



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL – CONSTRUCCIÓN

FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION Y SU IMPACTO EN LA IMPLEMENTACIÓN EN EL
DESARROLLO DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
JONATHAN DE JESÚS BARTOLÓN PÉREZ

TUTOR PRINCIPAL:
M.I. LUIS CANDELAS RAMÍREZ
FACULTAD DE INGENIERÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CIUDAD DE MÉXICO, MARZO DE 2020

JURADO ASIGNADO

Presidente: Dr. Meza Puesto Jesús Hugo

Secretario: M.I. Mendoza Rosas Marco Tulio

1^{er.} Vocal: M.I. Candelas Ramírez Luis

2^{do.} Vocal: M.I. Díaz Infante Chapa Luis Armando

3^{er.} Vocal: M. en A. Roldán Morales Laura Minerva

Lugar donde se realizó la tesis:

Universidad Nacional Autónoma de México

Ciudad Universitaria, Ciudad de México.

TUTOR DE TESIS:

M.I. Candelas Ramírez Luis

FIRMA

AGRADECIMIENTOS

A Dios por las bendiciones y fortalezas recibidas durante el transcurso del posgrado.

A mi familia, en especial a mis padres Luis y Delhy que con esfuerzo y dedicación me apoyaron en todo momento y a mis hermanos Luis, Karina, Meli y Lulú por sus apoyo incondicional.

A mi tutor, el M.I. Luis Candelas Ramírez por su dedicación y apoyo para la realización de este trabajo.

A cada uno de los **profesores** por compartir sus valiosos conocimientos y experiencias a lo largo de nuestra preparación.

A mis amigos en especial a Gisel, que con su incansable apoyo y paciencia me ayudaron a conseguir esta meta.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y el **Conacyt**, por la oportunidad que me brindaron de enriquecerme de conocimiento.

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 10 |
| Justificación de la investigación..... | 11 |
| Planteamiento del problema | 11 |
| Alcance de la investigación..... | 12 |
| Objetivos de la Tesis..... | 13 |
| Objetivo general | 13 |
| Objetivos específicos: | 13 |
| Hipótesis de trabajo | 13 |
| Estado del Arte | 15 |
| CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO | 18 |
| 1.1.- Panorama actual de las construcciones en México | 18 |
| 1.1.1.- Impacto de la construcción en el PIB nacional | 18 |
| 1.1.2.- Factores de riesgo en la industria de la construcción..... | 19 |
| 1.1.3.- Subsector de la edificación | 21 |
| 1.1.4.- Fuentes de inversión..... | 23 |
| 1.1.4.1 Fibras..... | 25 |
| 1.1.5. Segmentos con mayor inversión | 26 |
| 1.2.- Principales Asociaciones de Lean Construction | 27 |
| 1.2.1.- Lean Construction en Europa y países latinoamericanos | 29 |
| 1.3.- Lean Construction en México..... | 31 |
| 1.3.1.- Certificaciones universitarias | 34 |
| CAPÍTULO 2 FILOSOFÍA LEAN | 35 |
| 2.1.- Lean Production..... | 35 |
| 2.1.2.- Antecedentes | 35 |
| 2.1.3.- Principios..... | 36 |
| 2.1.4.- Herramientas o metodologías..... | 37 |
| 2.2.- Lean Construction..... | 38 |
| 2.2.1.- Antecedentes | 39 |

| | |
|--|-----------|
| 2.2.2.- Principios de Lean Construction | 40 |
| 2.2.3.- Herramientas de Lean Construction | 50 |
| 2.2.3.1 Just In Time (JIT) | 50 |
| 2.2.3.2 Total Quality Management (TQM)..... | 51 |
| 2.2.3.3 Mejora Continua (Kaizen)..... | 52 |
| 2.2.3.3.1 Circulo de la Mejora Continua | 53 |
| 2.2.3.4 Benchmarking | 54 |
| 2.2.3.5 Sectorización y tren de actividades de un proyecto..... | 55 |
| 2.2.3.6 Ingeniería concurrente | 55 |
| 2.2.3.7 Reingeniería | 56 |
| 2.2.3.8 Mapas de cadena de valor (VSM)..... | 57 |
| 2.2.3.9 Las 5´s..... | 58 |
| 2.2.3.10 Curva de aprendizaje | 58 |
| 2.2.3.11 Last Planner System | 59 |
| 2.2.3.11.1 Metodología del Last Planner System | 60 |
| 2.2.3.11.1.1 Plan Maestro | 61 |
| 2.2.3.11.1.2 Plan intermedio | 63 |
| 2.2.3.11.1.3 Plan semanal..... | 64 |
| 2.2.3.12 Lean Project Delivery System | 66 |
| 2.2.3.13 Integrated Project Delivery | 69 |
| 2.2.3.14 Building Information Modeling..... | 72 |
| CAPÍTULO III IMPLEMENTACIÓN | 74 |
| 3.1 Beneficios de implementar Lean Construction..... | 74 |
| 3.2 Barreras para la implementación | 76 |
| 3.3 Modelos de madurez..... | 78 |
| CAPÍTULO IV MÉTODOS Y ANÁLISIS | 80 |
| 4.1 Consideraciones generales..... | 80 |
| 4.2 Metodología y selección..... | 81 |
| 4.3 Categorías adoptadas al modelo | 82 |
| 4.4 Protocolo para evaluar el uso de prácticas Lean Construction | 83 |
| 4.4.1 Diseño de la encuesta..... | 83 |
| 4.4.2 Aplicación de la encuesta..... | 86 |

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO V PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS..... | 87 |
| 5.1 Presentación de resultados..... | 87 |
| 5.1.1 Datos generales | 87 |
| 5.1.2 Beneficios obtenidos. | 93 |
| 5.1.3 Barreras presentadas..... | 95 |
| 5.1.4 Herramientas Lean utilizadas..... | 96 |
| 5.1.5 Grados de madurez de las empresas | 97 |
| 5.2 Análisis de las encuestas realizadas..... | 105 |
| CAPITULO VI PROPUESTAS ESTRATÉGICAS | 109 |
| 6.1.- Estrategias a implementar contra los factores preponderantes | 109 |
| CAPÍTULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 120 |
| 7.1 Recomendaciones | 121 |
| 7.1.1 Personas | 122 |
| 7.1.2 Liderazgo..... | 123 |
| 7.1.3 Cultura | 126 |
| 7.2 Recomendación para futuros estudios..... | 128 |
| APÉNDICES | 129 |
| Apéndice 1. Cuestionario Lean Construction | 129 |
| Apéndice 2. Cuestionario para autoevaluación..... | 139 |
| Apéndice 3. Ejemplo de SIPOC para control de los procesos. | 143 |
| Apéndice 4.Ejemplo de tarjeta kaizen. | 144 |
| Apéndice 5. Cuestionario para monitorear la implementación. | 145 |
| BIBLIOGRAFÍA | 147 |

Índice de figuras

| | |
|---|-----|
| Figura 1. PIB de la Industria de la Construcción 2018-2021.. | 19 |
| Figura 2. Producto Interno Bruto Nacional y la Construcción.. | 21 |
| Figura 3. Edificación..... | 21 |
| Figura 4. Valor de producción por subsector y tipo de obra (Nov. p/ de 2018). (INEGI). . | 22 |
| Figura 5. Comparativo de acciones de vivienda de 2012 a 2017..... | 23 |
| Figura 6. Participación de los socios ADI en México..... | 23 |
| Figura 7. Portafolio de proyectos. | 24 |
| Figura 8. Rendimiento histórico..... | 25 |
| Figura 9. Lista de los 20 países, por número de publicaciones..... | 29 |
| Figura 10. Representación en escala logarítmica-10 de los países, por publicaciones y sesiones por cada 10 millones de habitantes. | 31 |
| Figura 11. Distribución geográfica de publicaciones (escala de colores divergentes de temperatura). | 32 |
| Figura 12. Principios y sub-principios propuestos por Diekmann, et al. | 46 |
| Figura 13. Diagrama de la calidad total operado por el Just in Time..... | 52 |
| Figura 14. Plan Do Check Act (Adecuación de El ciclo de Deming). | 53 |
| Figura 15. PDCA - SDCA. | 54 |
| Figura 16. Curva de rendimiento vs Número de repeticiones. | 59 |
| Figura 17. Planificación Tradicional vs Panificación Lean. | 60 |
| Figura 18. Estructura de Planificación. | 61 |
| Figura 19. Ejemplo de Programa de construcción de una vivienda por líneas de balance.. | 62 |
| | |
| Figura 20. Lean Project Delivery System.. | 67 |
| Figura 21. Actores o agentes sociales que integra el IPD. | 69 |
| Figura 22. Proceso tradicional del diseño. | 71 |
| Figura 23. Proceso integrado del diseño..... | 71 |
| Figura 24. Elementos del BIM.. | 72 |
| Figura 25. Círculos de la implementación. | 122 |

Índice de Tablas

| | |
|---|-----|
| Tabla 1. Definición de Principios Lean Construction y prácticas asociadas.. | 47 |
| Tabla 2. Elementos del modelo de madurez.. | 83 |
| Tabla 3. Clasificación de la empresa de acuerdo con el nivel de construcción Lean. | 86 |
| Tabla 4. Ponderaciones y clasificaciones de las empresas..... | 98 |
| Tabla 5. Empresas con clasificaciones en “A” (parte 1). . | 99 |
| Tabla 6. Empresas con clasificaciones en “A” (parte 2). . | 100 |
| Tabla 7. Empresas con clasificaciones en “B” (parte 1). . | 101 |
| Tabla 8. Empresas con clasificaciones en “B” (parte 2). . | 101 |
| Tabla 9. Empresas con clasificaciones en “C” (parte 1). | 102 |
| Tabla 10. Empresas con clasificaciones en “C” (parte 2). . | 103 |
| Tabla 11. Empresas con clasificaciones en “D”. . | 104 |
| Tabla 12. Tabla comparativa de las empresas encuestadas. | 107 |
| Tabla 13. Tabla de herramientas gerenciales. | 125 |

Índice de Gráficas

| | |
|--|-----|
| Gráfica 1. Periodo de ejercer la filosofía Lean Construction..... | 87 |
| Gráfica 2. Como conocieron a la filosofía Lean Construction. | 88 |
| Gráfica 3. Conocimiento sobre Lean Construction. | 88 |
| Gráfica 4. Grado de interés en trabajar con Lean Construction. | 88 |
| Gráfica 5. Involucración del mando superior.. | 89 |
| Gráfica 6. Otra metodología de gestión de proyectos. | 89 |
| Gráfica 7. Evaluación interna antes de comenzar.. | 89 |
| Gráfica 8. Asesor externo para implementación. | 90 |
| Gráfica 9. Frecuencia de las reuniones. | 90 |
| Gráfica 10. Indicadores en las reuniones.. | 90 |
| Gráfica 11. Empresas que realizan reuniones de pie diarias.. | 91 |
| Gráfica 12. Empresas que cuentan con un big room. | 91 |
| Gráfica 13. Empresas que tienen su big room organizada, ordenada y limpia. | 91 |
| Gráfica 14. Empresas que usan la herramienta parking lot. | 92 |
| Gráfica 15. Empresas que usan la herramienta de pluses y deltas. | 92 |
| Gráfica 16. Procesos de gestión de riesgos. Fuente propia..... | 92 |
| Gráfica 17. Empresas que usan la herramienta AMEF. | 93 |
| Gráfica 18. Beneficios obtenidos, parte1..... | 93 |
| Gráfica 19. Beneficios obtenidos, parte 2. | 93 |
| Gráfica 20. Barreras presentadas, parte 1.. | 95 |
| Gráfica 21. Barreras presentadas, parte 2. | 95 |
| Gráfica 22. Herramientas utilizadas por las empresas, parte 1. | 96 |
| Gráfica 23. Herramientas utilizadas por las empresas, parte 2. | 97 |
| Gráfica 24. Implementación de las empresas encuestadas.. | 98 |
| Gráfica 25. Implementación de las empresas encuestadas con clasificación en "A". | 100 |
| Gráfica 26. Implementación de las empresas encuestadas con clasificación en "B". | 102 |
| Gráfica 27. Implementación de las empresas encuestadas con clasificación en "C". | 103 |
| Gráfica 28. Implementación de las empresas encuestadas con clasificación en "D".. | 104 |

INTRODUCCIÓN

La construcción en edificación es uno de los sectores de la industria de la construcción que ha sufrido más cambios sustanciales en los últimos años. Con el incremento de la competencia, la globalización de los mercados, la demanda de artículos más modernos, la velocidad con la que surgen nuevas tecnologías, el aumento del nivel de exigencia de los clientes y la limitada disponibilidad de recursos financieros para llevar a cabo los proyectos, las empresas se han dado cuenta de que es imprescindible mejorar los procesos internos de gestión y control de proyectos, ya que sin estos sistemas de dirección se pierden de vista los principales indicadores como: el tiempo, el costo, desempeños, el retorno de la inversión, etc.

En este contexto, los procesos de planificación y control pasan a desempeñar un papel principal en las empresas, ya que tienen un fuerte impacto en el rendimiento de la producción. Los estudios realizados en diversas fuentes en nuestro país demuestran que las deficiencias en la planificación y en el control se encuentran entre las principales causas de la baja productividad del sector de la edificación, de sus elevados sobrecostos y de la baja calidad de sus productos. Es por ello que es de vital importancia implantar nuevas metodologías o herramientas en la gestión de proyectos de construcción como lo es la filosofía Lean Construction.

En la actualidad, más que nunca, las nuevas metodologías para gestionar proyectos son una forma de asegurar la sostenibilidad de la empresa, para que los gerentes y encargados de obra obtengan respuestas certeras y rápidas, gracias al seguimiento de la ejecución de su proyecto que junto a las nuevas metodologías hacen el trabajo mucho más viable y preciso. De ahí surge la necesidad de conocer los beneficios que a cada empresa le ha generado para hacer más viable la implementación de una filosofía que actualmente es poco conocida y que requiere de estrategias para minimizar los desafíos que se presentan en su implementación.

Justificación de la investigación.

La construcción de obras de edificación en varios países europeos, asiáticos y americanos actualmente están implementando herramientas de la filosofía Lean Construction con la finalidad de mejorar la productividad en sus proyectos. Diversos estudios publicados verifican la viabilidad que está teniendo esta filosofía.

En nuestro país esta filosofía aun es poco utilizado por el total de empresas desarrolladoras de edificación. Son pocas empresas que aplican esta filosofía en todas las fases de producción. Existen implicaciones y paradigmas que hacen que esta metodología sea todo un desafío implementarla en toda la organización de las empresas.

Demostrar la viabilidad de la aplicación de esta metodología por empresas constructoras fomentaría a otras a adoptarla, y además a apoyar a aquellas que están empezando a implementarla proponiendo mejoras en base a los estudios reportados para enfrentar los desafíos.

Planteamiento del problema

En México el 92% de los sobrecostos de los proyectos tanto de obra pública como privada están relacionados con aspectos gerenciales y solo el 8% con aspectos técnicos (según fuentes de obras.web.mx/2017). La mayoría de las empresas desarrolladoras aún contemplan los métodos tradicionales para gestionar sus proyectos. En base a sus experiencias han podido dar soluciones a los problemas que se presentan en sus proyectos, pero exigen un gasto extra para solucionarlo.

En otros países como Estados Unidos, España y Chile, la mayoría de las empresas de edificación utilizan metodologías para evitar desperdicios de materiales, mano de obra y equipo en obra, una de ellas es la filosofía Lean Construction. No es necesario utilizar nuevas tecnologías para ejecutar dicha filosofía a sus proyectos, son herramientas no tan complejas y para que funcione se necesita trabajar en equipo en todos los niveles organizacionales de la empresa.

Por ahora con la poca información existente se sabe que Lean Construction en México ha tenido éxito en la aplicación de proyectos múltiples (entre ellos obras de edificación) por empresas privadas que se han preocupado por garantizar una buena satisfacción del cliente. Este estudio está orientado para la gestión de obras de edificación en lo que la mayoría de las inversiones están en manos de empresas particulares. Pudiendo lograr así obtener de manera concisa los beneficios que le han generado a éstas empresas y cuáles han sido las herramientas claves de su buen desarrollo que conlleva esta metodología y conocer las implicaciones que ha tenido para implementarse, tratando así de proponer algunas mejoras y recomendaciones para ser más factible la implementación de nuevas propuestas de gestionar proyectos.

Para la elaboración de la presente investigación fue necesario plantearse estas interrogantes que nos ayudará a tener un enfoque más específico y claro de lo que pretendemos alcanzar:

- 1.- ¿Cuál es el conocimiento actual de esta metodología por empresas desarrolladoras de edificación en México?
- 2.- ¿Cuáles son los principales desafíos para implementar esta metodología?
- 3.- ¿Cuáles son los beneficios principales obtenidos a la empresa?
- 4.- ¿Usan alguna herramienta o metodología para conocer el grado de aplicación de los principios de Lean Construction?

He ahí el motivo de este estudio, para así tratar de minimizar o eliminar esos factores de sobrecostos o retrasos en el tiempo de entrega, utilizando una metodología de Construcción que en otros países les ha dado buenos resultados.

Alcance de la investigación.

La finalidad de la presente investigación es conocer los beneficios y barreras presentadas a través de una encuesta para empresas desarrolladoras de edificación (inmuebles tipo residencial, viviendas de interés social, hoteles, oficinas, usos mixtos, industrial, etc.) en México, que ya tengan implementado esta filosofía o alguna herramienta perteneciente a

esta corriente, y en base a ello proponer mejoras y estrategias para ayudar a que la implementación en otras empresas sea más factible.

Objetivos de la Tesis

Objetivo general:

Investigar la viabilidad y la evaluación del estado actual de los principios de Lean Construction en las empresas desarrolladoras de edificación en México, para determinar estrategias y proponer mejoras durante la implementación.

Objetivos específicos:

- Proponer evaluaciones internas en el sitio de construcción sobre el nivel de implementación de la metodología Lean.
- Proponer estrategias o prácticas recomendables que contribuyan a minimizar las barreras en la implementación y fortalecer los beneficios reportados por las empresas.
- Evaluar a cada empresa el grado de madurez de los principios Lean Construction para conocer su estado actual de la aplicación y visualizar sus debilidades, fortalezas y oportunidades.
- Realizar una investigación que sirva para comprender en una forma más amplia el panorama que atraviesan las empresas constructoras al implementar la filosofía Lean Construction en la gestión de sus proyectos.
- Contribuir a las empresas constructoras del sector de edificación con una fuente de información sobre los aspectos más importantes que frenan u obstaculizan la implementación, los beneficios que más se han obtenido y las herramientas Lean más utilizadas.

Hipótesis de trabajo:

Para este trabajo de investigación se plantearon las siguientes hipótesis:

- Existe incertidumbre por parte de los dueños de las empresas constructoras al implementar una nueva filosofía de construcción a sus proyectos por ejecutar.

- Las empresas constructoras deben aprender a trabajar de manera colaborativa para sacarle el mayor beneficio posible a la aplicación de la metodología y técnicas de Lean Construction.
- Las empresas constructoras que quieran implementar esta filosofía necesitan tener en cuenta cómo atraer el interés de sus clientes y empleados como parte de su estrategia organizacional.
- Las empresas constructoras que quieran mejorar la eficiencia se beneficiarán más si comprenden y analizan los procesos y herramientas a su máximo nivel, siguiendo cada paso para ver dónde pueden hacerles las mejoras.
- En nuestro país existen varias empresas constructoras que tienen un nivel de madurez promedio en los principios de la filosofía.

Estado del Arte

La presente investigación ha sido enfoque de estudio de varios investigadores en varios países desarrollados y subdesarrollados, en la cual la industria de la construcción conlleva a generar problemas comunes en la gestión de proyectos. Existen artículos publicados de varios países que demuestran la viabilidad de esta metodología al implementarlos en su organización y proyectos. Algunos investigadores de varias universidades, han ido desarrollando métodos con el fin de medir la madurez de la implementación que conlleva utilizarla. A continuación se presentan varias investigaciones que han aportado en este estudio.

En la tesis “Metodología para la Reducción de Pérdidas en la Etapa de Ejecución de un Proyecto de Construcción” elaborado por la Arq. Liliana Asenet Cisneros Vela en 2011, nos presenta de manera clara y detallada los orígenes de esta metodología, así como los principios, conceptos y herramientas que se usan frecuentemente por la metodología para eliminar pérdidas durante la etapa de construcción de obras de edificación. Se concluye con la recomendación de conceptos de esta metodología para su implementación para reducir los excesos de costos por concepto de pérdidas.

De igual manera en la tesis “Principios y herramientas para la administración del mejoramiento de la productividad en obras de edificación” elaborado por la Ing. Blanca Gonzales Martínez de 2018, nos expone los principios y herramientas principales a utilizar en la gerencia de proyectos en obras de edificación. Para el caso de aplicación en un proyecto de construcción, analiza el efecto de 5 herramientas que explica de manera general el impacto que va desarrollando en la productividad de la obra. Concluye que la aplicación de estas 5 herramientas son sencillas y fácil de implementar siempre y cuando toda la organización esté interesado en romper paradigmas en la forma de administrar la ejecución de proyectos, logrando buenos resultados en su productividad. Recalca la situación actual de la aplicación de esta metodología por empresas de construcción en nuestro país, mencionando que aún no hay mucho conocimiento por esta filosofía.

En cuanto al estudio de los beneficios reportados por empresas de construcción se han citados varios artículos de investigación, las que destaca “Lean Construction, Leveraging

Collaboration and Advanced Practices to Increase Project Efficiency” publicado por McGraw Hill Construction de 2013 en los EUA. La cual demuestra de manera gráfica los múltiples beneficios reportados por empresas que han implementado esta filosofía en su organización, tales como: ahorros en costos por pérdidas de materiales de construcción, mejor manera de aseguramiento de los márgenes de ganancia que se proponen en cada proyecto, mejoras en la seguridad, gran satisfacción del cliente, alta calidad de construcción, reducción del programa de obra y gran productividad.

Para medir de manera interna los beneficios de esta metodología en una empresa durante las fases de ejecución de proyectos se han citados diversos estudios, tales como “Application of the Rapid Lean Construction-Quality rating model to engineering companies” de los autores Ligia Cardoso Vieira, Lahuana Oliveira De Souza, Marques Tatiana Amaral de 2010 en Brasil. Desarrollan un cuestionario basado en el modelo propuesto por Hofacker et al. (2010) proponiendo mejoras para su aplicación. El caso de estudio son dos empresas que están ejecutando dos edificios de condominio la cual evalúan los principios de la metodología demostrando los desafíos y alcance de las herramientas que utilizan sin proponer mejoras.

Por otro lado en el estudio “Lean monitoring and evaluation in a construction site: a proposal of Lean audits” de los autores Carolne P. Valente, Marcos de V. Novaes, Carlos Alexandre M. do A. Mourao and José de Paula B. Neto de 2011 en Brasil. Proponen evaluaciones periódicas por medio de encuestas para determinar el grado de implementación y consolidación de los conceptos de lean construction en los sitios de construcción. Para el caso de estudio eligieron una empresa que por muchos años habían utilizado varias herramientas Lean. Con el estudio demuestran el desempeño de las herramientas Lean en su implementación durante la etapa de ejecución de un proyecto de edificación comercial. Hacen énfasis en la importancia de las revisiones periódicas de las herramientas para ayudar a los gerentes de construcción en la toma de decisiones estratégicas.

Por último en el estudio denominado “Evaluación de la Madurez de los Principios Lean en Proyectos de Construcción” del autor Uriel Benjamín Soto Becerra de 2016, en Santiago de Chile. Presenta un marco para diagnosticar el estado de madurez de los principios

Lean en los proyectos de una empresa. Desarrolla un nuevo modelo de madurez a través de una encuesta basados en los principios propuestos por Diekmann et al. Se eligió a dos empresas para implementar el modelo de madurez obteniendo datos satisfactorios y relevantes de los principios y prácticas.

Por ahora se cuenta con un marco de referencia amplio, que la mayoría fueron y están desarrollados por investigadores de asociaciones y universidades, la cual están enfocados en esta investigación.

CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

1.1.- Panorama actual de las construcciones en México

El segmento de la construcción es una importante fuente de desarrollo para la economía de un país, debido a las múltiples ramas productivas que conlleva su ejecución. En México a pesar de ser un segmento que en los últimos años ha tenido un crecimiento constante, aun no logra posicionarse en los primeros lugares como uno de los sectores importantes de la economía del país.

1.1.1.- Impacto de la construcción en el PIB nacional

En nuestro país actualmente existe incertidumbre al crecimiento del sector de la construcción, debido a cambios políticos, negociaciones en el tratado de TLCAN, aranceles impuestos por EUA en los productos derivados del acero y aluminio, incremento en las tasas de intereses que ocasionan un aumento en los costos del proyecto. Sin embargo estudios del Centro de Estudios Económicos del Sector de la Construcción de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción prevé que para este año la industria de la construcción crezca un 2.5% considerando un crecimiento en:

- La construcción industrial.
- Edificación residencial para estratos medios y altos.
- Infraestructura turística.
- Edificación comercial y de servicios.
- Estiman que el Proyecto de Presupuesto de Egresos de la Federación (PPEF 2019) propondrá un gasto en inversión física presupuestaria de alrededor de los 700 mil millones de pesos, un 4 al 5% superior en términos reales a lo aprobado en 2018).

