implementaron el sistema de planificación y control “el último planificador”, se estableció que las causas de no cumplimiento con las asignaciones programadas semanales se deben en un 43.75 % a subcontratistas y actividades previas, las cuales son controlables por la administración de la obra, y el porcentaje restante, 56.25 %, corresponde a los proveedores, mal tiempo, cambios de diseño, causas no controlables por la administración de la obra y hacen parte del riesgo característico de la actividad

de construcción. Se identifican las variables que pueden ser optimizadas y que generan mayor productividad en la obra [19].

Algunos avances obtenidos por medio de la aplicación de la filosofía *LEAN* en la construcción desde la operación de la obra son:

- Distribución de planta.
- Mejoramiento de la logística interna de la obra.
- Mejoramiento de las condiciones de seguridad en obra.
- Disminución del impacto ambiental.
- Mejoramiento de la condición de vida de los obreros en el proyecto.
- Medición de la productividad en obra, tanto pérdidas como tasas de producción
- Utilización de tecnologías de información y comunicación para el control de obra.

CONCLUSIONES

El sistema convencional en Colombia para planear y ejecutar las obras del sector construcción difiere del pensamiento LEAN, es decir, actualmente hay pocas empresas que implementan esta filosofía de trabajo.

Las organizaciones del sector de la construcción deben iniciar con el compromiso al nivel estratégico de implementar en la organización el pensamiento LEAN para ser ejecutado al nivel operativo en el proceso constructivo en obra.

LEAN construction es una aplicación de LEAN thinking que hace necesario un cambio de filosofía en las empresas constructoras para que la herramienta sea efectiva, lo cual necesita de tiempo en el mediano plazo para que los integrantes en la organización asimilen el concepto y lo puedan aplicar.

En el ejemplo expuesto se observa un tiempo de espera que es un desperdicio el cual evidencia uno de varios procesos que no generan valor en la planeación y en la ejecución.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. Fayek Aziz y S. Mohamed Hafez, «Applying lean thinking in construction and performance improvement,» *Alexandria Engineering Journal* , vol. 52, pp. 679-695, 2013.
- [2] G. A. Araque González, *Planeación e implementación de la filosofía LEAN Construction en base al estudio de pérdidas y aplicación del sistema last planner en un proyecto de la empresa MARVAL S. A.*, Bucaramanga, 2010.

- [3] F. Salehi y A. Yaghtin, «Action Research Innovation Cycle: Lean Thinking as a Transformational System,» *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 181, pp. 293-302, 2015.
- [4] S. Robbins, *La administración en el mundo de hoy*, México: Pearson Educación, 1998.
- [5] M. Oropesa-Vento, J. L. García Alcaraz, L. Rivera y D. F. Manotas, «Effects of management commitment and organization of work teams on the benefits of Kaizen: Planning stage,» *DYNA*, vol. 82, pp. 76-84, 2015.
- [6] N. Figuerola, «El rol de Lean Thinking en los proyectos,» Buenos Aires, Argentina, 2010.
- [7] P. Lledó y R. Mercaú, «Adminsitación en Lean Project,» 2006. [En línea]. Available: <http://www.masconsulting.com.ar/anterior/Documentos/a%20articulos%20pdf/08-08-15%20Lean%20Project%20Management%20-%20Lledo.pdf>.
- [8] M. Arif Marhani, A. Jaapar y N. A. Ahmad Bari, «Lean Construction: Towards enhancing sustainable construction in Malaysia,» *Procedia Social and Behavioral Sciences*, vol. 68, pp. 87-98, 2012.
- [9] R. Sacks, M. Radosavljevic y R. Barak, «Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction,» *Automation in Construction*, vol. 19, pp. 641-655, 2010.
- [10] Lean Construction Institute, «What is Lean Design & Construction,» s. f. [En línea]. Available: <http://www.leanconstruction.org/about-us/what-is-lean-construction/>.
- [11] V. Y. Piqueras, «¿Qué es LEAN Construction?,» Universidad Politécnica de Valencia, 2013. [En línea]. Available: <http://procedimientosconstruccion.blogs.upv.es/2013/03/24/que-es-lean-construction/>.
- [12] M. D. R. López, *Interventoría, Manual práctico*, Medellín: Ediciones de la U; 2014.
- [13] L. F. Botero Botero y M. Álvarez Villa, «Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción,» *Revista Universidad EAFIT*, pp. 65-78, 2003.
- [14] S. Nekoufar y A. Karim, «Lean Project Management In Large Scale Industrial & Infrastructure Project via Standardization,» 2011. [En línea]. Available: http://projectmanager.com.au/wp-content/uploads/2011/03/LeanPM_Saviz-Nekoufar.pdf.
- [15] L. F. Botero Botero y M. Álvarez Villa, «Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean construction como estrategia de mejoramiento),» *Universidad EAFIT*, pp. 50-64, 2004.
- [16] TMB Consulting Group, «Cómo aplicar LEAN en la construcción» febrero 2012. [En línea]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=oM8lm_gYW68.
- [17] L. F. Botero 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 & Desarrollo*, vol. 17, pp. 148-159, 2005.

- [18] Constructecnia PUPC, «¿Qué es LEAN Construction?» marzo 2013. [En línea]. Available: <http://procedimientosconstruccion.blogs.upv.es/2013/03/24/que-es-lean-construction/>.
- [19] A. Chiarini, «Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean Production tools: an empirical observation from European motorcycle component manufacturers,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 85, pp. 226-233, 2014.
- [20] P. Arunagiri y A. Gnanavelbabu, «Identification of Major Lean Production Waste in Automobile Industries using Weighted Average Method,» *Procedia Engineering*, vol. 97, pp. 2167-2175, 2014.