El escenario pronosticado para el 2020, es alentador para la industria de la construcción, ya que se espera un crecimiento del 2.0%, tal como se muestra en la gráfica siguiente:

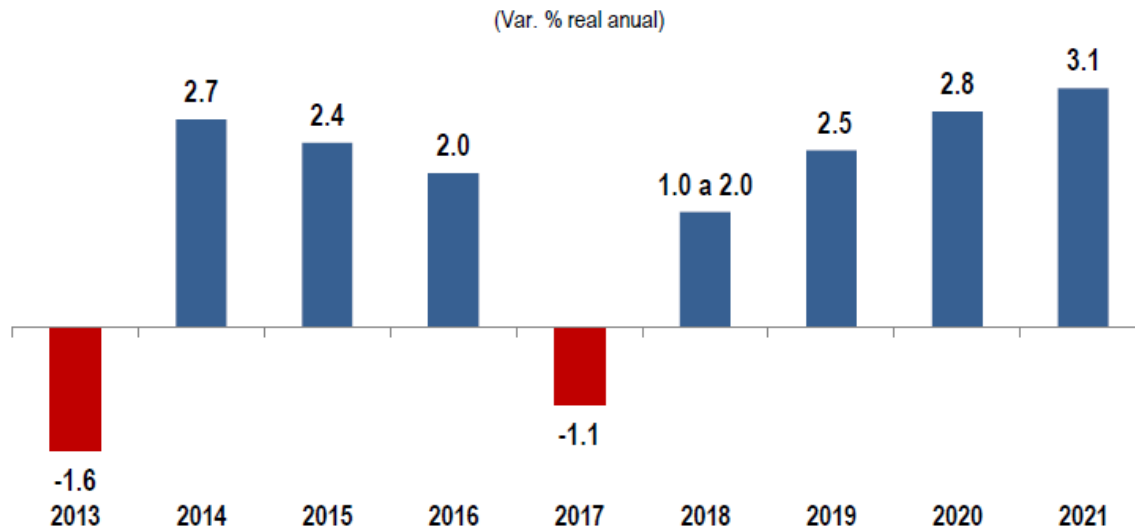


Figura 1. PIB de la Industria de la Construcción 2018-2021. Fuente: (Centro de Estudios Económicos del Sector de la Construcción de la CMIC, 2018).

En un estudio denominado “Global Powers of Construction” de la consultora Deloitte, en términos de la industria de la construcción para el año 2022 nuestro país superará a Brasil para convertirse en el más grande mercado en términos nominales en USD (Deloitte, 2018). Actualmente nuestro país es el segundo más grande mercado de la construcción en América Latina, y sigue siendo un mercado atractivo debido al bajo riesgo en desarrollo de proyectos.

1.1.2.- Factores de riesgo en la industria de la construcción

El crecimiento acelerado de la población, las nuevas tecnologías, la complejidad de grandes proyectos propicia que surjan factores de riesgos a nivel mundial, tal como lo describe un artículo publicado por la página web willitowerswatson, el autor (Watson, 2018) realiza una encuesta a 350 directivos ejecutivos del sector para identificar las mayores amenazas que consideren y que conciernen a mediano y largo plazo. El resultado se presenta a continuación ordenada de mayor a menor impacto:

1. Cambios adversos en la financiación pública, las políticas y las prioridades de los gobiernos.
2. Amenaza de competidores nuevos y emergentes.

3. Disponibilidad de capital, financiación y liquidez.
4. Incertidumbre e inconsistencia del escenario macroeconómico.
5. Excesiva dependencia de los sistemas informáticos fundamentales/fallos de los mismos.
6. Responsabilidad derivada del uso extendido del programa BIM.
7. Vulnerabilidades de seguridad de terceros y resiliencia digital de la cadena de suministro.
8. Mayor amenaza a la seguridad procedente de ciberataques y filtraciones de datos de carácter personal.
9. Complejidad del mercado laboral: dependencia de los subcontratistas o del personal subcontratado.
10. Necesidad de modelos de negocio cada vez más diversificados

En nuestro país se generarían otros tipos de factores de riesgo a corto o mediano plazo tal como lo describe el Centro de Estudios Económicos del Sector de la Construcción de la CMIC:

- Un aumento aún mayor de los precios del petróleo.
- Una reducción de la plataforma de producción petrolera.
- La continuación de las presiones inflacionarias
- Aumento de las tasas de interés.
- Otro aspecto a destacar para el 2019 es que tradicionalmente las ventas se desaceleran en el primer año de un nuevo sexenio, el cambio de estafeta genera un rompimiento en las dinámicas y puede llevar varios meses para que los nuevos funcionarios instrumenten sus políticas de impulso al sector.

En efecto se espera que la industria de la construcción mantenga un crecimiento constante a lo largo de estos años en especial el sector de la edificación para que se pueda desarrollar diversos proyectos en la cual se vea una necesidad de involucrar nuevas metodologías en la gestión de proyectos para protegerse de los factores de riesgos emergentes a través de la divulgación de investigaciones.

1.1.3.- Subsector de la edificación

Según datos del Centro de Estudios Económicos de la Construcción, el subsector de la edificación en nuestro país para el 2018 p/1 alcanzó un 2.3%, en comparación con los 6 años anteriores debido al dinamismo en las inversiones de múltiples proyectos y a las reconstrucciones de los estragos causados por el sismo del 19 de Septiembre de 2017.

(Variación % Real Anua)

| | PIB Total | PIB Construcción | Subsectores de la Construcción | | |
|---------------------------|------------|------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| | | | PIB Edificación | PIB Obras de Ingeniería Civil | PIB Trabajos especializados |
| 2013 | 1.4 | -1.6 | -3.0 | 3.0 | -2.3 |
| 2014 | 2.8 | 2.7 | 3.2 | -1.9 | 9.2 |
| 2015 | 3.3 | 2.4 | 3.3 | -0.5 | 3.1 |
| 2016 | 2.9 | 2.0 | 4.2 | -8.9 | 10.1 |
| 2017 | 2.0 | -1.0 | 0.5 | -10.0 | 4.7 |
| 2018 p/ | 2.1 | 1.7 | 2.3 | -5.6 | 7.4 |
| Promedio 2013-2018 | 2.4 | 1.0 | 1.8 | -4.0 | 5.4 |

Figura 2. Producto Interno Bruto Nacional y la Construcción. Fuente: (CEESCO de la CMIC, 2018).

Pese a que el subsector de la edificación alcanzara un crecimiento acumulado de 2.3% para el mes de septiembre p/, en los últimos dos meses del año 2018 tuvo un ligero retroceso debido a los cambio políticos que se acontecieron en el país. Figura 3.

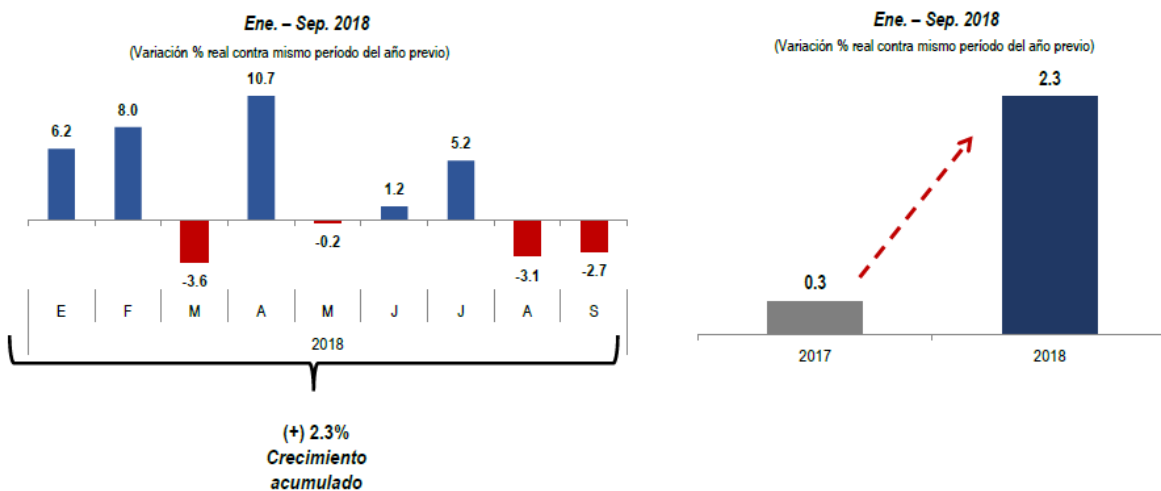


Figura 3. Edificación. Fuente: (CEESCO de la CMIC, 2018).

¹ p/: Cifras anualizadas al mes de septiembre, fuente CEESCO.

Para el año 2018 el mercado inmobiliario ocupó un 14.2% del PIB siendo la segunda actividad que más aportó (A.M.P.I, 2018).

En cuanto a la construcción de las edificaciones está dominado muy ampliamente por el sector privado (figura 4), teniendo como clientes a personas con crédito personal y con créditos financiados por instancias gubernamentales como INFONAVIT y FOVISSSTE.

(Estructura porcentual)

| Subsector y tipo específico de obra | Total | Sector público | Sector privado |
|--|--------------|----------------|----------------|
| Sector | 100.0 | 38.6 | 61.4 |
| Por Subsector | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 236 Edificación | 47.6 | 21.2 | 64.1 |
| 237 Construcción de obras de ingeniería civil | 41.5 | 73.1 | 21.7 |
| 238 Trabajos especializados para la construcción | 10.9 | 5.6 | 14.2 |
| Por tipo y tipo específico | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| Edificación^{1/} | 48.5 | 17.0 | 68.2 |
| Vivienda | 20.5 | 0.8 | 32.9 |
| Edificios industriales, comerciales y de servicios | 23.8 | 10.0 | 32.5 |
| Escuelas | 1.6 | 3.6 | 0.3 |
| Hospitales y clínicas | 1.8 | 2.7 | 1.2 |
| Obras y trabajos auxiliares para la edificación | 0.8 | 0.0 | 1.3 |

Figura 4. Valor de producción por subsector y tipo de obra (Noviembre p/ de 2018). Fuente: (INEGI).

La cual según el reporte mensual de marzo de 2018 por la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) en conjunto con la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI), hubo un incremento de cinco por ciento en el monto de crédito individual a la vivienda del mercado tradicional, en comparación con el mismo ejercicio del año anterior (enero 2017).

El buen desempeño de los organismos que otorgan créditos han permitido el crecimiento constante en la compra y venta de viviendas, como ejemplo la instancia gubernamental INFONAVIT que al año 2017 se mantiene como la principal fuente de acceso a la vivienda en el país (figura 5), otorgando uno de cada tres créditos solicitados.

| Organismo | 2013 ene-dic | 2014 ene-nov | 2015 ene-oct | 2016 ene-dic | 2017 | TOTAL |
|-----------------------|----------------|------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|
| Infonavit | 137,404 | 491,100 | 625,100 | 371,000 | 533,865 | 533,800 |
| Fovissste | 12,690 | 76,000 | 74,500 | 81,000 | 99,100 | 62,547 |
| Entidades financieras | 2,549 | 145,200 | 126,800 | 118,400 | 141,600 | 119,600 |
| Otras | 2,282 | 25,200 | 11,800 | 6,000 | 10,200 | 10,200 |
| Conavi | 25,535 | 248,300 | 201,200 | 175,800 | 144,200 | 1,031,085 |
| Fonhapo | 47,000 | 85,600 | 69,100 | 98,600 | 122,800 | 106,856 |
| SHF | 19,648 | 148,300 | 116,900 | 54,100 | 162,200 | 96,400 |
| TOTAL | 247,108 | 1,219,700 | 1,225,400 | 904,900 | 1,213,965 | 4,811,073 |

Figura 5. Comparativo de acciones de vivienda de 2012 a 2017. Fuente: (Sociedad Hipotecaria Federal (SHF) y CONAVI).

No cabe duda que actualmente en nuestro país se mantiene un paso firme en la construcción de viviendas, tal como lo demuestran los datos estadísticos de instituciones gubernamentales y privados augurando un buen camino en los próximos años, la cual se espera que en el próximo sexenio se tendrá que construir 3.6 millones de viviendas en nuestro país (Navarrete, 2018).

1.1.4.- Fuentes de inversión

Actualmente en nuestro país se están realizando diversos proyectos, debido a su posición estratégica, desarrollo económico, demanda laboral, etc. Hace que la demanda de viviendas, centros comerciales, usos mixtos, hoteles y oficinas sea cada vez mayor. Para ello la Asociación de Desarrolladores Inmobiliarios² (ADI) que lleva 25 años invirtiendo en México, en su más reciente publicación³, nos comparte cifras de su inversión, la cual hasta ahora llevan 15,000 millones de dólares invertidos solo en la capital del país:

| Entidad | Cantidad de proyectos | Porcentaje de inversión |
|--------------|-----------------------|-------------------------|
| CDMX | 156 | 43% |
| Jalisco | 155 | 16% |
| Edomex | 63 | 15% |
| Yucatán | 25 | 6% |
| Quintana Roo | 22 | 4% |

Figura 6. Participación de los socios ADI en México. Fuente: (ADI).

² ADI, Es una Asociación de Desarrolladores Inmobiliarios que agrupa a 76 empresas líderes a nivel nacional responsables de desarrollos de proyectos inmobiliarios en todos los sectores.

³ (Rosas, 2019)

| Tipo de proyecto | Cantidad de proyectos |
|----------------------|-----------------------|
| Vivienda residencial | 73 |
| Usos mixtos | 44 |
| Oficinas | 19 |
| Centros comerciales | 17 |
| Turismo | 3 |

Figura 7. Portafolio de proyectos. Fuente: (ADI).

Por tipo de proyecto destaca el de vivienda residencial, la cual tuvo una mayor construcción en la capital mexicana seguido de usos mixtos.

Cabe destacar que a nivel nacional en el sexenio anterior, los socios de ADI lograron poner en marcha de 584 proyectos que equivalen a 65 millones de metros cuadrados de desarrollo. Por ahora el mayor reto que tienen en la CDMX es con la puesta en marcha del nuevo Programa General de Desarrollo Urbano⁴, la cual están de acuerdo y en disposición de colaborar con los tres niveles de gobierno ya que ven necesario dicho plan para tener un buen crecimiento de construcciones de forma ordenada y a demás conocer que zonas tienen mayor potencial de crecimiento.

La inversión extranjera ha jugado un papel muy importante en nuestro país ya que la mayoría de los socios de la Asociación de Desarrolladores Inmobiliarios son de fondos internacionales, los cual hace que al cumplir con normas de integridad no se presten a temas de corrupción, haciendo a esta asociación clave para el desarrollo de nuevos proyectos. En el año 2017 hubo un incremento de inversión extranjera (IED⁵) del 10% que se traduce a 21,754 millones de dólares contra 19,772 millones de dólares pertenecientes al año 2016 (Lamudi, 2018). Siendo un país con gran atractivo turístico y la situación cambiante de la paridad del dólar contribuyen a tener un mercado atractivo para los extranjeros.

⁴ El programa General de Desarrollo Urbano es un instrumento para orientar el desarrollo urbano y ordenamiento territorial de la Ciudad de México, que determina la política, la estrategia y las acciones del desarrollo urbano, así como las bases para expedir los Programas subsecuentes ámbitos de aplicación. Así mismo, se convierte en factor fundamental para promover y estimular la participación de todos los agentes sociales interesados en mejorar la capacidad productiva de la Ciudad de México. (SEDUVI, 2019)

⁵ IED: Inversión Extranjera Directa, es aquella que tiene como propósito crear un vínculo duradero con fines económicos y empresariales de largo plazo, por parte de un inversionista extranjero en el país receptor. (Economía, 2016)

1.1.4.1 Fibras

Las fibras (Fideicomiso de inversión en bienes raíces) es un instrumento de financiamiento para la adquisición o construcción de bienes inmuebles que luego generan rentas como medio de recuperación de la inversión y generación de utilidades. Los rendimientos se conceden a través de la colocación de Certificados Bursátiles Fiduciarios Inmobiliarios (CBFI) en la Bolsa Mexicana de Valores (BMV). Ha jugado un papel importante desde el 2011 año de su concebimiento en nuestro país para impulsar desarrollos de nuevos proyectos. Tal como se puede apreciar en la gráfica.

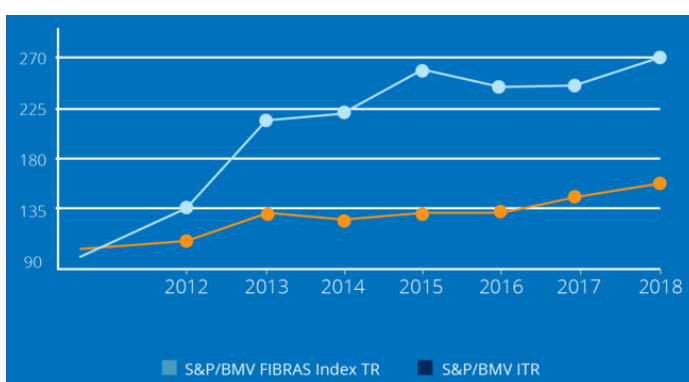


Figura 8. Rendimiento histórico. Fuente: (Lamudi).

Al día de hoy, el sector se integra por 15 fibras, considerando la reciente incorporación 3 nuevas fibras. Actualmente, la superficie total de las fibras ronda los 22 millones de metros cuadrados, sin considerar cuartos hoteleros. Se proyecta que hacia el cierre del año 2019 se muestre un crecimiento cercano a 20% (Rodríguez, 2019).

Si bien este instrumento es un medio de financiamiento que ha crecido los últimos años de manera redituable y que está constituido por las leyes mexicanas, los expertos aconsejan medir los riesgos que se presentan para asegurar las inversiones, tales como lo describen a continuación:

- 1) Eficientar los recursos emitidos por capital o deuda, ante una coyuntura de los mercados más complicada para realizar un *Follow On* (*ofertas de seguimiento*) y con emisiones de deuda ajustadas a los niveles de tasa.
- 2) Acelerar los complejos en desarrollo para paulatinamente incorporar nueva superficie arrendable.
- 3) Realizar adquisiciones de manera más selectiva.
- 4 Reforzar al mercado sus oportunidades en materia de dividendos.
- 5) Aprovechar el contexto para reforzar su estrategia de expansiones en los complejos actuales de sus portafolios vigentes.
- 6) Mantener ese ritmo atractivo a nivel operativo, que eventualmente el mercado volverá a destacar (Arias, 2019).

1.1.5. Segmentos con mayor inversión

En un artículo publicado por la página web gatopardo, señala los segmentos que según los expertos coinciden que serán los mejores para invertir en este año.

- Residencial: En este sector hay muy buenos indicios para realizar inversiones en un mercado puntual: la vivienda en renta institucional. La vida nómada de muchos extranjeros expatriados, la volatilidad del mercado y los altos precios han hecho que este segmento despunte sobre los demás (Riveros, 2018).
- Colivings; vida en comunidad: Consisten en espacios o habitaciones con áreas compartidas, como la cocina o la sala. Este formato está pensado para el estilo de vida de los millennials (Riveros, 2018).
- Desarrollos de lujo: La vivienda de lujo se ha expandido por la misma razón que los colivings: la falta de espacio en la Ciudad de México. A mediados de año (2018), el segmento residencial plus, que agrupa viviendas de más de cuatro millones de pesos, contabilizaba 862 proyectos en venta, según el “Reporte inmobiliario”, de Softec (Riveros, 2018).

- Hoteles: Aunque el segmento de los hoteles sigue creciendo en número de habitaciones para destinos tradicionales, la alternativa del mercado de la hospitalidad también está dando sus frutos en el país, al grado de que algunas cadenas hoteleras han tratado de sumarse a esta ola con desarrollos de hoteles pequeños. Este nuevo esquema compite por 15 o 20 % del mercado hotelero, que sigue dominado en 70 % por las opciones convencionales, señala Monsalve (Riveros, 2018) en entrevista para gatopardo.
- Oficinas: México es el segundo mercado más grande de oficinas en América Latina, con un inventario que supera los 8.5 millones de metros cuadrados, sólo por detrás de Brasil. Los cálculos apuntan a que la oferta seguirá aumentando; CBRE espera que la demanda de oficinas en la capital ascienda a 500,000 metros cuadrados para el cierre de este año y estima que, para 2022, el stock habrá aumentado 31 por ciento (Riveros, 2018).
- Industria: Solo en la Ciudad de México durante el segundo trimestre se inició la construcción de 209,000 metros cuadrados de los cuales 54% son espacios especulativos. Los sectores con demanda de mayor superficie de espacio industrial fueron logística y distribución con 58%, seguido con manufactura con 8% y 5% fue demandado por el sector automotriz (Gomez, 2018).

En conclusión los segmentos del sector de la edificación parecen estar en crecimiento constante estos próximos años sin embargo no hay que menospreciar los riesgos que conllevan desarrollar los proyectos como también a las políticas gubernamentales que están bajo constantes cambios y sin olvidar la creación de estrategias para atraer más socios que quieran invertir en proyectos complejos para seguir con el crecimiento constante en nuestro país.

1.2.- Principales Asociaciones de Lean Construction

Varias asociaciones o instituciones actualmente desarrollan y difunden investigaciones sobre la metodología Lean Construction a través de sus especialistas. Dan a conocer las evidencias de la implementación así como conocimiento teórico para que las empresas

constructoras a nivel mundial conozcan la metodología que está causando mejoras en los procesos de gestión de proyectos de construcción.

En 1992 el profesor finlandés Lauri Koskela formuló los principios teóricos de Lean Construction basándose de los fundamentos de la producción automovilística "Producción Lean", e igual forma junto con Glen Ballard deciden usar la expresión Lean Construction en una conferencia sobre sistemas de gestión de proyectos realizado en Helsinki, Finlandia en el año 1993, dando paso a las investigaciones y a la aplicación práctica que varias empresas constructoras ejecutan en diferentes países con buenos resultados.

Actualmente hay dos instituciones internacionales más importantes que engloban varios países:

- International Group of Lean Construction (IGLC).
- Lean Construction Institute (LCI).

El international Group of Lean Construction (IGLC), fue creado por los pioneros en la metodología, Lauri Koskela y Glen Ballard en el año de 1993. Conformada por una red internacional de investigadores en Arquitectura, Ingeniería y Construcción con énfasis en la teoría, su objetivo principal es satisfacer mejor las demandas de los clientes y mejorar drásticamente el proceso AEC⁶ y el producto. Desarrollan nuevos principios y métodos para el desarrollo del producto y la gestión de la producción específicamente diseñados para la industria de AEC, pero similares a los que definen la producción Lean (IGLC, 2015).

Los casos más exitosos son expuestos en sus conferencias anuales denominado Conferencias Anuales del Grupo Internacional de Lean Construction o Annual Conference of International Group of Lean Construction por sus siglas en inglés, realizados por sus patrocinadores en varios países. Cabe destacar que dichas conferencias son compartidas gratuitamente y se puede descargar desde la página www.iglc.net.

⁶ Por sus siglas en inglés: Architecture, Engineering and Construction.

Por otro lado el Instituto de Lean Construction (LCI), fue fundado por Glen Ballard y Greg Howell en el año 1997. Busca mejorar las industrias de la construcción y el diseño a través de enfoques Lean para el diseño y la entrega de proyectos. La base de miembros de LCI está compuesta por propietarios, la comunidad de diseño (arquitectos y empresas de ingeniería), contratistas generales y contratistas comerciales. Los métodos Lean que implementan buscan desarrollar y gestionar un proyecto a través de relaciones, conocimiento compartido y objetivos comunes (Institute, 2017).

Sus casos de éxito e investigaciones recientes son compartidos en el Congreso Anual de Lean Construction Institute a celebrarse en un país de la comunidad. Se realizan conferencias con miembros destacados, la cual exponen sus casos o investigaciones e interactúan con la asistencia. Las conferencias son compartidas gratuitamente y se pueden descargar desde la página www.leanconstruction.org.

1.2.1.- Lean Construction en Europa y países latinoamericanos

Un estudio realizado por Engeb Atle publicado en el 2017 muestra los primeros 20 países de 48 a nivel mundial en desarrollar publicaciones académicas sobre Lean Construction. Los datos se extraen de las instituciones más importantes sobre Lean Construction como el Grupo Internacional del Lean Construction (IGLC, por sus siglas en inglés), el lean Construction Journal y el tráfico web.

| | Country | No. of authors | No. of papers | No. of Sessions | Papers / 10 millions | Authors/ 10 millions | Sessions/ 10 million |
|-----|---------------|----------------|---------------|-----------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1. | United States | 1038 | 453 | 24239 | 14,1 | 32,3 | 754 |
| 2. | Brazil | 619 | 224 | 8585 | 11,0 | 30,3 | 420 |
| 3. | UK | 527 | 223 | 8566 | 34,8 | 82,2 | 1337 |
| 4. | Lebanon | 69 | 222 | 1162 | 355,9 | 110,6 | 1863 |
| 5. | Finland | 161 | 84 | 1696 | 153,4 | 294,0 | 3097 |
| 6. | Norway | 207 | 80 | 6281 | 153,6 | 397,5 | 12061 |
| 7. | Chile | 179 | 72 | 2040 | 41,1 | 102,2 | 1165 |
| 8. | Sweden | 122 | 57 | 1429 | 58,2 | 124,5 | 1458 |
| 9. | Denmark | 94 | 54 | 1337 | 96,7 | 168,4 | 2395 |
| 10. | Germany | 105 | 44 | 5926 | 5,4 | 13,0 | 733 |
| 11. | Australia | 94 | 41 | 2332 | 18,0 | 41,3 | 1025 |
| 12. | Israel | 74 | 32 | 593 | 39,1 | 90,5 | 725 |
| 13. | New Zealand | 48 | 26 | 1372 | 58,1 | 107,3 | 3066 |
| 14. | Peru | 35 | 19 | 4011 | 6,2 | 11,4 | 1305 |
| 15. | Netherlands | 24 | 17 | 1504 | 10,0 | 14,1 | 884 |
| 16. | Taiwan | 25 | 16 | 0 | 6,8 | 10,7 | 0 |
| 17. | South Korea | 47 | 16 | 347 | 3,1 | 9,2 | 68 |
| 18. | Singapore | 33 | 15 | 1160 | 25,9 | 57,1 | 2006 |
| 19. | Portugal | 27 | 13 | 446 | 12,0 | 24,9 | 412 |
| 20. | Colombia | 34 | 10 | 1158 | 2,1 | 7,2 | 245 |

Figura 9. Lista de los 20 países, por número de publicaciones. Fuente (Engebø et al.).

Los primeros tres países en liderar las investigaciones sobre Lean Construction son Estados Unidos, Brasil y el Reino Unido.

En el continente europeo destacan varios países que junto a varias universidades y empresas aportan e impulsan el uso de esta filosofía. Existe un grupo en el continente denominado “European Chapter of the International Group for Lean Construction” la cual es una filial de International Group for Lean Construction. En ellos fomentan el aprendizaje y la capacitación por medio de talleres y simulaciones colaborativas, entre otros. En algunos países como Francia y España se han creado grupos nacionales de Lean Construction, las cuales hacen convenios con los colegios de ingenieros, arquitectos, universidades, escuelas de negocios y constructoras con el fin de impulsar el conocimiento de esta filosofía.

En Latinoamérica destacan varios países con la implementación de la filosofía al sector de la construcción, como Brasil, Chile, Perú y Colombia. Actualmente son parte de la comunidad del Instituto de Lean Construction (LCI), y a nivel nacional cuentan con asociaciones o grupos las cuales tienen convenios con los colegios de ingenieros, arquitectos, constructoras y universidades. En los países como Perú y Chile las universidades cuentan con el apoyo de las asociaciones para permitir a los alumnos realizar investigaciones de tesis a nivel licenciatura o posgrado, permitiendo acceder a empresas que están ejecutando proyectos con esta filosofía, con la finalidad de impulsar los conocimientos básicos a los alumnos y convertirlos en los profesionales líderes en Lean Construction.

En Chile cuentan con un Centro de Excelencia en Gestión de la Producción (GEPUC) de la Pontificia Universidad Católica de Chile, teniendo como objetivo contribuir al desarrollo, difusión y transferencia de las filosofías de producción Lean en la industria. Cuentan con especialistas y alumnos de programas de licenciatura y posgrado que se encargan de realizar las investigaciones y generar los conocimientos y prácticas en beneficio de la industria.

Entre los pioneros destacados en la implementación de esta filosofía está Luis Fernando Alarcón C., originario de Chile. Actualmente es Director del Centro de Excelencia en

Gestión de Producción de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Ha realizado numerosas investigaciones, publicaciones y escrito varios libros en los que destaca “Lean Construction” publicado en el año de 1997, nos explica la nueva filosofía de Lean Construction, desde sus orígenes y herramientas hasta la necesidad de un cambio radical en la organización del trabajo.

Gracias a ello y otras contribuciones de otros investigadores pioneros de la filosofía, muchas empresas de edificación de países latinoamericanos han empezado a utilizar herramientas de Lean Construction en sus proyectos con la finalidad de ver mejoras en su gestión de construcción.

1.3.- Lean Construction en México

De acuerdo al estudio elaborado por Engeb Atle publicado en el 2017, nuestro país está entre los 48 países, pero no alcanzó estar entre los primeros 20 por tener un factor de publicación menor a 0.9 tal como se demuestra en la siguiente figura:

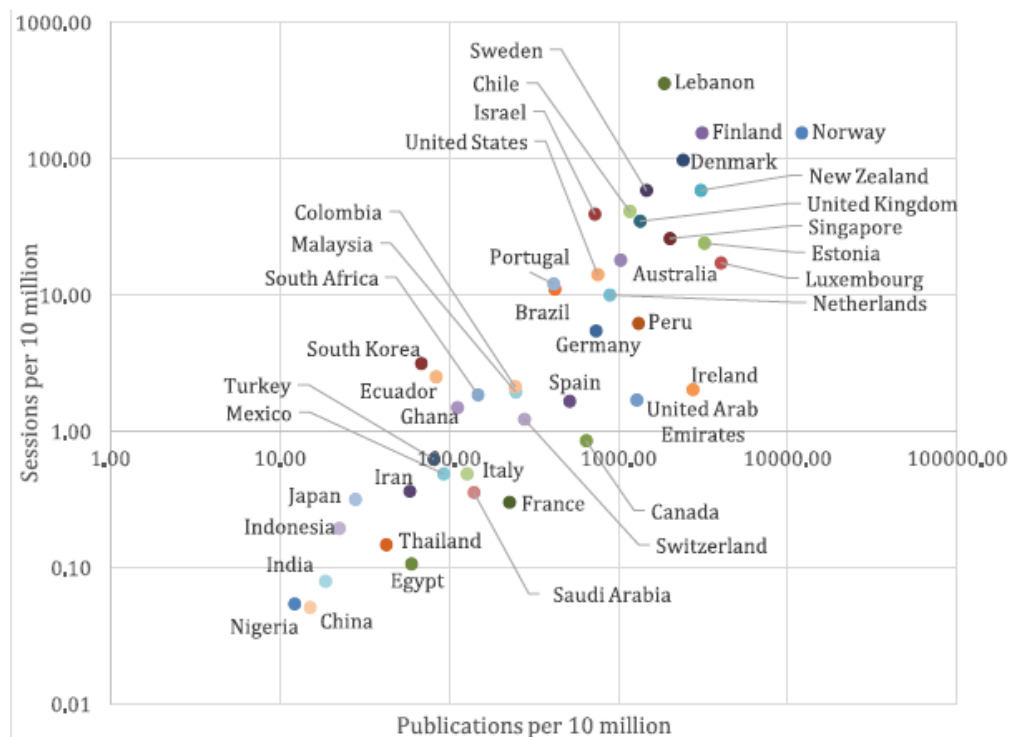


Figura 10. Representación en escala logarítmica-10 de los países, por publicaciones y sesiones por cada 10 millones de habitantes. Fuente (Engebø et al.).

Para una mayor comprensión se muestra una distribución geográfica de interés y publicaciones sobre Lean Construction:

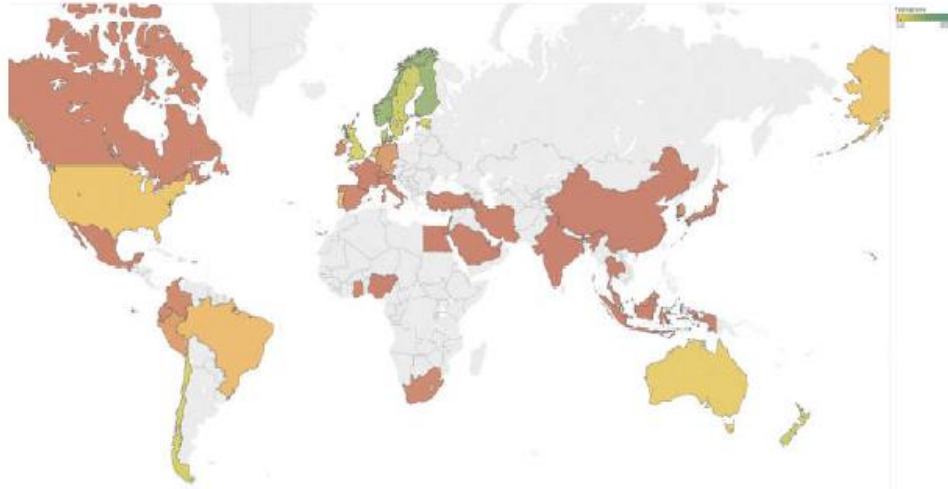


Figura 11. Distribución geográfica de publicaciones (escala de colores divergentes de temperatura). Fuente (Engebø et al.).

En nuestro país solo el 2% de la industria de la construcción utiliza la metodología de Lean Construction (Martínez A. , 2019), en entrevista con el Ing. Juan Francisco Pérez Herrera, quien es Presidente de Lean Construction Institute México. Si bien en nuestro país cuenta con un gran potencial de crecimiento en la industria de la construcción y en específico en el sector de la edificación, hay una necesidad de mejorar las gestiones de construcción implementando nuevas metodologías de construcción o nuevas tecnologías que permitan lograr una mejor gestión de obra.

La filosofía es aún desconocida en nuestro país por la mayoría de las empresas constructoras que aún siguen gestionando sus proyectos con su método tradicional. Actualmente existe el Lean Construction Institute México único organismo avalado por el Lean Construction Institute Estados Unidos, la cual se creó en el año 2017.

Esta organización es sin fines de lucro, cuenta con varias empresas de la construcción afiliadas a nivel nacional, la mayoría de ellas pertenecientes al sector de la edificación, con servicios de consultoría o construcción.

Como objetivo tienen generar y compartir conocimiento alrededor de la filosofía Lean Construction, promover la aplicación de Lean en la industria de la construcción en México y orientar las aptitudes académicas necesarias para entrar en la industria. Su misión es compartir conocimiento alrededor de la filosofía Lean Construction, orientando las aptitudes académicas necesarias para la investigación y desarrollo, además de convocar profesionales y empresas comprometidas con elevar el nivel de profesionalismo y eficiencia del sector construcción en México (México L. C., 2019).

Ofrecen diferentes tipos de membresías dirigidos a empresas de distintos tamaños de construcción o asesoría, como inmobiliarias, proveedores, profesionistas y estudiantes. Tener una membresía da la oportunidad de acceder a cursos virtuales, papers y casos de estudio, lecturas, presentaciones de eventos pasados del congreso, descuentos en seminarios, foros, webinars, talleres y congresos. La cuota es anual y permiten a estudiantes la oportunidad de afiliarse por un precio accesible.

De igual manera ofrecen varios cursos referente a herramientas de Lean Construction y una Certificación en Lean Construction Management, la cual cada participante acredita el derecho para recibir su diploma de participación y Certificación DC3 correspondiente. Insignias que le otorgan la validez de formación extra curricular y reconocimiento por parte de la STPS (Secretaría del Trabajo y Previsión Social); Rubrica de Instructor Certificado ante la RED CONOCER (Red Nacional de Certificación de Competencias Técnicas) y Holograma de Autenticidad 3D emitido por Lean Construction México (México L. C., 2019).

Cabe destacar que los días 7, 8 y 9 de marzo del 2019 Lean Construction Institute México, celebró su primer Congreso Internacional Lean Construction en la Ciudad de México. Contó con varios expertos de la filosofía de países como Chile, Perú y España, la cual expusieron las tendencias tecnológicas de la filosofía y casos de éxito de implementación en varios países. También se contó con la firma de convenio con el Lean Construction Institute Perú con el objetivo de sumar esfuerzo de ambos países en la implementación e investigación de la filosofía. Con esto se da un paso enorme a la divulgación de la filosofía en nuestro país. De igual forma se destaca la labor del Lean Institute Construction México al otorgarle un reconocimiento al Ing. Luis Terán Escandón,

como pionero de la filosofía Lean Construction en nuestro país, por sus importantes aportaciones en la implementación, diseño y desarrollo de la filosofía a diversos proyectos.

1.3.1.- Certificaciones universitarias

En universidades de países iberoamericanos como la Pontificia Universidad Católica de Chile, en la universidad de los Andes de Colombia, en la Pontificia Universidad Católica del Perú y en la Universidad Politécnica de Valencia ofrecen temas relacionado a la filosofía de Lean Construction en las asignaturas de licenciatura y posgrado, como una opción de materias optativas. El sector de la construcción en Perú acepta como una especialidad dichas materias, fomentando el uso de esta filosofía a nuevos participantes.

En nuestro país la universidad con más relación al tema de La filosofía Lean es el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, la cual ofrece diplomados y posgrados del área de ingeniería industrial con el tema de Lean Manufacturing enseñando a sus participantes lo relacionado a la metodología Lean, value stream mapping, control de inventarios, entre otros.

El Instituto Lean Construction México actualmente está trabajando por asociarse con la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, con el objetivo de acercarse más a estudiantes y docentes a nivel licenciatura y posgrado, para impulsar el uso de esta filosofía en nuestro país a través de investigaciones como lo hacen ya en otros países latinoamericanos como Perú, la cual ha tenido éxito por parte de las empresas constructoras ya que ven un ahorro en la capacitación en nuevos integrantes a sus plantillas de trabajo, ya que tienen una base de formación teórica y práctica con la filosofía.

CAPÍTULO 2 FILOSOFÍA LEAN

2.1.- Lean Production

Lean Production es una filosofía y no una metodología, ya que se necesita un cambio radical en todos los niveles de organización de una empresa en la forma de ver las cosas, formar buenos hábitos relacionado al sistema de producción, cambios sencillos pero con un gran alcance para gestionar la producción manufacturera.

2.1.2.- Antecedentes

La filosofía Lean tuvo origen en Japón en los años cincuenta derivado de la industria manufacturera automotriz de la Toyota Motor Company, teniendo como pionero a Taiichi Ohno que era encargado de la producción, la cual se inspiró cuando visitó a la planta de ensamblado de la General Motors en Estados Unidos. Al ir desarrollando los principios y herramientas éstas fueron supervisados por consultores estadounidenses como Deming y Juran.

Arraigado por la necesidad de mejorar el tiempo de entrega de los productos, disminuir los desperdicios y mercancías, mejorar la calidad y ver las necesidades del cliente integrados en el producto, fueron los pilares para iniciar con esta filosofía desarrollando después el proceso de manufactura Toyota Production System (Sistema de Producción Toyota). Con el paso de los años esta idea se fue transformando y perfeccionando por ingenieros industriales especialistas en la industria manufacturera automotriz.

En la década de los setenta, surgieron diversas metodologías que se enfocaron en la calidad de los productos como el TQM (Gestión Total de la Calidad), JIT (Just and Time), ingeniería concurrente, entre otros. Si bien son herramientas enfocadas en la calidad guardan una relación con la filosofía de Lean Production, al enfatizar mejoras en eliminar tiempos de espera, eliminación de errores, etc. Por lo que actualmente se viene perfeccionando mejorías en éstos enfoques.

Mientras tanto en Japón en la década de los ochenta, las ideas que conforman el TPS (Sistema de Producción Toyota) fueron desarrolladas y refinadas, quienes establecieron

su marco teórico y ampliaron el nuevo enfoque de la producción sin pérdidas y en el mundo occidental se publicaron varios libros que explicaban un nuevo enfoque de procesos de manufactura. La información que había sobre este enfoque en Occidente era limitada, sin embargo, la difusión de las ideas del TPS hacia América y Europa iniciaron hacia 1975 en la industria automotriz. Así, al comenzar la década de los 90, la nueva filosofía de producción ya era conocida en otras latitudes, de diferentes maneras, entre ellas “producción sin pérdidas”, “nuevo sistema de producción” o “manufactura de clase mundial”, y fue implementada en otros campos como la administración y el desarrollo de productos (Koskela, 1992).

2.1.3.- Principios

La filosofía tiene dos actividades importantes que hacen que el producto obtenga valor, actividades de conversión que agregan valor al producto y los procesos de flujo. Con ayuda de herramientas se procura que el flujo sea constante para mantener la producción en constante crecimiento y mejora continua. Es importante mencionar que la complejidad de la filosofía son los procesos de flujos ya que tiene los factores más importantes como el tiempo y costo.

En varios subcampos de la nueva filosofía de producción, una serie de principios heurísticos para el diseño, control y mejora de procesos de flujo han evolucionado. Existe amplia evidencia de que a través de estos principios, la eficiencia de los procesos de flujo en las actividades de producción puede mejorarse de manera considerable y rápida. Los principios se pueden resumir de la siguiente manera (Alarcón, 1997):

1. Reducir la proporción de actividades que no agregan valor (también llamadas desperdicio)
2. Aumentar el valor de la producción a través de la consideración sistemática de los requisitos del cliente
3. Reducir la variabilidad
4. Reducir los tiempos de ciclo
5. Simplifique minimizando el número de pasos, partes y enlaces
6. Aumentar la flexibilidad de salida

7. Aumentar la transparencia del proceso
8. Enfocar el control en el proceso completo
9. Construir mejoras continuas en el proceso
10. Mejora del flujo de balance con mejora de conversión
11. Punto de referencia

Todos los principios se pueden aplicar a diversos procesos y subprocesos de manufactura, es decir son principios universales que al implementarse en la fabricación de un producto éste conlleva una calidad con altas expectativas para el cliente.

Al ser principios universales otros autores señalan solo 5 principios claves que cita Alarcón para el proceso de manufactura como: aumentar el valor de la producción a través de la consideración sistemática de los requisitos del cliente, reducir la proporción de actividades que no agregan valor (también llamadas desperdicio) es decir identificar el flujo de valor, reducir la variabilidad para establecer el flujo, enfocar el control en el proceso completo o implementar un sistema pull y construir mejoras continuas en el proceso para alcanzar la perfección.

2.1.4 Herramientas o metodologías

Entre las metodologías para lograr una producción Lean se encuentran las siguientes (Alarcón, 1997):

1. Just in time (JIT)
2. Gestión total de la calidad (TQM)
3. Competencia basada en el tiempo
4. Ingeniería concurrente
5. Rediseño de procesos (o reingeniería)
6. Administración basada en Valor
7. Manejo visual
8. Mantenimiento productivo total (TPM)
9. Participación de los trabajadores

En cada una de estas herramientas se han generado otras de control de producción como complemento auxiliar para obtener mejores resultados en la etapa de implementación y la reducción de la variabilidad. Como el just in time teniendo como objetivo gestionar el abastecimiento de materiales, consta de ocho componentes como la producción simplificada y sincrónica mediante el cual se busca convertir las actividades individuales en un flujo continuo o la gestión total de la calidad (TQM) utilizando los círculos de calidad.

2.2.- Lean Construction

La filosofía lean construction o construcción sin pérdidas se deriva de la adaptación de Lean Production que nace para la industria manufacturera automotriz. Actualmente su definición aún está en discusión, pero algunos pioneros la definen en sus diferentes percepciones como “colaboración”, “generación de valor”, “necesidad del cliente”, “eliminación de desperdicios”, “mejora continua”, entre otros.

Lean construction es un camino diferente para ver, entender y actuar en el mundo. Por ejemplo, el desperdicio en la práctica actual se entiende normalmente como una utilización de la mano de obra. Aprender a ver la contingencia como desperdicio es el gran paso que necesitamos si queremos hacer un cambio en la construcción, uno acorde con la gestión del inventario *just and time*. Lean Construction es una filosofía; un sistema integral de ideas que conduce a la entrega impecable del entorno construido. Esta filosofía se basa en la práctica del Sistema de Entrega de Proyectos Lean (LPDS, Lean Project Delivery System) que continúa en una medida que se aprende más de la práctica y la investigación. Lean Construction es el suelo que nos permite "construir socialmente" el entorno construido. Lean Construction es algo que la gente hace; Una filosofía o una orientación de orden. (MBA, 2014).

El término Lean aun es relativamente nuevo en el ámbito de la construcción, donde su auge más conocida es en la producción manufacturera y automotriz. A diferencia de la producción manufacturera donde la línea de producción avanza, en el sector de la construcción el producto está fijo y los flujos como la mano de obra y los materiales está en constante movimiento dificultando la planificación y el aprendizaje organizacional.

La aplicación de la teoría de Lean Production a la construcción es un proceso complejo, la siguiente tarea es cambiar la forma de pensar y empezar a visualizar la gestión de la construcción como flujos.

2.2.1.- Antecedentes

En el año de 1992 Lauri Koskela estableció los fundamentos teóricos por primera vez de Lean Construction en su trabajo “Application of the New Production Philosophy to Construction” (Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción), basados en el Sistema de Producción Toyota, elaborado en la Universidad de Stanford. En ello sostuvo que la producción debería de ser mejorada mediante la eliminación de los flujos de desperdicio (como los materiales, tiempo de espera, etc.) y que las actividades de conversión agregan valor al material o información que se transforma en un producto logrando hacerlas eficientes, buscando la excelencia a través de una mejora continua.

Los principios que Koskela propone de manera resumida en su investigación con el objetivo de mejorar la eficiencia de los procesos de flujo es la siguiente (Koskela, 1992):

1. Reducir la participación en actividades que no agregan valor.
2. Aumentar el valor de salida a través de la consideración sistemática de los requisitos del cliente.
3. Reducir la variabilidad.
4. Reducir los tiempos de ciclo.
5. Simplificar minimizando el número de pasos, partes y enlaces.
6. Aumentar la flexibilidad de salida.
7. Aumentar la transparencia del proceso.
8. Enfocar el control en el proceso completo.
9. Construir mejoras continuas en el proceso.
10. Mejora del flujo de balance con mejora de conversión.
11. Benchmarking.

Por otro lado Glenn Ballard fue pionero en el desarrollo de una metodología para gestionar proyectos Lean. En 1992 elaboró el Sistema Último Planificador (SUP), basado

en el concepto de reducción de los niveles jerárquicos de la gestión en la construcción para optimizar el proceso de asignación de recursos disponibles en la planeación semanal, y programación y ejecución de los trabajos. Luego, en 1998, refinó más el SUP, centrándose en la gestión de los flujos en el proceso de construcción. Después vino lo que Ballard denominó Sistema de Entrega de Proyectos Lean cuyo propósito es el planteamiento teórico de la metodología para gestionar los proyectos “Lean” (Hernán Porras Díaz, 2014).

Fue en el año de 1993 que Lauri Koskela junto con Glenn Ballard en la conferencia celebrado en la Universidad de Berkeley acuñan el término Lean Construction o Construcción sin pérdidas. De igual forma en el mismo año formaron el Grupo Internacional de Lean Construction (IGLC), que aún continúa en funcionamiento.

2.2.2.- Principios de Lean Construction

La filosofía de Lean Construction se rige por una serie de principios centrándose en la gestión de proyectos de construcción y la mejora continua. Es fundamental que la empresa que desee implementar la filosofía en la práctica de sus proyectos conozca los principios. A través de un Modelo de Madurez, Modelos de Evaluación de Prácticas Lean, Marcos de Evaluación del Cumplimiento de Principios, entre otros, permite a las empresas identificar posibles fallas en la implementación y con ello actuar para mejorar.

En 1992 Koskela reconoce 11 principios para la filosofía descritos a continuación de manera resumida:

1.- Reducir la participación en actividades que no agregan valor. En la filosofía se le conoce como muda⁷. Las actividades que agregan valor son aquellas actividades que convierten la fuente de información o material la cual es requerida por el cliente. Las actividades que no agregan valor (también llamado desperdicio), son aquellas actividades

⁷ Es cualquier actividad en un proceso que consume recursos y que no agrega ningún valor al producto o servicio desde el punto de vista del cliente.

que requieren tiempo, recursos o espacio pero no agrega valor. Los residuos pueden tomar muchas formas dentro del proceso de construcción. A continuación se presentan algunos ejemplos comunes (MBA, 2014):

1. Construir por delante de la demanda / tiempo.
2. Espera (personas, material, información, para la siguiente operación).
3. Transporte innecesario (doble manipulación).
4. Procesamiento inadecuado (máquinas más grandes, pasos innecesarios, máquinas que no son de calidad, sobre diseño).
5. Stock de materiales (entregas anticipadas, espacio de almacenamiento, deterioro).
6. Movimientos innecesarios (ergonomía, flexión, estiramiento).
7. Colocación de partes / secciones defectuosas.
8. Desperdicio del potencial humano sin explotar.

2.- Aumentar el valor de salida a través de la consideración sistemática de los requisitos del cliente. El valor se genera por la realización de exigencias del cliente, no como un mérito inherente de conversión. Para cada actividad hay dos tipos de clientes, el cliente interno y el cliente externo o final.

3.- Reducir la variabilidad. La desviación de lo planificado representa lo que se denomina variabilidad y ausencia de ésta se traduce en una planificación confiable (Vela, 2011). Hay dos motivos para reducir la variabilidad del proceso. Primero, del punto de vista del cliente la uniformidad del producto siempre es mejor. En segundo lugar, la variabilidad, especialmente de la duración de alguna actividad, aumenta el volumen de actividades que no agregan valor.

4.- Reducir los tiempos de ciclo. El tiempo del ciclo se puede representar como sigue:

Tiempo de ciclo = Tiempo del proceso + Tiempo de inspección + Tiempo de esperas + Tiempo de movimiento hacia la actividad siguiente.

Un principio básico de la nueva filosofía de producción es la compresión de los tiempos de ciclo, que obliga a la reducción de inspecciones, movimientos y esperas. En suma, los

esfuerzos por eliminar las pérdidas y la compresión del tiempo total del ciclo podrían producir las siguientes ventajas (Schmenner 1988, Hopp & al. 1990):

- Cumplimientos de las fechas planificadas.
- Reducir la necesidad de hacer pronósticos sobre la demanda futura.
- Se disminuye la interrupción del proceso de producción debido a un cambio de órdenes.
- La gestión resulta más fácil porque hay menos requerimientos del cliente.

5.- Simplificar minimizando el número de pasos, partes y enlaces. Simplemente puede entenderse como:

- Reducir la cantidad de componentes de un producto.
- Reducir la cantidad de pasos en el flujo de información o de materiales.

Herramientas útiles hacia la simplificación incluyen:

- Acortamiento de los flujos por la consolidación de actividades repetitivas.
- Reducir la cantidad de partes del producto mediante cambios de diseño o partes prefabricadas.
- Estandarizar ciertas partes, materiales, herramientas, etc.
- Reducir al mínimo la cantidad necesaria de información para el control por una cantidad excesiva de índices de productividad medidos.
- Cambios organizacionales.

6.- Aumentar la flexibilidad de salida. A primera vista, el aumento de la flexibilidad de salida parece ser contradictorio con la simplificación. Sin embargo, muchas compañías han logrado alcanzar ambos objetivos simultáneamente (Stalk & Hout 1990). Los enfoques prácticos para aumentar la flexibilidad incluyen (Stalk & Hout 1990, Child & al. 1991):

- Minimizar el tamaño de los lotes para ajustarse a la demanda.
- Reduciendo la dificultad de configuraciones y cambios.

- Personalización lo más tarde posible en el proceso.
- Formación de una mano de obra calificada.

7.- Aumentar la transparencia del proceso. El objetivo es tratar de hacer la producción más transparente para facilitar el control y el mejoramiento para: "Hacer que el flujo principal de operaciones de principio a fin sean más visibles y comprensibles para todos los involucrados" (Stalk & Hout 1989).

Enfoques prácticos para aumentar la transparencia son los siguientes:

- El establecimiento de limpieza básica para eliminar el desorden: el método de 5's.
- Incorporar la información de los proceso en las áreas de trabajo, instrumentos, contenedores, materiales y sistemas de información.
- La utilización de órdenes visuales para permitir a cualquier persona inmediatamente reconocer normas y desviaciones de ellas.

8.- Enfocar el control en el proceso completo. Todo proceso de construcción atraviesa por diferentes unidades de producción en una organización, en donde cada supervisor del proceso entrega su visión de cómo deben ser hechas las cosas provocando incertidumbre en los trabajadores. Los compromisos en la planificación solucionan en parte el control del proceso completo. Para enfocar el control al proceso completo es fundamental la cooperación a largo plazo con los proveedores y el funcionamiento en equipo esto con el objetivo de obtener beneficios mutuos de un flujo optimizado.

9.- Construir mejoras continuas en el proceso. El esfuerzo por reducir el desperdicio y aumentar el valor es una actividad interna, incremental e iterativa, que puede y debe realizarse de manera continua. Hay varios métodos necesarios para institucionalizar la mejora continua:

- Medición y seguimiento de la mejora.
- Establecimiento de objetivos extendidos (por ejemplo, para la eliminación del inventario o la reducción del tiempo del ciclo), mediante los cuales se desentierran los problemas y se estimulan sus soluciones.

- Responsabilizar la mejora de todos los empleados; una mejora constante de cada unidad organizativa debe ser requerida y recompensada.
- Usar procedimientos estándar como hipótesis de mejores prácticas, para ser desafiado constantemente por mejores formas.
- Vincular la mejora con el control: la mejora debe dirigirse a las restricciones de control actuales y los problemas del proceso. El objetivo es eliminar la raíz de los problemas en lugar de hacer frente a sus efectos.

10.- Mejora del flujo de balance con mejora de conversión.

En la mejora de las actividades productivas, se deben abordar tanto las conversiones como los flujos. ¿Pero cómo deberían ser equilibradas estas dos alternativas?

Para cualquier proceso de producción, los aspectos de flujo y conversión tienen cada uno un potencial de mejora diferente. Como una regla,

- Cuanto mayor sea la complejidad del proceso de producción, mayor será el impacto de la mejora del flujo.
- Cuantos más residuos sean inherentes al proceso de producción, más rentable será la mejora del flujo en comparación con la mejora de la conversión.

11.- Benchmarking. Benchmarking puede definirse como un proceso sistemático y continuo para evaluar comparativamente los productos, servicios y procesos de trabajo en organizaciones.

A menudo el Benchmarking es un estímulo útil para alcanzar la brecha de mejoramiento. Esto ayuda a vencer viejas rutinas inculcadas y las malas prácticas. Mediante ello, defectos fundamentales lógicos en los procesos pueden ser desenterrados.

Los pasos básicos del Benchmarking son los siguientes (Camp 1989):

- Saber del proceso; evaluación de las fuerzas y las debilidades de los subprocesos.
- Saber acerca de los líderes de la industria o competidores; encontrar, entender y comparar las prácticas de los mejores.

- Incorporar a las prácticas convencionales lo mejor; copiar, modificar o incorporar en sus propios procesos.
- Ganar y adelantarse a través de la combinación de las fuerzas existentes y lo mejor de las prácticas referenciadas.

Otros autores como Womack y Jones en el año 1996 en su trabajo Lean Thinkin mencionan 5 principios claves de la filosofía:

1. Identificar el valor
2. Mapear la cadena de valor
3. Crear el flujo
4. Establecer el sistema Pull
5. Buscar la perfección

Con estos principios lograron una relación fuerte en la comprensión de la metodología entre las industrias y los interesados en comprenderla, siempre y cuando se utilicen sistemáticamente las técnicas y herramientas adecuadas.

Varios autores han investigado los principales principios de la filosofía en la industria de la construcción y han descubierto que los principios que más coinciden en las investigaciones son con el enfoque a la atención al cliente, cultura de las personas, organización, estandarización del lugar de trabajo, eliminación de desperdicios y mejora continua.

Los Principios Lean Construction que fueron propuestos, validados y aprobados por destacados expertos Lean junto con profesionales de la construcción, se organizaron y representaron de una forma comprensible a través de una rueda (Figura 12). La rueda presenta 5 principios principales, los cuales se dividen en 16 sub-principios (Becerra, 2016):

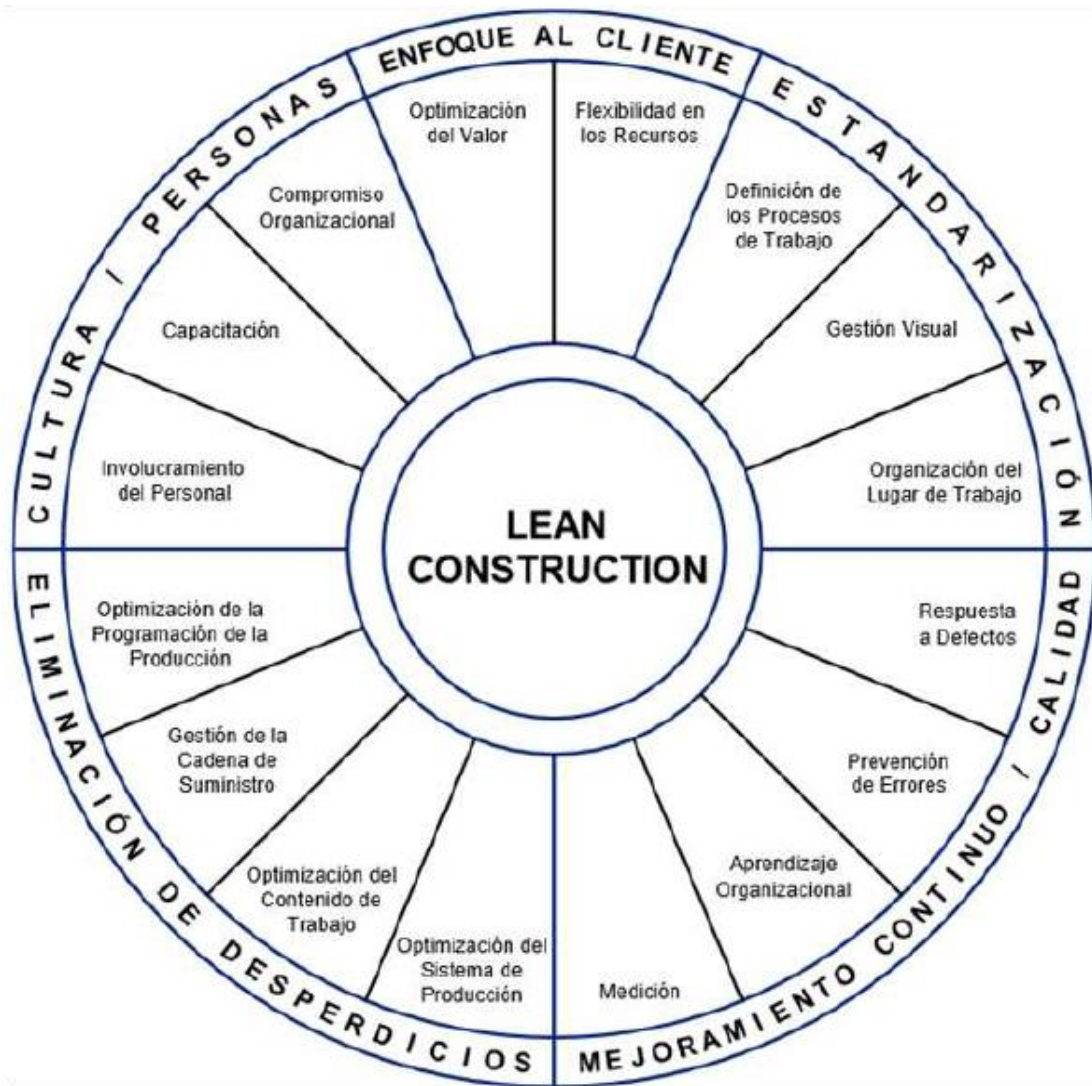


Figura 12. Principios y sub-principios propuestos por Diekmann, et al.
Fuente: (Becerra, 2016).

Para el tema de la presente investigación a continuación se detalla la definición de cada uno de los principios y sub-principios tomando el enfoque del autor Diekmann y la complementación con la literatura relacionada.

Tabla 1. Definición de Principios Lean Construction y prácticas asociadas. Fuente: (Becerra, 2016).

| CONCEPTO | DEFINICIÓN |
|--|---|
| Eliminación de Desperdicios | Eliminación o reducción de todo aquello que no agrega valor. En la filosofía le denominan muda. |
| Optimización del Sistema de Producción | Mejoramiento del proceso de producción y los elementos que lo componen, el cual se desarrolla con la entrada de recursos, la transformación y la obtención de un producto terminado para su entrega. |
| Optimización del Contenido de Trabajo | Mejoramiento del tiempo total del ciclo de producción, incluyendo las actividades que agregan valor y las que no añaden valor. |
| Gestión de la Cadena de Suministro | Proceso de planificar y gestionar todas las actividades necesarias para el suministro, la adquisición, la conversión y la administración en el sistema de producción, coordinando e integrando los recursos y las diversas partes involucradas en el proceso, con el fin de lograr una producción Just In Time (JIT). |
| Optimización de la Programación de la Producción | Mejoramiento en la forma de secuenciar el trabajo, planificando los recursos para lograr cumplir con los objetivos de tiempo, costo y calidad. |
| Estandarización | Práctica de crear, comunicar, mantener y mejorar los procedimientos de trabajo con base en reglas y secuencias establecidas |
| Gestión Visual | Información en tiempo real y en el lugar sobre el estado del trabajo y el cumplimiento de estándares, mediante ayudas visuales sencillas y eficaces que permiten a los empleados conocer su desempeño y su influencia en los procesos |
| Definición de los | Establecimiento y comprensión de guías claras y |

| | |
|-----------------------------------|---|
| Procesos de Trabajo | detalladas para la ejecución de los procesos de trabajo de forma repetible, eliminando la variación en la producción, los errores y la suposición. |
| Organización del Lugar de Trabajo | Aseguramiento de que el entorno de trabajo es un espacio ordenado, limpio y organizado, en el cual las herramientas y los materiales estén dispuestos para una mayor eficiencia, productividad, seguridad y correcta ejecución de los procesos de producción. |
| Cultura / Personas | Valoración de la gente y creación de una cultura que permita un beneficio mutuo cumpliendo los objetivos organizacionales y personales. / Desarrollo de las competencias de las personas y promoción de su participación, para lograr su motivación, su compromiso y el uso de sus competencias en beneficio de la organización |
| Compromiso Organizacional | Cambio o logro vinculado con la filosofía Lean, lo cual implica adoptar un comportamiento o una actitud con el fin de lograr una predisposición para realizar actos en busca de conseguir los objetivos establecidos. |
| Involucramiento del Personal | Participación activa de cada colaborador en la organización, donde se le brinda habilidades, recursos, autoridad, oportunidad y motivación, con el propósito de generar autonomía, comprensión y compromiso con los objetivos fijados por la organización. |
| Capacitación | Adquisición de conocimientos técnicos, teóricos y prácticos que van a contribuir al desarrollo del individuo en la realización de alguna actividad específica de una mejor manera, con un énfasis en los contenidos que se enseñan y generando una actitud receptiva del conocimiento. |
| Enfoque al Cliente | Determinación de las necesidades y los requerimientos |

| | |
|--|--|
| | por parte del cliente, para tomar las medidas necesarias para satisfacerlas |
| Optimización del Valor | Mejoramiento de la forma de conocer, analizar y evaluar las necesidades, preferencias, motivaciones y requerimientos que tienen los clientes internos y externos, para maximizar los beneficios. |
| Flexibilidad en los Recursos | Adaptación de la producción a la demanda y necesidades del cliente, por medio de la redistribución de recursos y cambios en los procesos. |
| Mejoramiento Continuo / Calidad | Conjunto de acciones para mantener y optimizar los procesos y las prácticas de trabajo. / Estrategia que minimiza la necesidad de inspección de los trabajos realizados y permite la resolución de problemas en el sistema |
| Medición | Desarrollo, establecimiento y uso de normas de medida, claras y entendibles, para evaluar la eficiencia, el rendimiento, el progreso, la calidad y la capacidad de una actividad o un proceso, comparando lo que se tiene contra el estándar o las metas establecidas. |
| Aprendizaje Organizacional | Proceso dinámico y continuo de adquisición, asimilación, retención y transferencia de conocimiento, habilidades y actitudes para el desarrollo de recursos hacia la mejora de procesos, mediante el estudio o partiendo de la experiencia, con un énfasis en los procesos de cambio y generando una actitud aplicativa del conocimiento. |
| Respuesta a Defectos | Creación de un entorno para el aprendizaje organizacional, donde se establezcan procedimientos para dar una resolución eficaz a los problemas, comprendiendo sistemáticamente la causa del defecto generado en la producción y manteniendo las soluciones |

| | |
|-----------------------|---|
| | para ser usadas en otros problemas en el futuro. |
| Prevención de Errores | Implementación proactiva de herramientas, técnicas y mecanismos cuyo objetivo es evitar que se generen defectos en la producción mediante la prevención, corrección, o llamar la atención sobre los errores que se produzcan. |

2.2.3.- Herramientas de Lean Construction

Diversas herramientas de Lean Construction se han ido perfeccionando, apoyando y acomodando gracias al trabajo de diversos investigadores que han desarrollado fundamentos teóricos para gestionar proyectos de construcción derivados de la producción manufacturera. El objetivo de cada una de ellas es llevar el conocimiento teórico a la práctica.

2.2.3.1 Just In Time (JIT)

La herramienta Justo a Tiempo (de la traducción Just In Time) surge de los principios de la filosofía de Lean Production en Japón entre la década de los sesenta y setenta desarrollado por Taichii Ohno como una estrategia para minimizar el inventario de materiales considerado como una fuente de desperdicio. En pocas palabras es hacer lo que se necesita cuando se necesita con las cantidades necesarias.

El Just in Time es una filosofía empresarial que se concentra en eliminar el despilfarro en todas las actividades internas de la organización y en todas las actividades de intercambio externas. Esta definición establece la idea clave del just in time –eliminación del despilfarro-, lo cual exige eliminar todos los insumos de recursos que no añaden valor al producto o servicio.

El objetivo es proporcionar satisfacción al cliente al tiempo que se minimiza el costo total. Ésta es la esencia del proceso just in time, que integra el compromiso total de calidad (Peñaloza, 2014). Entre sus principales objetivos están:

1. Atacar las causas de los principales problemas.
2. Eliminar desperdicios.
3. Buscar la simplicidad.
4. Diseñar sistemas para identificar problemas.

2.2.3.2 Total Quality Management (TQM)

La Gestión Total de la Calidad o TQM (Total Quality Management), surgió en Japón después de la segunda guerra mundial para ayudar a la rehabilitación de la economía. Se le atribuye a los doctores W. Edwards Deming y Joseph Juran basándose en los fundamentos de la “idea Penney”⁸.

TQM es una forma cooperativa de operar las empresas, que se basa en los talentos y capacidades tanto del obrero como de la dirección, para mejorar continuamente la calidad y la productividad, utilizando equipos de trabajo (Jablonsky, 1995).

Los principios en que se rige TQM son los siguientes:

- Punto de vista del usuario.
- Atención en el proceso, así como en el usuario.
- Prevención versus inspección.
- Movilizar los conocimientos de la fuerza de trabajo
- Toma de decisiones basadas en hechos.
- Retroalimentación.

La idea básica en comparación con la filosofía de Lean Construction es el cambio. Un cambio en la organización en cuanto a sus valores, creencias y comportamientos.

⁸ La idea Penney conlleva satisfacción del cliente, equidad, calidad, valía capacitación del personal y premios por rendimiento.

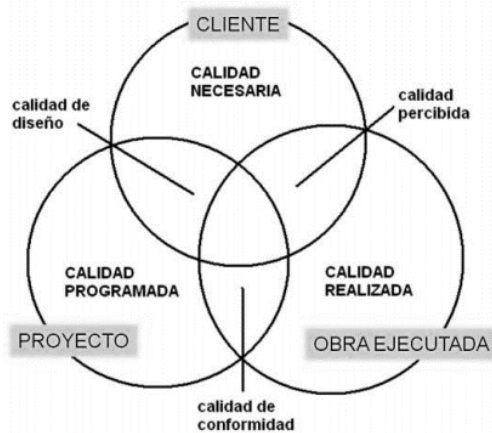


Figura 13. Diagrama de la calidad total operado por el Just in Time. Fuente: (Peñaloza, 2014).

2.2.3.3 Mejora Continua (Kaizen)

Se define Kaizen al mejoramiento continuo. La palabra implica una mejora constante que involucra a todas las personas, desde gerentes hasta trabajadores de piso. A pesar de que los resultados que se obtienen a través de la aplicación de esta filosofía son pequeños, en un largo plazo, estos resultados se vuelven incrementales.

En la metodología Kaizen existen eventos que son básicamente actividades donde un equipo de trabajo multidisciplinario (diferentes especialidades, diferentes niveles jerárquicos, diversas actitudes, creativos, objetivos, etc.) se organiza dentro de la empresa para llevar a cabo tareas específicas, aplicando las herramientas necesarias, para resolver problemas de calidad, costos, seguridad, productividad, etc. de manera enfocada en un tiempo determinado, tratando de reducir las mudas o desperdicios al máximo. La duración de un evento Kaizen, varía desde uno hasta cinco días (Ayala, 2017).

Algunos de los beneficios que se pueden llegar a obtener de un evento kaizen son:

1. Reducciones en costo de producción.
2. Mejoras en tiempos de preparación de maquinaria.
3. Mejoras de calidad y tiempos de entrega.
4. Mejoras en las condiciones de trabajo (limpieza y seguridad).

2.2.3.3.1 Circulo de la Mejora Continua

El ciclo de mejora continua, también conocido como PDCA (Plan, Do, Check, Act, - Planear, Hacer, Verificar, Actuar), es una metodología que en su mayoría se utiliza para la realización de eventos kaizen y se apoya constantemente en la ruta de la calidad para que su ejecución sea llevada con éxito y de manera sistemática.

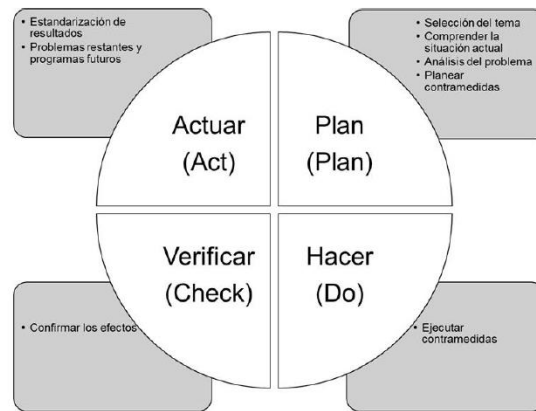


Figura 14. Plan Do Check Act (Adecuación de El ciclo de Deming). Fuente: (Ayala, 2017).

Planear se refiere al establecimiento del objetivo que se requiere mejorar y a la idealización de planes de acción para cumplir el objetivo. Hacer se refiere a llevar a cabo la implementación del plan. Verificar se refiere a la determinación de si la implementación sigue dando lugar a la mejora planeada. Actuar se refiere a la estandarización de los nuevos procedimientos para prevenir la recurrencia del problema original o de establecer nuevas metas para las siguientes mejoras.

Después de que se empieza a trabajar con esta metodología, cualquier proceso actual debe ser estabilizado en un proceso a menudo referido como el SDCA (Standardize, Do, Check, Act – Estandarizar, Hacer, Verificar, Actuar), así, la mejora siempre será continua.

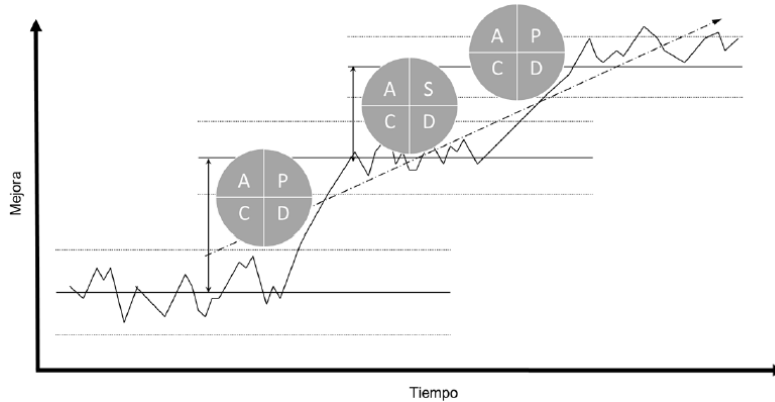


Figura 15. PDCA - SDCA. Fuente: (Ayala, 2017).

Es evidente que la filosofía Lean Construction necesita de esta herramienta. No cabe duda que representa un atractivo para que la implementación de la filosofía funcione y se adapte a la organización de una empresa, obteniendo beneficios en la productividad, la calidad y la motivación del trabajador.

2.2.3.4 Benchmarking

El benchmarking es la evolución de la planificación estratégica surgido entre los directivos de empresas importantes en los Estados Unidos en la década de los años sesenta y alcanzando la cima en los años setenta.

El benchmarking es sencilla y llanamente, aprender de los otros. Identificarlos, estudiarlos y mejorar basándose en lo que se ha aprendido (Jr., 1995). Hay tres razones para practicar el benchmarking en una empresa:

1. Es un medio muy eficiente de introducir mejoras.
2. Ayuda a la organización a introducir sus mejoras rápidamente.
3. Tiene en sí el potencial de elevar significativamente las prestaciones colectivas de las empresas.

Las aplicaciones del benchmarking son infinitas y se puede utilizar en casi todas las empresas cualquiera que sea su situación.

2.2.3.5 Sectorización y tren de actividades de un proyecto

El objetivo de utilizar la sectorización en la construcción es para dividir el trabajo en partes más manejables, para tener un mejor control y rendimiento de las cuadrillas de trabajo. Una vez realizada la sectorización se tendrá que dar a conocer la información al personal involucrado de forma clara, para la correcta ejecución de los trabajos en obra. Una vez teniendo la sectorización del proyecto se puede utilizar un sistema que nos ayude a tener un mejor control en las cuadrillas de trabajo, esta metodología se denomina tren de actividades, la cual consiste en el movimiento de las cuadrillas de trabajo de acuerdo a su especialización y al proceso constructivo a ejecutar; así cada cuadrilla irá avanzando una tras otra a través de los sectores establecidos en la sectorización del proyecto esto con la finalidad de tener un proceso continuo y ordenado de trabajo (Martínez B. G., 2018).

2.2.3.6 Ingeniería concurrente

La Ingeniería Concurrente puede definirse como un proceso integrado del desarrollo de un nuevo producto al lograr que los departamentos participantes que toman decisiones en las fases iniciales del proyecto (marketing e ingeniería de producto) tengan en cuenta los requerimientos de áreas que intervienen habitualmente en el proyecto, tanto internas (producción, calidad, etc.) como externas (diseñadores, proveedores, etc.).

Los mayores beneficios se obtendrán si la empresa es capaz de introducir nuevos *productos* antes de que sus competidores lancen sus innovaciones propias. El mercado pide continuamente múltiples variantes de los productos que incorporen los últimos avances tecnológicos. Eso se traduce en ciclos de vida del producto cada vez más cortos, con cambios del diseño frecuentes; de ahí la necesidad de reducir los plazos de desarrollo de los nuevos productos mediante la Ingeniería Concurrente. Las principales ventajas de la Ingeniería Concurrente son (Vargas, 2003) :

- Mayor velocidad del proyecto.
- Más flexibilidad.
- Adopción de nuevas perspectivas estratégicas.
- Mayor sensibilidad a los cambios en el mercado.

- Orientación a resolver problemas en grupo.
- Desarrollo de habilidades diversificadas.
- Mejor comunicación interna.

La Ingeniería Concurrente también reduce los costos totales del proyecto al reducir el número de modificaciones en las fases avanzadas del proyecto, que suelen ser mucho más caras.

2.2.3.7 Reingeniería

Este concepto lo originó Michael Hammer siendo el principal fundador de éste movimiento en la década de los 80 en Estados Unidos. Apareció por primera vez en un estudio que publicó en Harvard Business Review con el título “Reengineering Work: Don’t Automate, Obliterate. Varias empresas de Estados Unidos han aplicado los principios en el replanteo de su organización obteniendo beneficios en la reducción en sus costos básicos.

Reingeniería es la revisión fundamental y el rediseño radical de procesos de negocios para alcanzar mejoras espectaculares en medidas críticas y contemporáneas de rendimientos tales como costos, calidad, servicio y rapidez. Los principios de la reingeniería son los siguientes (Parro, 1996):

1. Organizar por objetivos, no por tareas.
2. Los usuarios de los resultados de un proceso ejecutan dicho proceso.
3. Unificar las tareas de procesamiento de la información con el trabajo que realmente produce la información.
4. Tratar recursos geográficamente dispersos como si fueran centralizados.
5. Vincular actividades paralelas en lugar de integrarlas en sus resultados.
6. Asignar poder de decisión donde se ejecute el trabajo y establecer controles en el proceso.
7. Capturar información sólo una vez y en su fuente original.

La reingeniería al igual que la filosofía Lean Construction se apoya y complementa con herramientas que han sido desarrolladas anteriormente como Just In Time y Control Total de la Calidad (TQM).

2.2.3.8 Mapas de cadena de valor (VSM)

Los mapas de cadena de valor (Value Stream Map) también se les conoce como gráficas del flujo de valor.

La cadena de valor es el conjunto de actividades necesarias para realizar un producto, desde su diseño hasta su entrega al consumidor final según el alcance de las operaciones de la organización. Identificar la cadena de valor del producto es una de las actividades más importantes ya que posteriormente esto nos permitirá identificar cuales actividades añaden valor y cuáles no, y de esta manera podremos aplicar las herramientas de mejora adecuadas.

El mapeo de la cadena de valor mediante diagramas de flujo de proceso permite la identificación de los requerimientos de información y materiales necesarios en cada etapa del proyecto, así como la forma en que se transmite el trabajo ejecutado de una etapa a otra (Pérez, 2005). A continuación se presenta una tabla con varios ejemplos (Irigoyen, 2007):

| Tipo de actividad | Ejemplo |
|---------------------|--|
| Sobreproducción | Preparar más tubería que la requerida |
| Inventario | Mantener gran cantidad de paneles de yeso en un área de la obra, antes de que sean requeridos y obstruyendo el trabajo de otras actividades. |
| Transportación | Almacenamiento de materiales en un punto lejano al lugar de colocación. |
| Esperas | El trabajo no terminado por una cuadrilla retrasa el trabajo de la siguiente |
| Movimientos | Movimientos adicionales de materiales por errores en la planeación del proceso. |
| Sobre-procesamiento | Dar un acabado detallado a un muro que será |

| | |
|--------------|--|
| | cubierto posteriormente. |
| Correcciones | Realización de retrabajos para corregir deficiencias |

2.2.3.9 Las 5's

El método de las 5 S's es una técnica de trabajo ligada a la filosofía de calidad total. Representa acciones de los principios expresados en cinco palabras japonesas. Las cinco 'S' que conforman la filosofía son (Martínez B. C., 2007):

1. Seiri: Organizar, clasificar. Es necesario retirar del área de trabajo todo aquello que no es indispensable para realizar la labor y dejar aquello que sea útil y necesario solamente, tanto en áreas administrativas como de producción.
2. Seiton: Ordenar. Disponer de lugares específicos para tener la información de manera ordenada y al alcance de todos los empleados que la requieran. Después de ser utilizada, se debe de regresar todo a su lugar, evitando así caos en la organización.
3. Seiso: Limpiar. Con esto se logra tener espacios de trabajo más seguros; es indispensable también crear señalizaciones claras y sencillas para crear sensaciones de seguridad y pertenencia a la empresa por parte de los empleados.
4. Seiketsu: Limpiar estandarizadamente. Se debe primero poner en práctica las 3 'S' anteriores para poder llegar a este punto, donde el trabajador forma parte activa de la misma. Se desarrollan normas y ayudas visuales que permitan mantener siempre presente el estado óptimo de los lugares de trabajo.
5. Shitsuke: Disciplina. Ya que se implantaron los puntos anteriores, es necesario mantenerlos y trabajarlos de tal manera que se cree una mejora continua dentro de la organización y se tenga un respeto por los espacios propios y ajenos de trabajo.

2.2.3.10 Curva de aprendizaje

El concepto de curva de aprendizaje fue descrito por primera vez por T.P. Wright en 1936 en un estudio de tiempos requeridos para hacer piezas de aviones, en este estudio se observó que a medida que el trabajo se realiza los trabajadores van adquiriendo mayor experiencia en las labores y por consiguiente el tiempo de ejecución del trabajo se reduce.

Este concepto es muy utilizado por el lean construction, ya que se enfoca en asignar trabajos específicos a cada cuadrilla para que los trabajos se hagan repetitivos y así poder aprovechar este concepto.

Finalmente se muestra el grafico de la curva de aprendizaje en los trabajadores, está dividida en 3 partes, la primera que muestra un inicio lento del aprendizaje, en la segunda se incrementa el aprendizaje a un nivel más acelerado que en la anterior para finalmente llegar a la tercera parte en la cual casi no se incrementa el aprendizaje con el pasar del tiempo porque se ha llegado a un nivel óptimo (Tejeda, 2014).

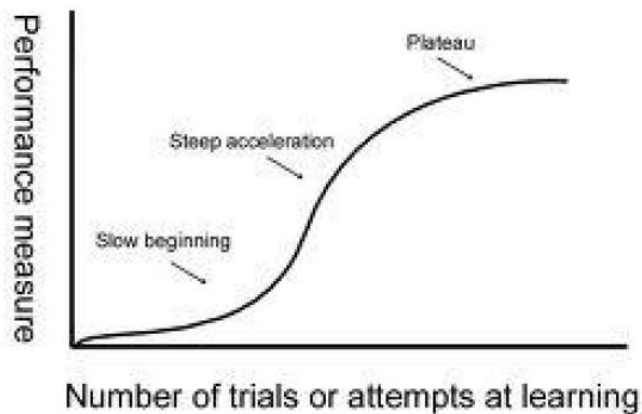


Figura 16. Curva de rendimiento vs Número de repeticiones. Fuente: (Tejeda, 2014).

2.2.3.11 Last Planner System

El Sistema de último Planificador (Last Planner System) fue desarrollado por Glenn Ballard en su tesis doctoral “The Last Planner System of Production Control” en la universidad de Birmingham en el año 2000, teniendo como objetivo controlar procesos, mejorar la variabilidad y reducir la incertidumbre de la planificación programada en una obra de construcción.

Last Planner es un sistema de control de proyectos en donde se rediseñan los sistemas de planificación convencionales para lo cual participan nuevos testamentos, incorporando en algunos casos a supervisores, subcontratistas, entre otros actores, con el fin de lograr compromisos en la planificación. El concepto de planificación no debe ser entendido simplemente como la utilización de un programa computacional para organizar las

actividades del proyecto, la planificación debe determinar lo que se debe hacer, cómo se debe hacer, qué acción debe tomarse, quién es el responsable de ella y por qué (Contreras, 2016).

Para Ballard el método tradicional de planificación en una construcción es de una forma que existe mucha variabilidad e incertidumbre al no poder controlar las restricciones. En el Last Planner, permite modificar el modelo para poder controlar de mejor manera la planeación de obra y controlar la producción. En la figura 17 se puede apreciar la comparación:

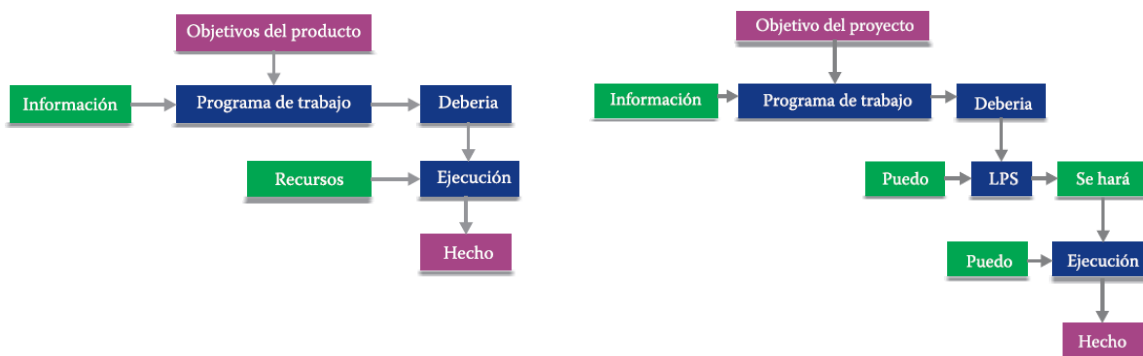


Figura 17. Planificación Tradicional vs Planificación Lean. Fuente: (Hernán Porras Díaz, 2014).

2.2.3.11.1 Metodología del Last Planner System

La herramienta de Last Planner System limita a la planeación a corto plazo con la finalidad de asignar trabajos que garanticen una seguridad de que serán cumplidos y a través del cumplimiento de las programaciones cortas se pueda cumplir la programación a largo plazo. Está demostrado que las planeaciones con un horizonte muy grande generalmente no se cumplen y existe desconfianza sobre esta; ya que los trabajos en obra tiende a desviarse de la programación a unos días de haber empezado. Ballard buscaba que este sistema no sea solo una herramienta de programación sino también de control, por lo cual también adjunta un porcentaje para conocer el cumplimiento de las programaciones semanales y medir la eficiencia de la programación (Martínez B. G., 2018).

Para Botero y Luis Fernando la planificación en una obra con el Last Planner tiene la siguiente estructura:

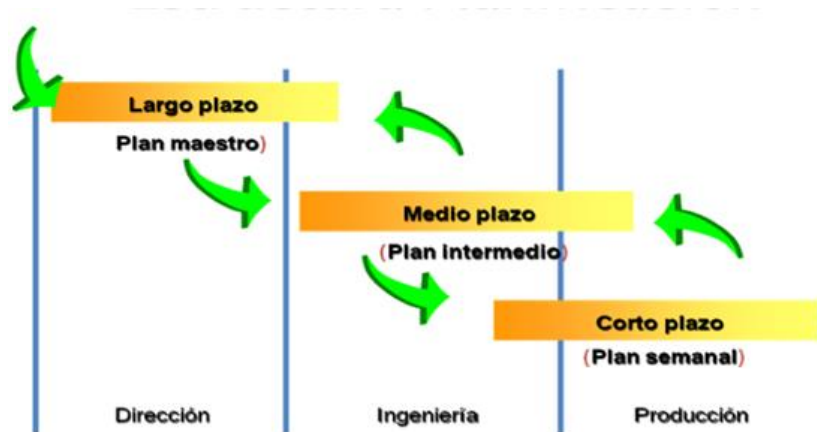


Figura 18. Estructura de Planificación. Fuente: (Zúñiga, 2011).

Toda obra parte de un Plan Maestro (WorkFlow) en donde se realiza la programación general de obra con tiempos, recursos y restricciones a largo plazo, generalmente está bajo una dirección (ver figura 18). Pero de manera táctica, se realiza la Programación intermedia (Look Ahead) en donde se realiza la programación a seis o cinco semanas basada en el Plan Maestro prediciendo las posibles restricciones de mano de obra, materiales y equipos, prerequisites, contrataciones, etc. que se puedan presentar en el mediano plazo, con el ánimo de liberarlas para que se puedan completar las actividades sin ningún inconveniente reduciendo de manera considerable la incertidumbre. Adicional a esto, se realiza de manera consecutiva la programación semanal o Last Planner último Planificador), en donde se asignan las actividades de la planificación intermedia de manera específica para dar cumplimiento al plan maestro (Zuñiga, 2011)

2.2.3.11.1.1 Plan Maestro

La planificación maestra es la programación de todas las actividades necesarias para realizar la construcción de los elementos estructurales, arquitectónicos entre otros que hacen parte del proyecto. La planificación maestra se hace en forma de diagrama de

Gantt, estableciendo los tiempos de todas las tareas necesarias para culminar las etapas de construcción en los proyectos (Martínez B. G., 2018).

Esta programación es la base para todo el sistema Last Planner, ya que de esta se desprenderán las programaciones de mediano y corto plazo, por lo tanto es muy importante que esta se realice teniendo en cuenta el desempeño real de la empresa en obra (Tejeda, 2014).

En la filosofía Lean Construction recomiendan usar la técnica de línea de balance para planificar las actividades a realizar durante el proceso de ejecución de la obra. Esta técnica surgió en la década de los cuarenta.

La Línea de Balance es una técnica de planificación que nos permite mostrar cada actividad a realizarse en un proyecto de construcción como una sola línea en vez de una serie de actividades como se haría en un diagrama de barras, resultante de CPM, PDM o PERT. Este método es recomendable para el caso de proyectos repetitivos, ya sea un edificio o varias unidades de viviendas que requieren el mismo tipo de trabajo a lo largo de todo el proceso de producción (Tejeda, 2014).

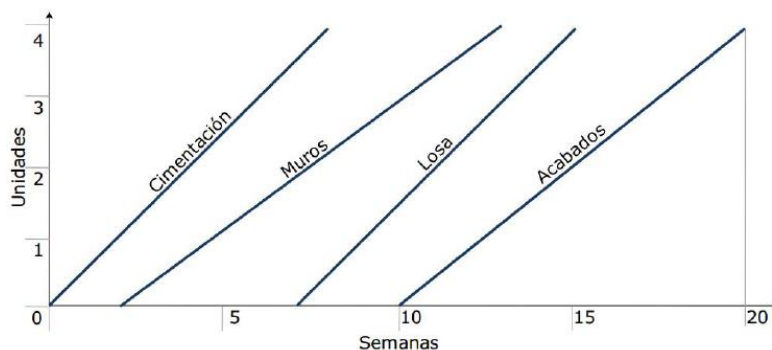


Figura 19. Ejemplo de Programa de construcción de una vivienda por líneas de balance. Fuente: (Tejeda, 2014).

2.2.3.11.1.2 Plan intermedio

Su principal objetivo es controlar el flujo de trabajo, entendiéndose como flujo de trabajo la coordinación de diseño (planos), proveedores (materiales y equipos), recurso humano, información y requisitos previos, que son necesarios para que la cuadrilla cumpla su trabajo. Además, en esta etapa se debe descomponer las actividades del Programa Maestro en paquetes de programas y operaciones de trabajo de más fácil manejo, desarrollar métodos detallados para la ejecución del trabajo, mantener un inventario de trabajo ejecutable, poner al día y revisar los programas del nivel superior (Gutiérrez, 2017).

En este tipo de planificación se usa la técnica del *Pull Planning* o *Phase Plan*. Esta técnica consiste en una planificación colaborativa, transparente y flexible, que ayuda a eliminar la sobreproducción. Esta técnica tiene como finalidad realizar una planificación desde el término de una actividad hacia atrás, con la participación de todos los involucrados en el proyecto. Esta herramienta requiere que los participantes tengan varias reuniones en la etapa de planificación de la obra, de tal forma que los trabajos se encuentren equilibrados y puedan ser repetitivos, la finalidad es poder controlar, ajustar y mejorar cada actividad de tal forma que exista una mayor eficiencia durante la ejecución de los trabajos (Martínez B. G., 2018).

La planificación de la fase se realiza bajo técnicas “pull” (realizar solo el trabajo que sea necesario para una actividad sucesora), para esto se inicia la planificación desde la fecha de entrega hacia atrás, logrando así realizar solo el trabajo que será necesario para trabajos inmediatamente siguientes, con esto se logra enfocarnos en los trabajos que agregan valor y reducir la sobreproducción (uno de los 8 tipos de desperdicios) que genera inventario de trabajo ejecutable (Tejeda, 2014).

La metodología establecida por el LCI para realizar la programación por fases se basa en hojas o post it que se colocan a lo largo de una pizarra en la cual se detallan las fases y el tiempo del proyecto, cada post it representa una actividad o restricción que debe ser liberada para poder continuar con los trabajos, estos se colocan en la pizarra con un

responsable, una fecha de entrega y un requerimiento ya sea de trabajo o información (Tejeda, 2014).

Descripción del proceso de la planificación por fases (Tejeda, 2014)

Según Alarcón, se sigue el siguiente proceso:

1. Definir la estructura
2. Armar el panel
3. Desarrollar la planificación
4. Reexaminar el programa
5. Revisar las restricciones
6. Cumplir los acuerdos

2.2.3.11.1.3 Plan semanal

La Planificación Semanal o Look Ahead Plan es la selección de tareas que se encuentran dentro del Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE) y que, como su nombre lo indica, se planifican para la semana de trabajo. Presenta un gran nivel de detalle y debe ser realizada por los supervisores de construcción que controlan directamente la ejecución del trabajo (Gutiérrez, 2017).

Los criterios que deben contener las asignaciones en este proceso para que puedan ser consideradas asignaciones de calidad, son los siguientes (Ayala, 2017):

- Información detallada
- Solidez
- Mejor secuencia
- Tamaño
- Aprendizaje (retroalimentación)

En el plan semanal existen técnicas para poder planificar con más exactitud el plan de trabajo la cual consiste en (Tejeda, 2014):

1. Inventario de trabajo ejecutable (Workable backlog): Cuando liberamos las restricciones de alguna actividad, esta actividad pasa inmediatamente a una lista de actividades que podemos ejecutar. Esta lista es el llamado inventario de trabajos ejecutables. En esta etapa, estamos pasando desde las actividades que se deben hacer, hacia las actividades que se pueden hacer.
2. Programación semanal (Weekly work plan): La programación semanal es un programa de corto plazo que se desprende del lookahead en el cual se ha hecho un análisis de restricciones previo para eliminar las restricciones y así asegurar que los trabajos que se vayan a programar puedan contar con los recursos necesarios, es decir se toman las actividades que fueron libradas de restricciones y por lo tanto formaban parte del ITE.
3. Programación diaria: La programación diaria es el último escalón en la metodología de planificación y programación que propone el sistema Last Planner dentro de la filosofía lean construction, esta programación se desglosa de la programación semanal, la cual es una programación de corto plazo, con la finalidad de ser transmitida a campo para que todos los equipos tengan claro las actividades que tienen que realizar en la jornada de trabajo.

Una vez realizada la planeación semanal el *Last Planner System* mide el cumplimiento de lo programado en el plan mediante el porcentaje de programa cumplido, el cual compara lo que se planteó hacer según el plan de trabajo semanal con lo que realmente fue hecho en obra. El porcentaje de programa cumplido se obtiene calculando (Martínez B. G., 2018):

$$PAC = \frac{\text{Número de actividades cumplidas}}{\text{Número de actividades programadas}} \times 100\%$$

Se recomienda que antes de dar inicio a cada semana de trabajo, se deba realizar una reunión en la que asistan todos los involucrados en la ejecución de los trabajos en obra, con el objetivo de revisar y discutir el porcentaje de programa cumplido de la semana anterior, analizar las causas y posibles soluciones al incumplimiento de las tareas programadas (Martínez B. G., 2018).

2.2.3.12 Lean Project Delivery System

EL Sistema de Entrega de Proyectos Lean o Lean Project Delivery System (LPDS), la primera versión a nivel teórico fue desarrollado por Glenn Ballard y publicado por el *Lean Construction Institute* en el año 2000. LPDS se define como un proceso colaborativo para la gestión integral del proyecto, a lo largo de todo el ciclo de vida de este. Se emplea un equipo en todo el proceso para alinear fines, recursos y restricciones. Se trata de un enfoque por etapas que comprende la definición del proyecto, el diseño, el suministro, el montaje o ejecución y el uso y mantenimiento posterior del edificio instalaciones o infraestructura. El control de la producción, la estructuración del trabajo y el aprendizaje es algo que ocurre continuamente a lo largo de todo proyecto y cada fase contiene actividades e hitos que deben cumplirse a medida que este avanza. El propietario o cliente determina el costo permitido del proyecto, que es la cantidad máxima que el modelo de negocio puede soportar. La misión del equipo es entender y ofrecer el mejor valor para el cliente y eliminar todas las actividades que no añaden valor (Achell, 2014) .

El objetivo principal del sistema LPDS es desarrollar teorías, reglas y herramientas para la gestión de los proyectos. La gestión de proyectos Lean difiere de la gestión tradicional no solo en los objetivos perseguidos, las diferencias más notables son la estructura de las fases, la relación entre estas y quien participa en ellas. Con el modelo LPDS la filosofía *Lean construction* abarca toda la vida del proyecto de construcción, y al integrar la fase de diseño con la de producción, une todos los agentes que intervienen en un proceso continuo de colaboración, cuyo objetivo es generar valor al proyecto para el cliente.

El modelo teórico de LPDS se describe en la Figura 20 como un conjunto de cinco fases y once etapas de desarrollo práctico que son controladas por un módulo de aprendizaje continuo para ir aprendiendo de los errores cometidos en cada etapa de aplicación de LPDS al proyecto (Hernán Porras Díaz, 2014).

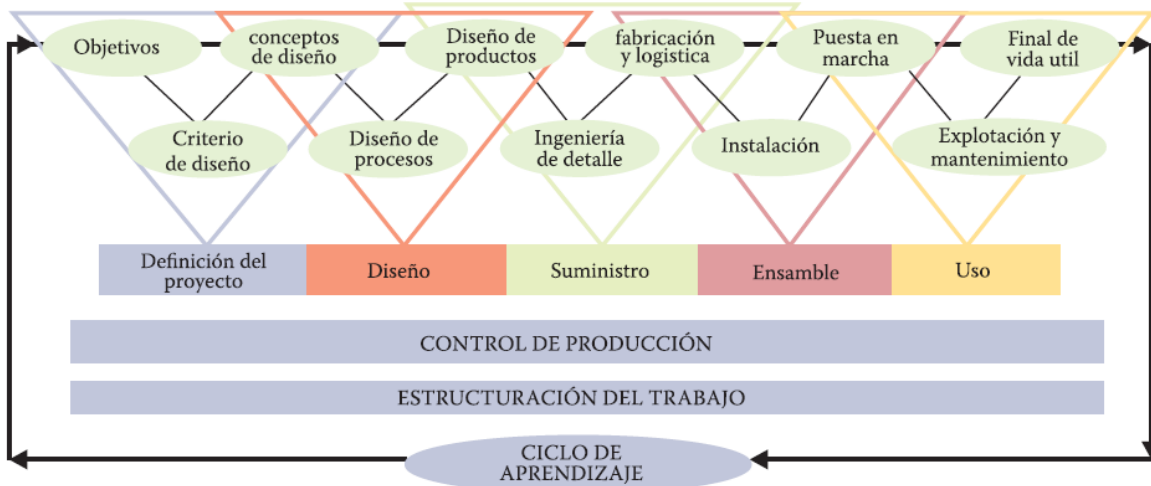


Figura 20. Lean Project Delivery System. Fuente: (Hernán Porras Díaz, 2014).

Tradicionalmente, los proyectos han sido entendidos en términos de fases, por ejemplo: pre-diseño, diseño, contratación y ejecución. Algunas de las principales diferencias entre la ejecución de un proyecto tradicional y uno según el *Lean Project Delivery System* se refieren a la definición de las fases, la relación entre fases y los participantes en cada una de ellas (Achell, 2014).

A continuación se describe de manera breve los conceptos que componen un modelo de LPDS:

Estructuración del trabajo: Es un término creado por Lean Construction Institute para indicar el desarrollo de la operación y el diseño del proceso en alineación con el diseño del producto, la estructura de las cadenas de suministro, la asignación de recursos y los esfuerzos de diseño para el ensamblaje. El propósito de la estructuración del trabajo es hacer que el flujo de trabajo sea más confiable y rápido a la vez que se entrega valor al cliente (Ballard, 2000).

Control de Producción: El control de producción rige la ejecución de planes y se extiende a lo largo de un proyecto. "Control" en primer lugar significa causar un futuro deseado en lugar de identificar variaciones entre el plan y lo real. El control de producción consiste en el control del flujo de trabajo y el control de la unidad de producción. El control del flujo de trabajo se realiza principalmente a través del proceso de búsqueda anticipada.

El control de la unidad de producción se realiza principalmente a través de la planificación semanal del trabajo.

Definición del Proyecto: Comprende tres fases como los objetivos, conceptos de diseño y criterio de diseño. La primera etapa comprende el análisis y estudio de las necesidades de los clientes finales, es decir lo que desea el cliente; la siguiente etapa engloba los criterios de diseño, o sea, las pautas que deben seguirse para la concepción del proyecto, por ejemplo las normas técnicas de construcción. Finalmente, en la última etapa, empiezan a surgir las primeras ideas, que plasmadas en esquemas o anteproyectos dan forma al diseño conceptual (Hernán Porras Díaz, 2014).

Diseño: En esta fase se desarrolla el diseño conceptual del producto que se planteó durante la definición del proyecto con el fin de obtener el diseño definitivo y, al mismo tiempo, establecer el proceso constructivo que se plantea en la etapa de diseño, todo esto verificando las necesidades del cliente y optimizando al máximo los recursos (Hernán Porras Díaz, 2014).

Suministro: El suministro *Lean* consiste en ingeniería de detalle, fabricación y entrega, lo que requiere como prerrequisito indispensable el diseño del producto y del proceso para que el sistema conozca con detalle lo que debe producir y cuándo entregar esos componentes. Los planes de la cadena de suministro están diseñados para facilitar la entrega *Just-in-Time* de materiales a la obra. La filosofía detrás de estos acuerdos es suministrar sólo lo necesario, puntualmente en el tiempo requerido, solo en la cantidad necesaria (Achell, 2014).

Ensamble: El ensamblaje o ejecución de obra *Lean* se inicia con la entrega de información, materiales, mano de obra, herramientas, o componentes necesarios para la ejecución en la obra o instalación y termina con la finalización de las instalaciones y puesta en marcha del edificio o infraestructura (Achell, 2014).

Uso: El ensamblaje concluye cuando el cliente tiene un uso beneficioso de la instalación o edificio, que por regla general se produce después de la entrega y puesta en marcha del edificio, instalación o infraestructura. Esta fase termina con el cierre de la obra, los retoques definitivos, y la explotación y mantenimiento del edificio o instalaciones (Achell, 2014).

2.2.3.13 Integrated Project Delivery

IPD es una evolución del *LPDS* que además incorpora los diferentes niveles de colaboración y modelos de contrato entre múltiples partes. La gestión y ejecución integrada del proyecto o *IPD* es un enfoque de la ejecución de proyectos que integra personas, sistemas, estructuras y prácticas empresariales en un proceso que aprovecha colaborativamente el talento y los puntos de vista de todos los participantes para optimizar los resultados del proyecto, aumentar el valor para el cliente, reducir el desperdicio y maximizar la eficiencia en todas las fases de diseño, fabricación y construcción (Achell, 2014).



Figura 21. Actores o agentes sociales que integra el IPD. Fuente: (Achell, 2014).

Para lograr los beneficios del IPD requiere que todos los participantes abracen los siguientes principios del Integrated Project Delivery (Architects, 2007):

1. Respeto mutuo y la confianza
2. Beneficio mutuo y recompensa
3. Innovación colaborativa y toma de decisiones
4. La participación temprana de participantes clave
5. Definición temprana de los objetivos

6. Planificación intensificada
7. Comunicación abierta
8. Tecnología apropiada
9. Organización y liderazgo

La razón por la cual el modelo IPD se distingue de los demás es que integra al propietario, el equipo de diseño y al contratista, desde la etapa de diseño inicial hasta la finalización de la misma, la clave para lograr ejecutar un proyecto IPD con éxito es la conformación de un equipo de trabajo que se comprometa en el proceso colaborativo y sea capaz de trabajar mancomunadamente y de manera eficaz (Hernán Porrás Díaz, 2014).

La clave del éxito del *IPD* es la creación de un equipo que esté comprometido con los procesos de colaboración y cuyos miembros sean capaces de trabajar juntos de manera efectiva. Las funciones que deben desempeñar los miembros del equipo IPD para lograr el éxito del proyecto son las siguientes (Achell, 2014):

- Identificar en el momento más temprano posible los roles de los participantes que son más importantes para el proyecto.
- Precalificar a los miembros (individuos y empresas) del equipo.
- Tener en cuenta los intereses comunes y buscar la participación de partes adicionales seleccionadas, como funcionarios de la administración, empresas locales de servicios públicos, compañías de seguros y otras partes interesadas.
- Definir de manera mutua y comprensible los valores, intereses, metas y objetivos de los actores participantes.
- Identificar la estructura organizativa y de negocio que mejor se adapte al *IPD* de manera que sea coherente con las necesidades y limitaciones de los participantes. La elección no debe estar sujeta estrictamente a los métodos tradicionales de entrega de proyectos, sino que debe adaptarse de forma flexible al proyecto.
- Desarrollar acuerdos del proyecto para definir las funciones y responsabilidades de los participantes. Los acuerdos del proyecto deben estar sincronizados para asegurar que las funciones y responsabilidades de las partes se definan de forma

idéntica en todos los acuerdos y sean compatibles con los modelos organizativos y de negocio acordados. Las principales disposiciones relativas a la indemnización, la obligación y la asignación de riesgos deben estar claramente definidas y deben alentar la comunicación y la colaboración

A continuación se presenta la comparación de un modelo tradicional de diseño contra el modelo del IPD:

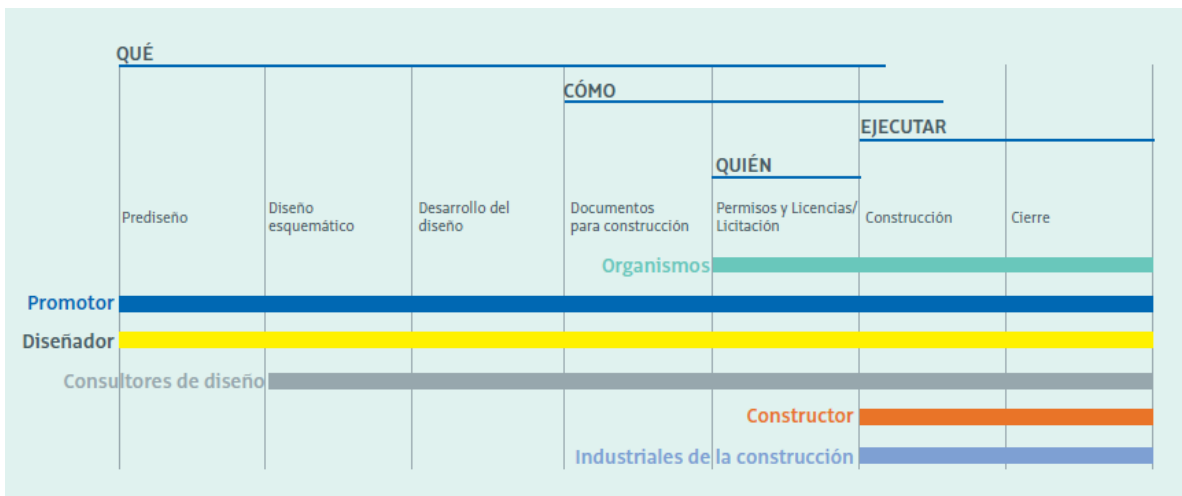


Figura 22. Proceso tradicional del diseño. Fuente: (Achell, 2014).

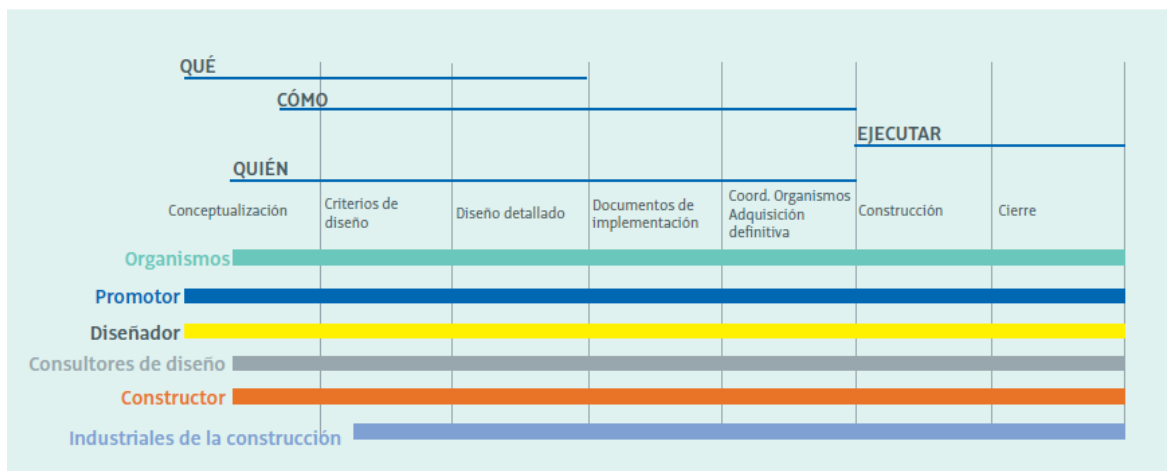


Figura 23. Proceso integrado del diseño. Fuente: (Achell, 2014).

2.2.3.14 Building Information Modeling

Building Information Modeling (BIM) o modelado de información del edificio es el proceso de generación y modelado de datos de la construcción durante todo su ciclo de vida. Es también una herramienta y un proceso que aumenta la productividad y precisión en el diseño y construcción de edificios. Para el modelado dinámico de la construcción BIM utiliza el software en tres dimensiones y opera en tiempo real con la disponibilidad continua de diseño del proyecto, alcance, cronograma, y la información de costos que debe ser de alta calidad, fiable, integrada y totalmente coordinada. Todo el proceso produce el modelo del edificio, abarcando su geometría, información geográfica, las cantidades de obra y las propiedades de los componentes del edificio (Hernán Porrás Díaz, 2014).



Figura 24. Elementos del BIM.

Fuente: (Achell, 2014).

Como el principio fundamental de “Lean” es reducir o eliminar residuos, el BIM aborda muchos aspectos de los residuos que se producen, primero en las fases de diseño, y luego en la fase de construcción. A medida que el concepto de diseño se desarrolla, diseñadores, propietarios y constructores pueden tomar decisiones que eviten concentraciones de residuos en obra. Las revisiones tradicionales del proceso constructivo sin usar BIM consumen tiempo que se traducen en gastos (Hernán Porrás Díaz, 2014).

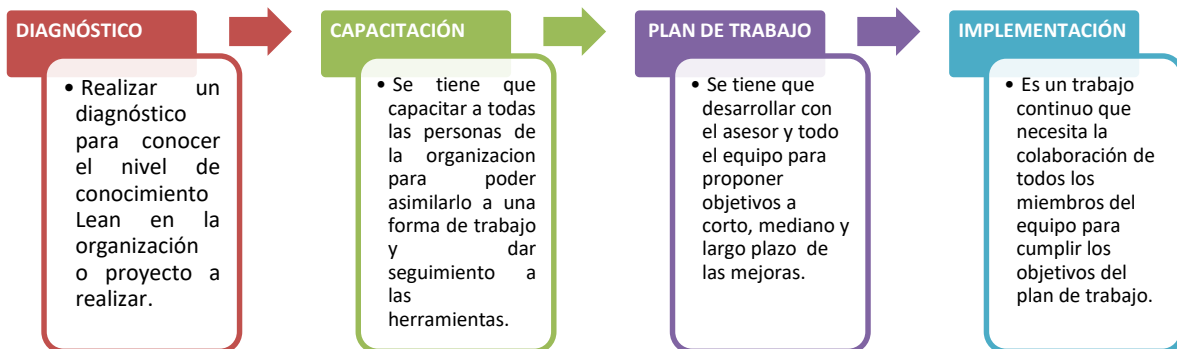
La metodología BIM y la Lean construction van unidas y no se entiende una sin la otra, puesto que ambas persiguen hacer de la construcción un sector mucho más eficiente en todo el mundo. Como se ha mencionado las ventajas de unir estas dos herramientas son muchas entre ellas destacan (Martínez B. G., 2018):

- Transparencia en los procesos de construcción.
- Aumento de la eficiencia de tiempo.
- Detalle mejorado.
- Mayor logística en la obra.
- Diminución de pérdidas.
- Disminución de la variabilidad.
- Prevención de errores constructivos.
- Simplificación de proceso.

Son muchas las ventajas que existen en la utilización de estas dos herramientas. La metodología BIM facilita la pre-construcción virtual de cualquier edificación anticipando la detección de interferencias, colisiones e incoherencias. La utilización de BIM supone un aumento en nuestra productividad y, por tanto, una reducción de costos (Martínez B. G., 2018).

CAPÍTULO III IMPLEMENTACIÓN

El camino para implementar la filosofía Lean Construction de manera exitosa a una empresa son los siguientes (Leonidas Uzcategui, 2019):



3.1 Beneficios de implementar Lean Construction

Los beneficios que reportan investigadores de varios países al implementar la filosofía a una empresa de construcción son favorables. El objetivo de la filosofía es certera en hacer la recomendación sobre la reducción de los desperdicios que se encuentran en la obra y en todo el nivel organizacional de la empresa, es decir aquellos que no agregan valor y aumentar la eficiencia con la mejora continua.

Beneficios de Lean Construction. Fuente: (McGraw Hill Construction, 2013)

- Mejoras en la seguridad
- Mayor satisfacción del cliente
- Alta calidad en la construcción
- Reducción de tiempo de ejecución
- Mayor productividad
- Reducción de costos
- Mejor gestión de riesgos
- Reducción de desperdicio

La implementación de la metodología es flexible al hacer que en algunas empresas de un sector definido de la construcción funcionen o logren beneficios con el uso de unas cuantas herramientas y principios indicados.

Muchos empresarios de la industria de la construcción han manifestado su preocupación y también desconocimiento sobre la dificultad y el costo de implantar *Lean Construction*. *Lean* no está basado en inversiones caras de tecnología ni *software*. Las primeras etapas de implantación de *Lean Construction* se pueden llevar a cabo con los recursos propios que dispone actualmente la empresa, ya que las oportunidades de mejora al comienzo de la implantación son por regla general muy altas. No obstante, *Lean* abraza también la tecnología, pero la inversión debe venir acompañada de los resultados y beneficios obtenidos durante las primeras fases de implantación, y una vez se tome la decisión de adoptar una nueva tecnología, debemos asegurarnos de que sea fiable, que esté absolutamente probada y que dé servicio a los empleados y a sus procesos (Achell, 2014).

La implementación de la nueva filosofía se puede iniciar con diferentes niveles de ambición. Es un proceso de aprendizaje y cambio multidimensional, que se puede iniciar con solo algunos principios y técnicas. Si se logran institucionalizar con éxito, la adopción de otros principios será más fácilmente aceptada. Dada la relativamente alta proporción de residuos en la construcción en la actualidad, es evidente que se pueden lograr avances notables en la mayoría de las organizaciones, incluso con esfuerzos iniciales bien dirigidos. La espera de una consolidación de la construcción y la metodología de implementación específica, no es una excusa para seguir las rutinas anteriores (Koskela, 1992).

Existen varios prerrequisitos necesarios para que puedan aplicarse los principios lean en las empresas constructoras (Coyopai, 2015):

- Voluntad de cambio.
- Un compromiso con la formación y el aprendizaje.
- Se necesita una cultura orientada a la calidad.

- Tener una "visión compartida " dentro de la empresa, es decir que todos los integrantes de ésta se dirijan hacia un mismo objetivo común.
- Un compromiso con la reducción o eliminación de las pérdidas y un compromiso con la mejora de la seguridad.
- Relaciones de estrecha colaboración.

Es un proceso a largo plazo en el cual se deben desarrollar progresivamente las capacidades específicas necesarias en torno a los Principios Lean Construction, a través de estrategias planificadas y alineadas con los objetivos de la empresa, asegurándose que se adoptan de forma adecuada y brindan los beneficios esperados de manera sostenible (Becerra, 2016).

3.2 Barreras para la implementación

Varias investigaciones se han realizado en diferentes países con el tema de la implementación de la filosofía Lean en las empresas constructoras, con el objetivo de medir el desempeño de las herramientas que la constituyen y además buscar factores que podrían afectar la implementación.

En el Reino Unido en el año 2015 la Universidad de Salford de Manchester realizó una investigación con el objetivo de buscar los desafíos que enfrenta la aplicación de los principios Lean en la industria de la construcción. Los resultados fueron los siguientes (Bashir, 2015):

1. Cambio de la cultura laboral de los empleados
2. Falta de previsión e inversión a largo plazo
3. Tiempo de implementación largo
4. Costo de implementación
5. Conceptos erróneos sobre Lean
6. Altas expectativas de la gerencia
7. Falta de conocimiento Lean
8. Complejidad
9. Falta de cooperación de los empleados
10. Falta de incentivos

Por otra parte en los Estados Unidos en el año 2013 McGraw Hill Construction publicó según sus estudios algunos desafíos y barreras más frecuentes en empresas que implementaron la filosofía Lean (McGraw Hill Construction, 2013):

1. Falta de conocimiento (47%)
2. Falta de apoyo suficiente a través del equipo de proyecto (43%)
3. Percepción de que Lean es demasiado complejo (40%)
4. Resistencia al cambio de los empleados (40%)
5. Falta de apoyo de la Industria/Comprensión de Lean (39%)
6. Percepción de que Lean absorberá demasiado tiempo (31%)
7. Falta de normas o estándares (19%)
8. Preocupación por la rentabilidad a través de la transición hacia Lean (9%)
9. Reticencias sindicales (5%)

El sector de la construcción necesita también un cambio de actitud, sobre todo a nivel de cultura, en cuanto a la gestión de la empresa y el negocio, ya que históricamente ha sido un sector muy tradicional. Invertir una parte de los beneficios en formación, innovación y servicios externos de consultoría también es una asignatura pendiente cuando hablamos de construcción. Saber adaptarse a los cambios rápidamente y ser flexible es uno de los aspectos que marcan la diferencia entre aquellas empresas que sobreviven y crecen, incluso durante las épocas de crisis, y aquellas que desaparecen. Si la empresa no dispone de muchos recursos, se puede empezar con un proyecto piloto en un área determinada para asegurar el éxito inicial y, a partir de ahí, replicar el sistema en las demás áreas y proyectos y más adelante extenderlo al resto de la cadena de suministro (Achell, 2014).

En México aún no se dispone con un estudio específico que englobe los problemas o barreras que más se presentan en las empresas constructoras al implementar esta filosofía a la gestión de sus proyectos.

3.3 Modelos de madurez

La implementación de los principios Lean en las empresas constructoras tiene muchas barreras que impiden lograr el buen funcionamiento interno en la gestión de sus proyectos por lo que surge la necesidad de evaluar el desempeño de la implementación de este sistema además de conocer las barreras, fortalezas o debilidades que se presentan en las empresas constructoras de nuestro país, como lo ha sucedido en las demás empresas de otros países donde implementan con éxito esta filosofía Lean. Para ello se apoya de los Modelos de Madurez con lo cual a través de ellos se puedan establecer objetivos, a ser una organización más productiva y consolidar mejor la filosofía Lean en las empresas.

La madurez es aquel estado de máximo desarrollo, o un estado de excelencia, y un modelo de madurez evalúa el logro de dicha excelencia, está organizado en un conjunto de procesos organizados en niveles de madurez, donde cada uno de ellos se basa en el logro del nivel anterior, con lo que la plena madurez es una progresión gradual lineal. El modelo de madurez permite disponer de información comparativa que puede ser usada para trazar un plan de desarrollo organizacional, así como identificar las fortalezas y debilidades de la organización con respecto a sus áreas de proceso. La utilidad de los modelos de madurez en el campo de la gestión de proyectos es propiciar un mejor desempeño de los proyectos (Sandra Cano, 2015).

Los modelos de madurez son una herramienta que brinda información y un conocimiento del estado actual, las fortalezas y debilidades y una visión clara del estado deseado respecto al desarrollo de Lean Construction, pudiendo priorizar los esfuerzos de mejora y planificarlos de manera estratégica (Becerra, 2016).

Los beneficios que un modelo de madurez proporciona a las organizaciones son (Oscar Montaña Arango, s/f):

- Permitir realizar un benchmarking con otras organizaciones internas o externas.
- Permitir a un externo interesado tener certeza sobre el potencial de una organización.

- Ofrecer un camino de mejora.
- La posibilidad de evolucionar permanentemente.
- Una mejora en la calidad de sus resultados.
- Que la empresa se haga más consciente de su integración en sistemas más amplios y produzca una implicación mayor con su entorno y desarrollo.
- El desarrollo de las personas que participan en el futuro de la empresa.

CAPÍTULO IV MÉTODOS Y ANÁLISIS

4.1 Consideraciones generales

En este capítulo se describe la metodología de investigación para realizar la encuesta a través de un modelo de madurez que se le aplicará a empresas que implementen los principios de la filosofía Lean en la gestión de sus proyectos con el objetivo de conocer barreras, debilidades y fortalezas en su implementación. Para ello se utilizará información de base teórica de la literatura recopiladas en el marco teórico y posteriormente de la investigación de campo.

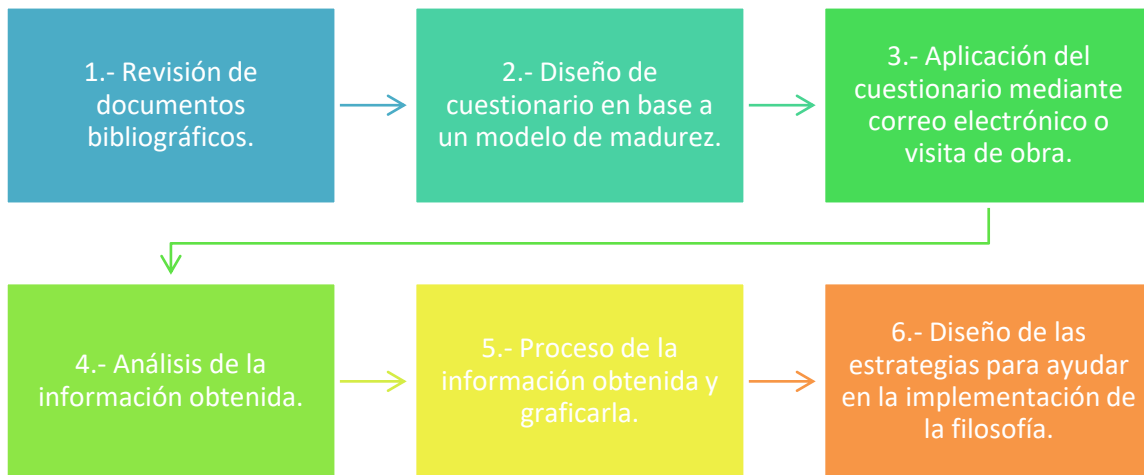
Para la presente investigación se utilizará el método cualitativo ya que estudia aspectos con la cualidad de actividades, relaciones, instrumentos, etc., buscando regularidades y relaciones causales entre fenómenos en un ambiente natural y en relación con su contexto. Para obtener las mediciones de la implementación en una empresa se desarrollará una encuesta con preguntas formuladas en base a los principios que conlleva la filosofía Lean Construction. Con los datos recabados se determinarán estrategias para afrontar los obstáculos que más se presentan durante la implementación.

Se enviará las encuestas por correo electrónico a gerentes de empresas constructoras orientadas al sector de la edificación, ya que constituye una parte importante en la industria de la construcción, mayormente esta filosofía se está implementando en su mayoría por este tipo de empresas por ser una filosofía en producción en serie, convencionales y debido a que en varios países han tenido éxito en este tipo de empresas, sin embargo la influencia de Lean también ha sido analizada en otros sectores.

Se busca que el gerente sea un profesional de arquitectura o ingeniería civil con experiencia basta en su empresa o el responsable del desarrollo Lean en la empresa. Además se realizará visitas de obra con la finalidad de obtener más encuestas respondidas desde otra perspectiva por el personal directo en obra como el superintendente o gerente de construcción.

4.2 Metodología y selección

La metodología a seguir se desarrolla de manera secuencial cuidando que los objetivos de la investigación se cumplan:



Como se puede observar el esquema de la presente investigación se desarrolla en 6 pasos importantes. En la primera parte se consultó varias fuentes bibliográficas para entender conceptos relacionados a la filosofía de Lean Construction y sobre todo en conocer los principales principios para que en base a ello se realice un modelo de madurez resultando un cuestionario para su posterior aplicación a ciertas empresas.

En la parte dos es la realización de un cuestionario con preguntas formuladas en base a los principios planteados por Diekmann et al⁹ la cual es la parte más importante de la investigación, ya que a través de ello se podrán conocer las principales barreras que afectan la implementación de la filosofía y a partir de ello plantear algunas estrategias para su minimización. En la parte tres se tiene contemplado la aplicación del cuestionario a través de correos electrónicos conseguidos con ayuda del Instituto Lean Construction

⁹ Diekmann, J. E., Krewedl, M., Balonick, J., Stewart, T. & Won, W. (2004). *Application of Lean Manufacturing Principles to Construction, Research Report 191-11*. Austin, TX: CII/University of Texas at Austin

México y por visita a obra mediante entrevista de personal de campo. En la parte cuatro se analizará la información obtenida mediante las encuestas para categorizar los datos numéricos y con ello obtener el grado de implementación de cada principio o herramienta.

En la parte cinco se graficará la mayoría de las preguntas para poder comprender el estado actual en la que se encuentran las empresas encuestadas y obtener un promedio de relevancia a cada pregunta. Y por último se propondrán estrategias a nivel gerencial u organizacional para minimizar las barreras presentadas para poder desarrollar los principios Lean de manera adecuada.

4.3 Categorías adoptadas al modelo

Se decidió tomar como categoría del modelo de madurez de los principios propuestos por Diekmann et al¹⁰, en el 2004, rescatado del trabajo de (Becerra, 2016), cabe destacar que estos principios fueron propuestos, validados y aprobados por destacados expertos Lean junto con profesionales de la construcción. Están divididos en 5 principios principales y 16 sub-principios tal como se muestra en la tabla 2:

¹⁰ Diekmann, J. E., Krewedl, M., Balonick, J., Stewart, T. & Won, W. (2004). *Application of Lean Manufacturing Principles to Construction, Research Report 191-11*. Austin, TX: CII/University of Texas at Austin

| | |
|-------------------------------|---|
| Eliminación de desperdicios | <ul style="list-style-type: none"> • Optimización de la programación de la producción. • Gestión de la cadena de suministro. • Optimización del contenido de trabajo. • Optimización del sistema de producción. |
| Mejoramiento continuo/calidad | <ul style="list-style-type: none"> • Medición. • Aprendizaje organizacional. • Prevención de errores. • Respuesta a defectos. |
| Estandarización | <ul style="list-style-type: none"> • Definición de los procesos de trabajo. • Gestión visual. • Organización del lugar de trabajo. |
| Enfoque al cliente | <ul style="list-style-type: none"> • Optimización del valor. • Flexibilidad en los recursos. |
| Cultura/personas | <ul style="list-style-type: none"> • Involucramiento del personal. • Capacitación • Compromiso organizacional. |

Tabla 2. Elementos del modelo de madurez. Fuente: (Becerra, 2016).

4.4 Protocolo para evaluar el uso de prácticas Lean Construction

4.4.1 Diseño de la encuesta

El cuestionario (Apéndice 1), se diseñó apoyándose de los trabajos de (Becerra, 2016), Pereira¹¹ (2012) y Carvalho¹² (2008). De acuerdo a una investigación denominado “Critical analysis of Lean Construction measuring tools”¹³ del año 2018. El trabajo de Pereira fue la

¹¹ Pereira, M. (2012). Avaliação e Análise da Aplicação da Filosofia Lean em Empresas de Construção Civil da Região Metropolitana de Belo Horizonte (Tesis de Especialización). Escola de Engenharia da UFMG.

¹² Carvalho, B. S. (2008). Proposta de uma Ferramenta de Análise e Avaliação das Construtoras em Relação ao uso da Construção Enxuta (Tesis de Maestría). Universidade Federal do Paraná.

¹³ Lucena, A. E., & De Mori, L. M. (2018). Critical analysis of Lean Construction measuring tools. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, Vol. 15, No. 2, 311-321.

que obtuvo las mejores calificaciones de 6 trabajos con el mismo objetivo de medir el grado de aplicación de Lean en empresas de construcción. Destacando con las mejores puntuaciones en los temas de cuestionario y forma, sistema de respuesta, metodología de colección de datos y resultados. Por lo que resultó un trabajo eficiente, coherente y fácil de aplicar. Por otro lado el trabajo de Becerra se cuenta con el uso de los principios que destaca los principios usados en este trabajo. De igual forma ya se encuentra validado por un grupo de expertos con el conocimiento y experiencia en Lean Construction. En el trabajo de Carvalho (2008) se tomó como referencia el sistema para ponderar cada pregunta siendo la más viable de los 3 trabajos.

El cuestionario se diseñó de tal forma que sea rápido de contestar por parte del encuestador de la empresa y tener una mayor asertividad en cada pregunta. La encuesta se divide en 5 secciones tal como se describe a continuación:

- En la sección I contiene 18 preguntas, con el objetivo de conocer el tiempo ejercido de la implementación de la filosofía en la empresa, como evalúa su conocimiento en dicha filosofía, grado de interés de la empresa en trabajar con la filosofía, etc.
- En la sección II consta de 2 preguntas sobre las barreras que ha tenido la empresa en la implementación. Se describe algunas barreras encontradas en otras investigaciones en otros países con el fin de conocer si han tenido las mismas barreras o si se han presentado nuevas barreras.
- En la sección III se pretende conocer los beneficios que ha tenido la empresa en implementar Lean Construction en sus proyectos. Se dan 8 opciones que se han recopilado en otras investigaciones y una opción para describir algún beneficio diferente que se haya presentado.
- En la sección IV se pretende conocer las herramientas que se implementa, con el objetivo de conocer que herramientas usan más las empresas en la gestión de sus proyectos.
- En la sección V se pretende conocer el grado de madures de las empresas con la filosofía. Consta en 58 preguntas divididos en 5 categorías relacionadas con las 16 prácticas asociadas.

Las preguntas son objetivas por lo que contiene respuestas predefinidas para cada pregunta. El evaluador debe elegir la mejor alternativa que mejor se adecua al desempeño de su empresa, por lo que asigna una puntuación del 0 al 3, siendo el 0 el peor desempeño que tiene la empresa y 3 la máxima. Se ha establecido considerando los promedios aritméticos de los resultados por cada punto de vista diferente en cada uno de los principios analizados con la siguiente fórmula:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Dónde: $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$ = Grado de valoración del punto de vista de cada empresa.

n = Número de preguntas realizadas.

Fórmula de la media aritmética utilizada en el cuestionario para la evaluación de las constructoras con el uso de la filosofía de Lean Construction. Fuente: (Carvalho, 2008).

Se consideraron pesos iguales para todos los principios y para todas las preguntas, se pretende garantizar que todos los principios tengan igualdad de importancia en la Construcción Lean.

.Los resultados de esta media aritmética se expusieron en porcentajes de rendimiento. Por lo tanto, al término de la evaluación de la empresa se llega a la conclusión sobre un valor porcentual de desempeño en relación a la Construcción Lean, siendo cuanto mayor este valor mejor será su resultado. Por lo tanto, la clasificación sigue los siguientes criterios de rendimiento presentados en la siguiente tabla (Carvalho, 2008).

| NIVEL | SUBNIVEL | PORCENTAJE | CARACTERÍSTICA |
|-------|----------|------------|--|
| A | AAA | 95% a 100% | Búsqueda por la perfección en la construcción Lean. |
| | AA | 90% a 94% | |
| | A | 85% a 89% | |
| B | BBB | 80% a 84% | Conciencia y aprendizaje Lean. |
| | BB | 75% a 79% | |
| | B | 70% a 74% | |
| C | CCC | 65% a 69% | Enfoque en la calidad, pero bajo o ningún conocimiento en construcción Lean. |
| | CC | 60% a 64% | |
| | C | 55% a 59% | |
| D | DDD | 50% a 54% | Bajo enfoque en mejoras. Conocimiento nulo sobre construcción Lean. |
| | DD | 45% a 49% | |
| | D | 0 a 44% | |

Tabla 3. Clasificación de la empresa de acuerdo con el nivel de construcción Lean.

Fuente: (Carvalho, 2008).

4.4.2 Aplicación de la encuesta

Para esta investigación, se adoptó una técnica de muestreo intencional en las que sólo participan empresas constructoras que tienen implementado la filosofía Lean Construction en su gestión de sus proyectos sin importar su tamaño. Se identificó a las empresas con ayuda del Institute Lean Construction México ya que tiene afiliados a las empresas que gestionan sus proyectos en base a esta filosofía. En base a lo anterior la encuesta fue dirigido al personal de la empresa como: gerentes de obra y proyectos, superintendentes, residentes y supervisores internos. La aplicación del cuestionario en su mayoría fue por medio de correo electrónico.

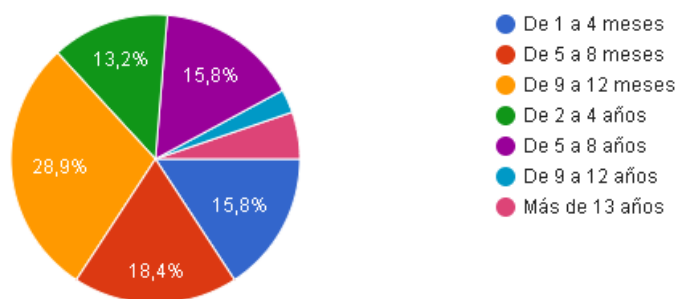
CAPÍTULO V PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Presentación de resultados

Los resultados obtenidos de la encuesta nos arrojaron los siguientes datos de acuerdo a la implementación de Lean Construction en empresas constructoras en el sector de la edificación en nuestro país. Para su mejor análisis la encuesta se dividió en 5 secciones: Datos generales (tiempo de implementación, reuniones, gestión de riesgos, etc.), beneficios obtenidos, barreras presentadas, herramientas lean utilizadas y clasificación del grado de madurez de las empresas.

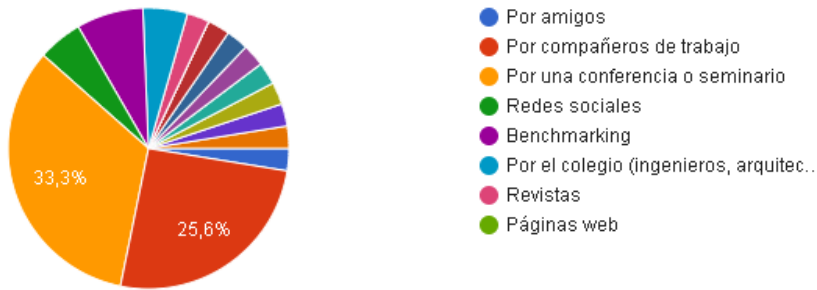
5.1.1 Datos generales

En la primera pregunta ¿Cuál es el periodo de ejercer la metodología Lean Construction en la empresa? El 28.9% de las empresas encuestadas afirmó que tiene un tiempo de implementación 9 a 12 meses. Mientras que el 18.4% de 5 a 8 meses de implementar Lean Construction a su gestión de proyectos. Seguidos con un 15.8% los periodos de 1 a 4 meses, de 5 a 8 años y por último de 2 a 4 años con un 13.2%. Por lo tanto se puede afirmar que la filosofía aún está siendo experimentada por la mayoría de las empresas encuestadas del sector de edificación.



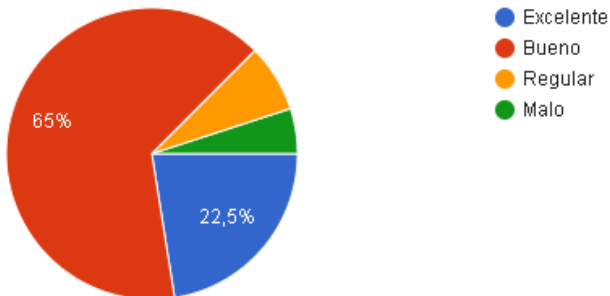
Gráfica 1. Periodo de ejercer la filosofía Lean Construction. Fuente propia.

Pregunta 2: ¿Cómo conoció la empresa a la filosofía Lean Construction? Con un 33.3% la mayoría de las empresas conoció a la filosofía a través de conferencias o seminarios, seguido con un 25.6% por compañeros de trabajo.



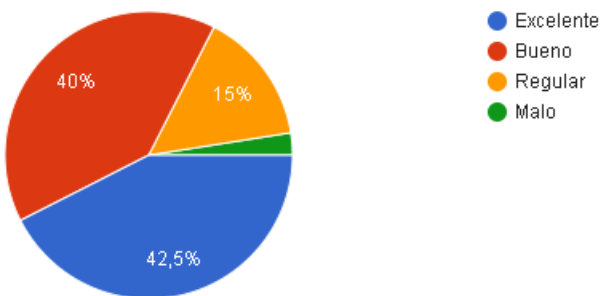
Gráfica 2. Como conocieron a la filosofía Lean Construction. Fuente propia.

Pregunta 3: ¿Cómo evalúa su conocimiento sobre Lean Construction? La mayoría de los encargados de liderar la filosofía en su empresa afirmó tener un buen conocimiento, seguido de excelente y bueno.



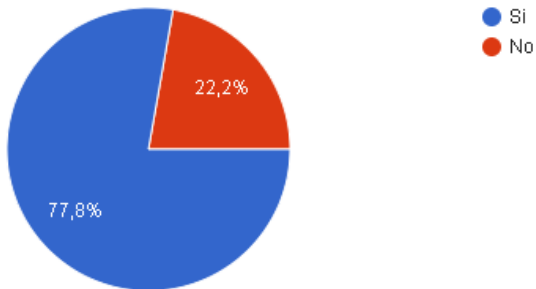
Gráfica 3. Conocimiento sobre Lean Construction. Fuente propia

Pregunta 4: ¿Cuál es el grado de interés de la empresa en trabajar con Lean Construction?



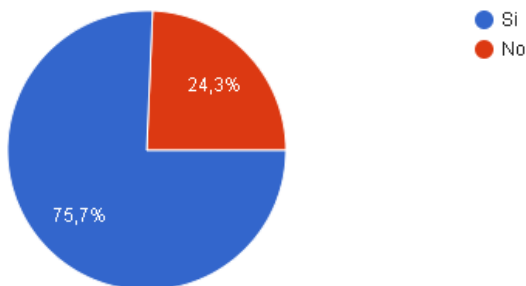
Gráfica 4. Grado de interés en trabajar con Lean Construction. Fuente Propia.

Pregunta 5: ¿El mando superior de la empresa se involucra a las actividades Lean?



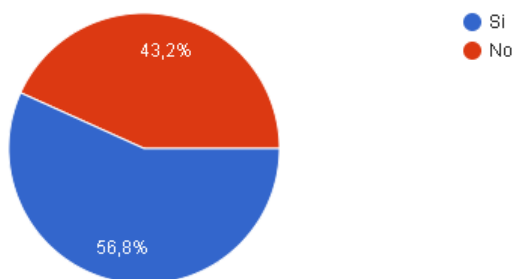
Gráfica 5. Involucración del mando superior. Fuente propia.

Pregunta 6: ¿Antes de utilizar Lean Construction usaban otra metodología de gestión de proyectos de construcción?



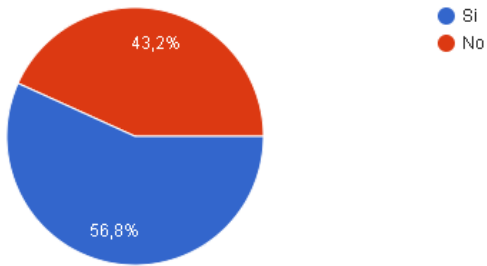
Gráfica 6. Otra metodología de gestión de proyectos. Fuente propia.

Pregunta 7: ¿Antes de empezar a implementar la filosofía o alguna herramienta Lean, hicieron alguna evaluación de su empresa para volverse Lean?



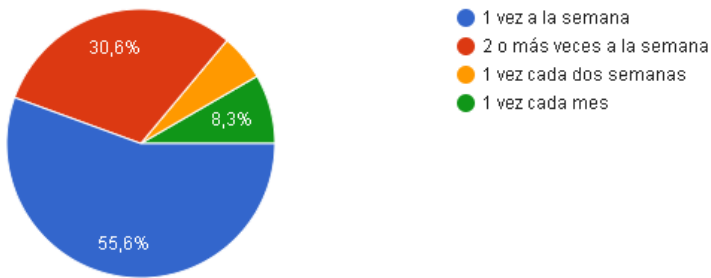
Gráfica 7. Evaluación interna antes de comenzar. Fuente propia.

Pregunta 8: ¿La empresa cuenta con un sensei o asesor externo experto en Lean para implementar la filosofía o alguna herramienta Lean?



Gráfica 8. Asesor externo para implementación. Fuente propia.

Pregunta 9: ¿Cada cuánto realizan las reuniones periódicas con el equipo de trabajo?



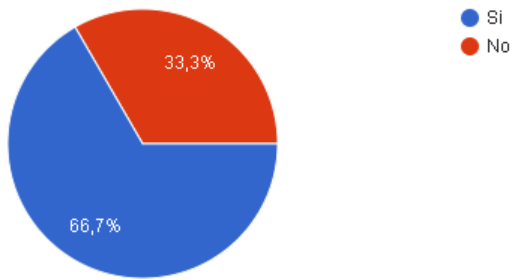
Gráfica 9. Frecuencia de las reuniones. Fuente propia.

Pregunta 10: ¿Qué revisan en sus reuniones?



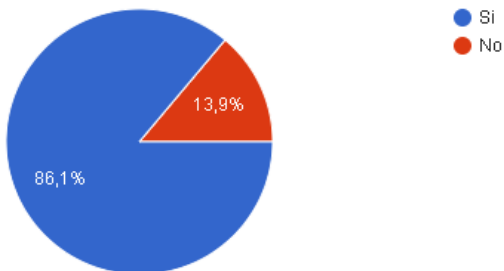
Gráfica 10. Indicadores en las reuniones. Fuente propia.

Pregunta 11: ¿Hacen reuniones de pie diarias?



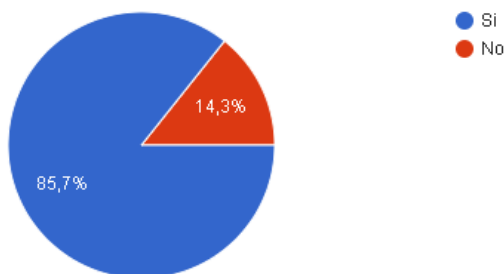
Gráfica 11. Empresas que realizan reuniones de pie diarias. Fuente propia.

Pregunta 12: ¿La empresa cuenta con un big room (espacio temporal o permanente donde se realizan las reuniones) en la obra?



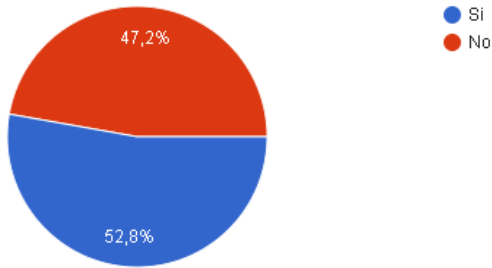
Gráfica 12. Empresas que cuentan con un big room. Fuente propia.

Pregunta 13: ¿La big room se mantiene organizada, ordenada y limpia?



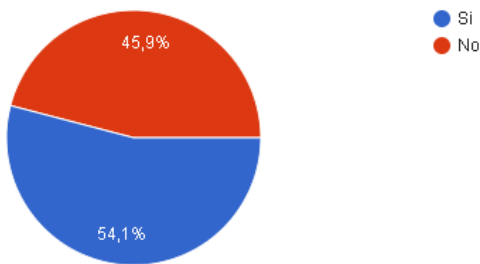
Gráfica 13. Empresas que tienen su big room organizada, ordenada y limpia. Fuente propia.

Pregunta 14: ¿En las reuniones usan el Parking Lot (si alguien interrumpe a la mitad de una reunión con otro tema importante, se escribe en un poster en la pared para discutirlo otro día)?



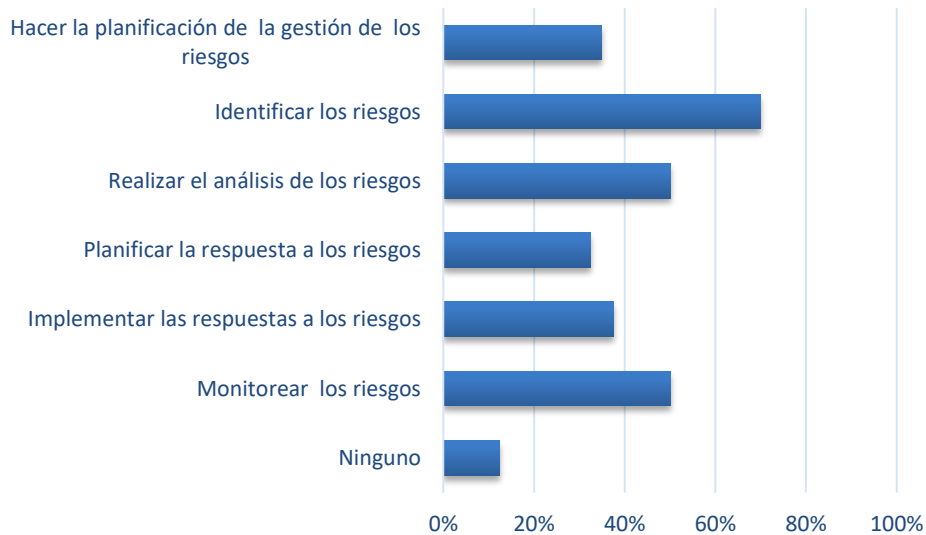
Gráfica 14. Empresas que usan la herramienta parking lot. Fuente propia.

Pregunta 15: ¿Utilizan la herramienta de pluses y deltas (se usa al final de la reunión y sirve para identificar lo que se hizo bien y las mejoras para la siguiente reunión)?



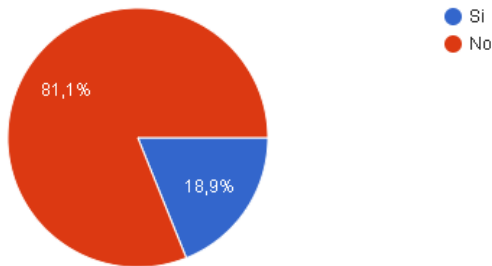
Gráfica 15. Empresas que usan la herramienta de pluses y deltas. Fuente propia.

Pregunta 16: Seleccione los procesos de Gestión de los Riesgos que realizan en la empresa para cada proyecto de construcción.



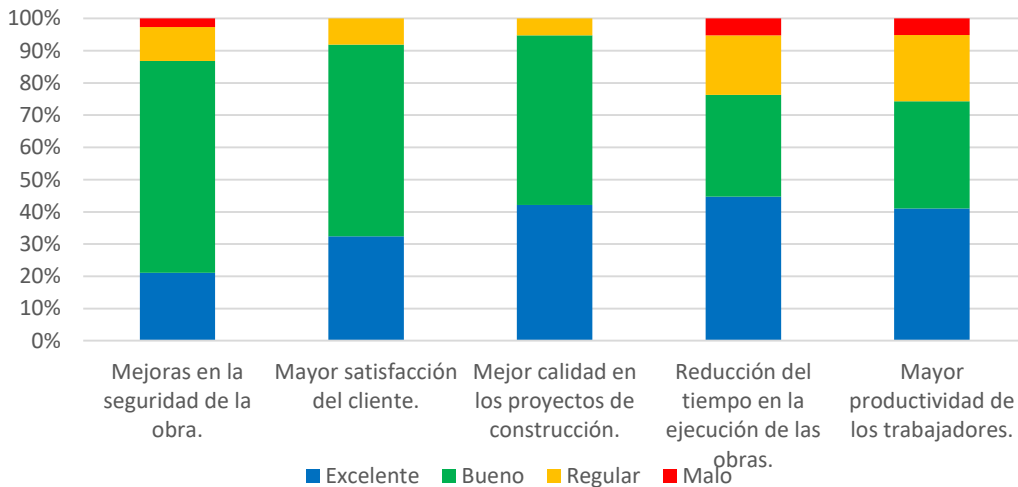
Gráfica 16. Procesos de gestión de riesgos. Fuente propia.

Pregunta 17: ¿Utilizan la metodología para el análisis de riesgos AMEF (Análisis Modo Efecto Fallos)?

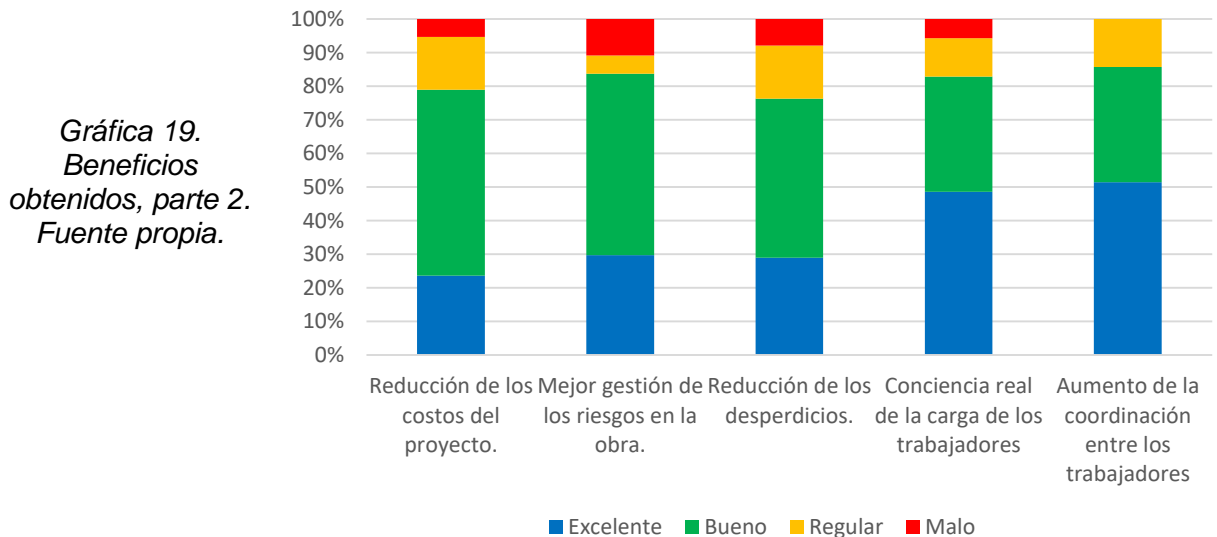


Gráfica 17. Empresas que usan la herramienta AMEF. Fuente propia.

5.1.2 Beneficios obtenidos.



Gráfica 18. Beneficios obtenidos, parte 1. Fuente propia.



Gráfica 19. Beneficios obtenidos, parte 2. Fuente propia.

Además algunas empresas mencionaron otros beneficios que han obtenido con su respectivo desempeño alcanzado:

| Bueno | Excelente | Regular |
|---|--|---|
| Confiabilidad de los datos | Mayor integración de los equipos | Se detecta a tiempo las restricciones |
| Planificación de alcance | Mejor conciencia de equipo, mayor control general de la obra y alto sentido de planeación y anticipación a posibles eventos positivos y negativos. | Trabajo colaborativo |
| Mayor participación de contratistas en las pull sessions con rendimientos y capacidades reales | Trabajo en equipo | Equipo en un mismo objetivo |
| Los clientes le ven valor al observar la organización de la empresa, los tableros de control y juntas diarias les dan una buena imagen y nos lo han mencionado, incluso han replicado algunas prácticas que realizamos. | Cambio en la cultura laboral en la construcción | Seguimiento de programa |
| Comunicación efectiva | Al trabajar en entorno colaborativo , aumenta el grado de involucramiento de todas las partes en el proyecto | No trabajar horas ni días extras al tener todo bien planificado |
| | Práctica de Lean que trasciende hasta la relación en sus hogares | Se trabaja ordenadamente |

5.1.3 Barreras presentadas

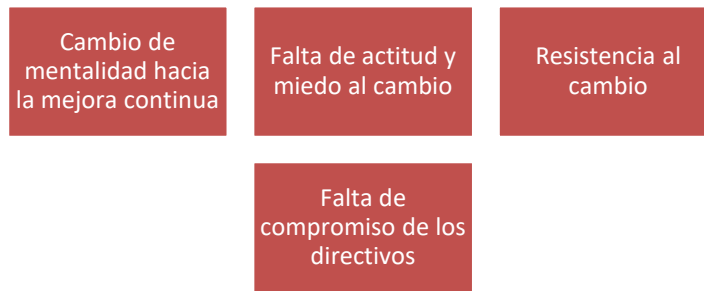


Gráfica 20. Barreras presentadas, parte 1. Fuente propia.



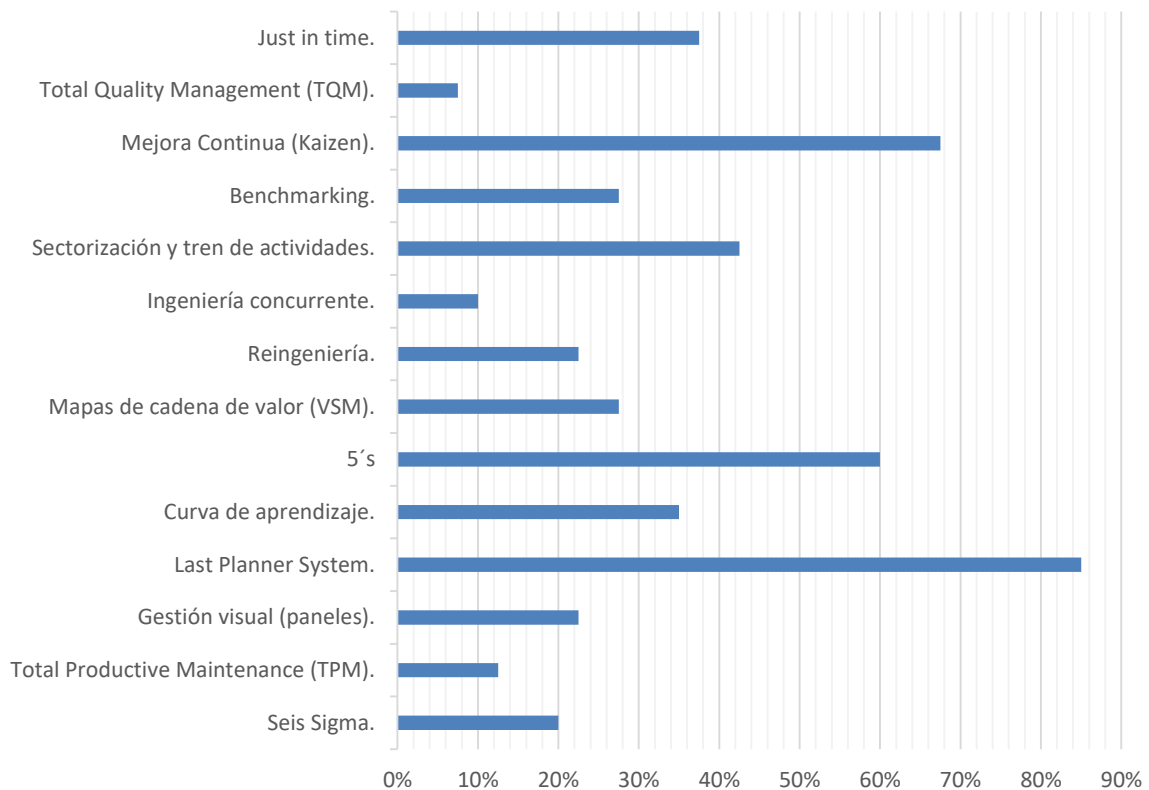
Gráfica 21. Barreras presentadas, parte 2. Fuente propia.

Cabe destacar que varias empresas mencionaron las siguientes barreras a parte del listado propuesto:

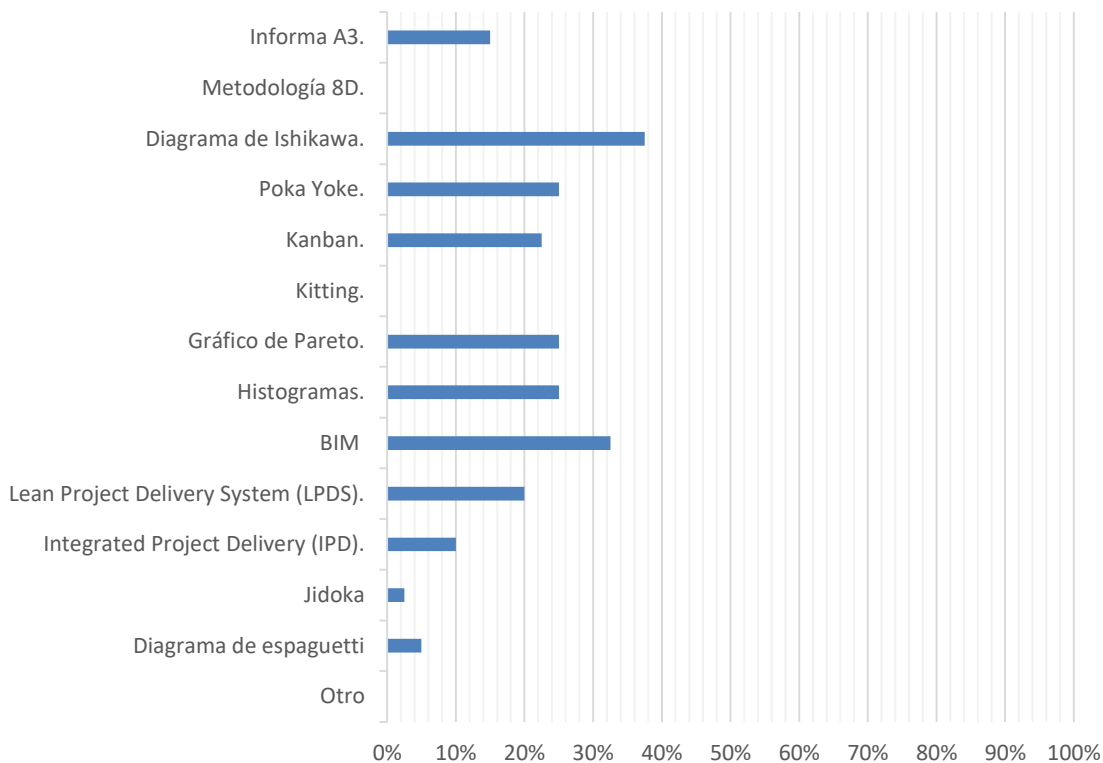


5.1.4 Herramientas Lean utilizadas

Las herramientas de Lean Construction que más utilizan las empresas son las siguientes:



Gráfica 22. Herramientas utilizadas por las empresas, parte 1. Fuente propia.



Gráfica 23. Herramientas utilizadas por las empresas, parte 2. Fuente propia.

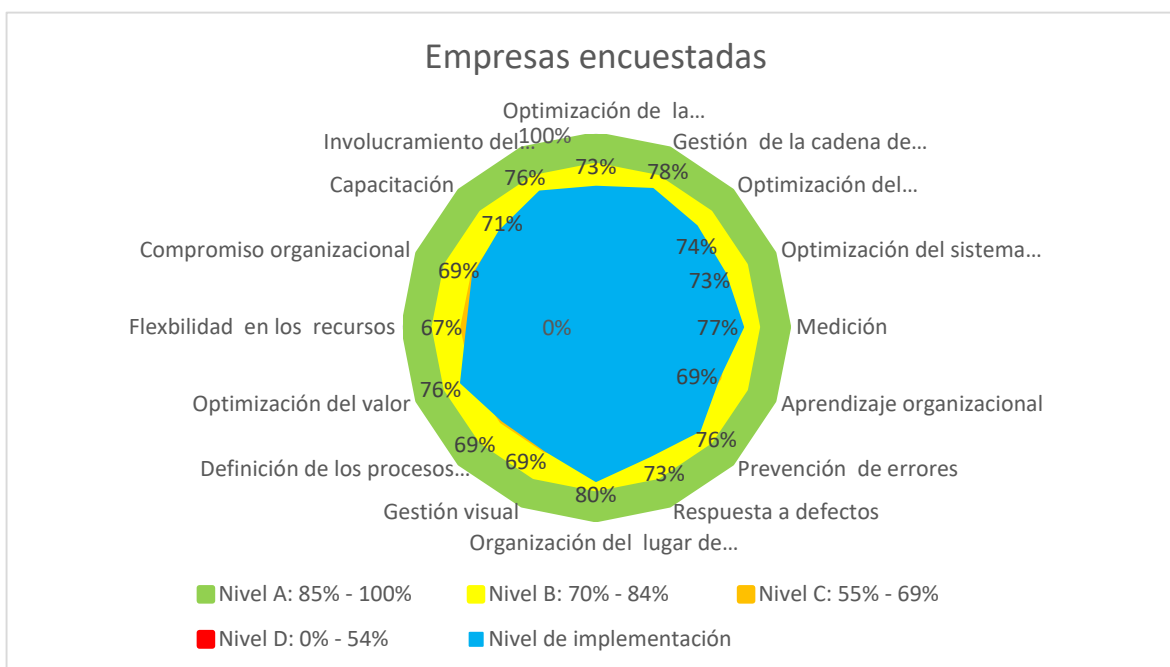
A través de la encuesta se pudo conocer dos herramientas utilizadas que no venían en la propuesta del listado: Tak time y gemba walk

5.1.5 Grados de madurez de las empresas

A continuación se presenta la tabla general con la clasificación de las 40 empresas evaluadas que implementan Lean Construction en la gestión de sus proyectos, obteniendo un promedio por cada subprincipio de acuerdo a la Tabla 3. Clasificación de la empresa de acuerdo con el nivel de construcción Lean. Fuente: (Carvalho, 2008).

| EMPRESAS PORCENTAJE GENERAL | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|--|----------|
| No. | PRINCIPIO | SUBPRINCIPIOS | PROMEDIO |
| 1 | ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS | Optimización de la programación de la producción | 2.92 |
| | | Gestión de la cadena de suministro | 3.11 |
| | | Optimización del contenido de trabajo | 2.97 |
| | | Optimización del sistema de producción | 2.91 |
| 2 | MEJORAMIENTO CONTINUO/CALIDAD | Medición | 3.06 |
| | | Aprendizaje organizacional | 2.77 |
| | | Prevención de errores | 3.05 |
| | | Respuesta a defectos | 2.91 |
| 3 | ESTANDARIZACIÓN | Organización del lugar de trabajo | 3.20 |
| | | Gestión visual | 2.78 |
| | | Definición de los procesos de trabajo | 2.75 |
| 4 | ENFOQUE AL CLIENTE | Optimización del valor | 3.03 |
| | | Flexibilidad en los recursos | 2.68 |
| 5 | CULTURA/PERSONAS | Compromiso organizacional | 2.76 |
| | | Capacitación | 2.83 |
| | | Involucramiento del personal | 3.05 |
| TOTAL= | | | 2.92 |
| %= | | | 73% |
| CLASIFICACIÓN EN LEAN CONSTRUCTION= | | | B |

Tabla 4. Ponderaciones y clasificaciones de las empresas. Fuente propia.



Gráfica 24. Implementación de las empresas encuestadas. Fuente propia.

El promedio de las evaluaciones del grado de madurez de las 40 empresas arrojó una clasificación del 72% o “B”, según la Clasificación de la empresa de acuerdo con el nivel de construcción Lean. Fuente: (Carvalho, 2008), significa que las empresas evaluadas tienen conciencia y aprendizaje Lean.

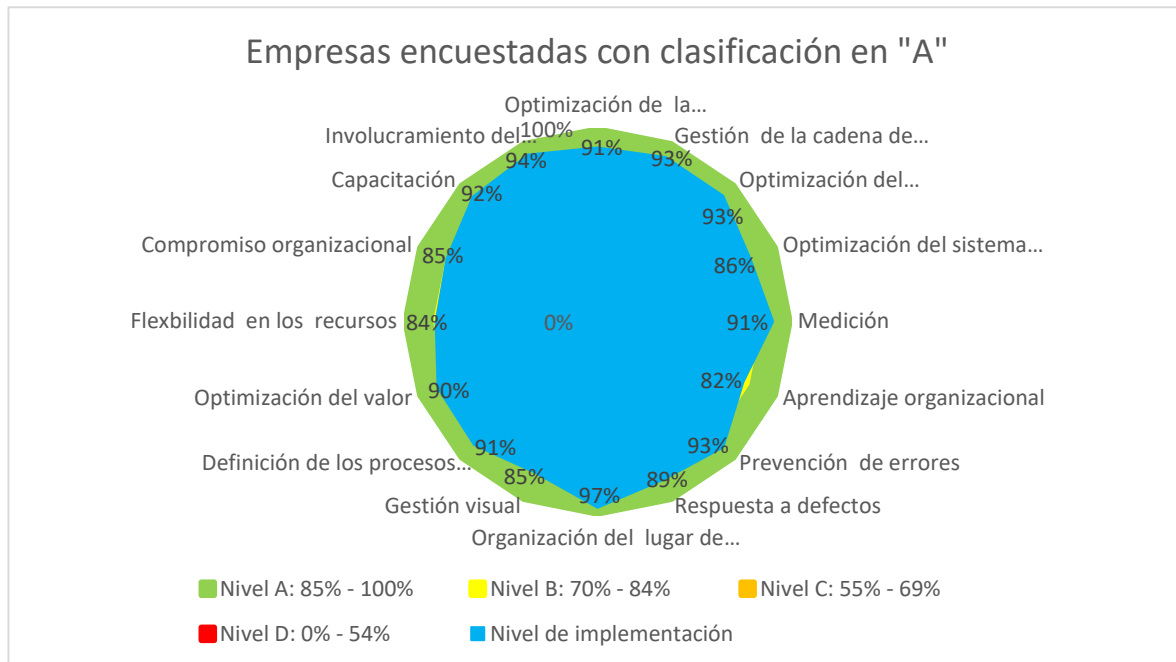
A continuación se presentan las 40 empresas evaluadas agrupadas de acuerdo a su clasificación y gráfica correspondiente, con el objetivo de obtener un mejor análisis:

| PRINCIPIO | SUBPRINCIPIOS | EMPRESAS | | | | | | | |
|-------------------------------|--|----------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS | Optimización de la programación de la producción | 3.80 | 3.60 | 3.80 | 4.00 | 3.80 | 3.80 | 3.60 | 2.80 |
| | Gestión de la cadena de suministro | 4.00 | 3.75 | 3.50 | 3.75 | 3.50 | 3.50 | 3.50 | 3.50 |
| | Optimización del contenido de trabajo | 3.33 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 3.67 | 3.67 | 3.33 | 3.67 |
| | Optimización del sistema de producción | 3.67 | 4.00 | 3.33 | 4.00 | 3.00 | 3.00 | 2.67 | 3.67 |
| MEJORAMIENTO CONTINUO/CALIDAD | Medición | 4.00 | 4.00 | 2.50 | 3.50 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 |
| | Aprendizaje organizacional | 3.60 | 3.00 | 2.80 | 3.60 | 3.60 | 3.60 | 3.40 | 3.00 |
| | Prevención de errores | 3.67 | 3.67 | 3.67 | 3.67 | 3.67 | 3.67 | 3.67 | 3.67 |
| | Respuesta a defectos | 3.60 | 3.40 | 3.20 | 3.80 | 3.60 | 3.60 | 3.20 | 3.60 |
| ESTANDARIZACIÓN | Organización del lugar de trabajo | 4.00 | 4.00 | 3.33 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 3.67 |
| | Gestión visual | 4.00 | 4.00 | 3.00 | 3.67 | 3.33 | 3.33 | 3.00 | 3.33 |
| | Definición de los procesos de trabajo | 3.67 | 3.33 | 4.00 | 4.00 | 3.33 | 3.33 | 3.33 | 3.33 |
| ENFOQUE AL CLIENTE | Optimización del valor | 4.00 | 2.75 | 4.00 | 3.75 | 3.75 | 3.75 | 3.75 | 3.75 |
| | Flexibilidad en los recursos | 4.00 | 3.00 | 2.67 | 3.67 | 3.67 | 3.67 | 4.00 | 3.67 |
| CULTURA/PERSONAS | Compromiso organizacional | 3.75 | 3.00 | 3.50 | 3.75 | 3.50 | 3.50 | 3.50 | 2.75 |
| | Capacitación | 4.00 | 3.00 | 4.00 | 4.00 | 3.33 | 3.33 | 3.33 | 3.67 |
| | Involucramiento del personal | 3.80 | 3.80 | 3.80 | 3.80 | 3.60 | 3.60 | 3.40 | 4.00 |
| | TOTAL= | 3.81 | 3.52 | 3.44 | 3.81 | 3.58 | 3.58 | 3.48 | 3.50 |
| | PORCENTAJE= | 95% | 88% | 86% | 95% | 90% | 90% | 87% | 88% |
| | CLASIFICACIÓN EN LEAN CONSTRUCTION= | AAA | A | A | AAA | AA | AA | A | A |

Tabla 5. Empresas con clasificaciones en “A” (parte 1). Fuente propia.

| PRINCIPIO | SUBPRINCIPIOS | 9 | 10 | PROMEDIO | % |
|-------------------------------------|--|------|------|----------|-----|
| ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS | Optimización de la programación de la producción | 3.60 | 3.40 | 3.62 | 91% |
| | Gestión de la cadena de suministro | 4.00 | 4.00 | 3.70 | 93% |
| | Optimización del contenido de trabajo | 4.00 | 3.33 | 3.70 | 93% |
| | Optimización del sistema de producción | 4.00 | 3.00 | 3.43 | 86% |
| MEJORAMIENTO CONTINUO/CALIDAD | Medición | 4.00 | 2.50 | 3.65 | 91% |
| | Aprendizaje organizacional | 3.40 | 2.80 | 3.28 | 82% |
| | Prevención de errores | 4.00 | 3.67 | 3.70 | 93% |
| | Respuesta a defectos | 4.00 | 3.60 | 3.56 | 89% |
| ESTANDARIZACIÓN | Organización del lugar de trabajo | 3.67 | 4.00 | 3.87 | 97% |
| | Gestión visual | 3.33 | 3.00 | 3.40 | 85% |
| | Definición de los procesos de trabajo | 4.00 | 4.00 | 3.63 | 91% |
| ENFOQUE AL CLIENTE | Optimización del valor | 3.50 | 3.00 | 3.60 | 90% |
| | Flexibilidad en los recursos | 2.67 | 2.67 | 3.37 | 84% |
| CULTURA/PERSONAS | Compromiso organizacional | 3.25 | 3.50 | 3.40 | 85% |
| | Capacitación | 4.00 | 4.00 | 3.67 | 92% |
| | Involucramiento del personal | 3.80 | 4.00 | 3.76 | 94% |
| TOTAL= | | 3.70 | 3.40 | 3.58 | |
| PORCENTAJE= | | 93% | 85% | 90% | |
| CLASIFICACIÓN EN LEAN CONSTRUCTION= | | AA | A | AA | |

Tabla 6. Empresas con clasificaciones en "A" (parte 2). Fuente propia.



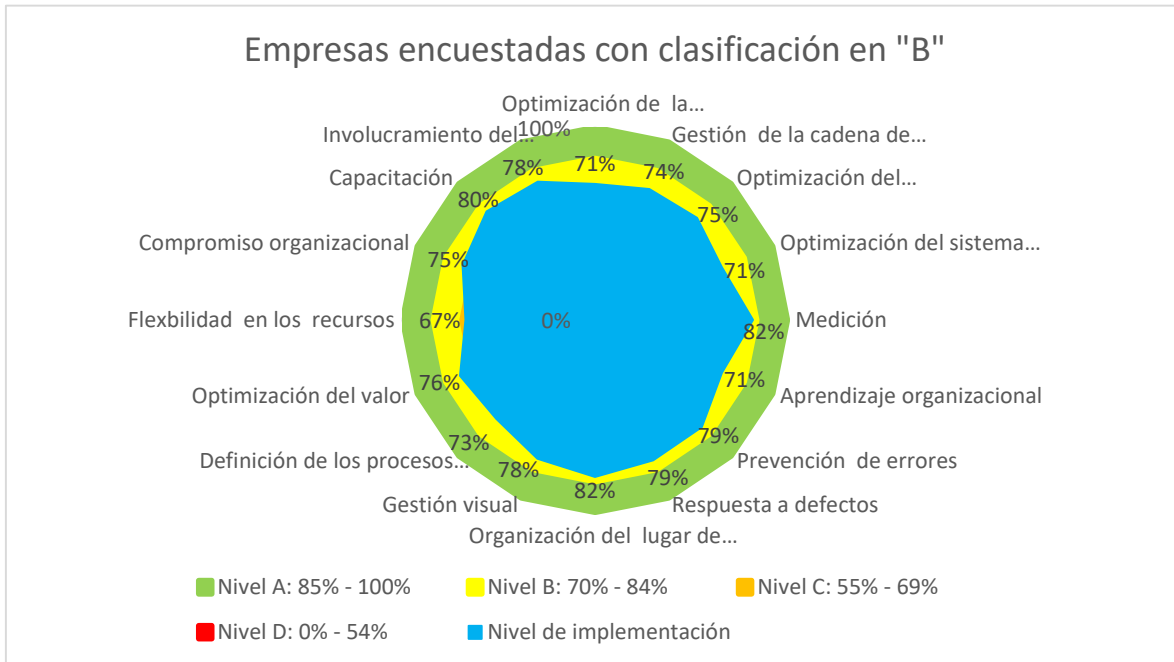
Gráfica 25. Implementación de las empresas encuestadas con clasificación en "A". Fuente propia.

| PRINCIPIO | SUBPRINCIPIOS | EMPRESAS | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS | Optimización de la programación de la producción | 3.00 | 2.80 | 2.80 | 3.20 | 2.80 | 2.60 | 2.60 | 3.20 | 3.00 | 3.20 |
| | Gestión de la cadena de suministro | 3.00 | 2.50 | 2.50 | 3.00 | 2.25 | 3.00 | 2.25 | 3.25 | 3.25 | 4.00 |
| | Optimización del contenido de trabajo | 3.00 | 2.33 | 3.67 | 2.00 | 4.00 | 1.67 | 3.33 | 2.67 | 3.33 | 3.67 |
| | Optimización del sistema de producción | 2.67 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.33 | 2.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 2.67 |
| MEJORAMIENTO CONTINUO/CALIDAD | Medición | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 4.00 | 4.00 | 3.50 | 2.50 |
| | Aprendizaje organizacional | 3.00 | 1.80 | 2.80 | 3.40 | 2.00 | 2.80 | 3.60 | 2.60 | 3.00 | 2.80 |
| | Prevención de errores | 3.00 | 3.00 | 2.67 | 3.33 | 3.00 | 3.33 | 3.67 | 3.67 | 3.67 | 3.33 |
| | Respuesta a defectos | 3.00 | 3.40 | 3.20 | 2.60 | 3.20 | 3.40 | 3.80 | 3.20 | 2.80 | 3.20 |
| ESTANDARIZACIÓN | Organización del lugar de trabajo | 3.00 | 2.33 | 4.00 | 3.67 | 2.67 | 3.67 | 4.00 | 2.67 | 2.67 | 3.67 |
| | Gestión visual | 3.00 | 3.33 | 4.00 | 3.33 | 2.33 | 3.33 | 2.33 | 2.33 | 3.00 | 3.33 |
| | Definición de los procesos de trabajo | 3.33 | 3.00 | 3.67 | 2.67 | 1.00 | 3.67 | 3.33 | 2.33 | 3.00 | 2.33 |
| ENFOQUE AL CLIENTE | Optimización del valor | 2.50 | 3.25 | 3.50 | 2.50 | 2.75 | 3.50 | 3.25 | 2.75 | 2.50 | 3.50 |
| | Flexibilidad en los recursos | 2.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 2.00 | 3.00 | 2.67 | 4.00 | 1.67 |
| CULTURA/PERSONAS | Compromiso organizacional | 3.00 | 2.75 | 3.75 | 3.25 | 3.00 | 2.75 | 3.00 | 2.50 | 3.00 | 3.25 |
| | Capacitación | 3.00 | 3.33 | 4.00 | 3.00 | 3.67 | 3.00 | 3.67 | 3.00 | 2.00 | 4.00 |
| | Involucramiento del personal | 3.00 | 2.60 | 4.00 | 3.20 | 3.20 | 3.20 | 3.20 | 3.00 | 3.00 | 2.60 |
| TOTAL= | | 2.91 | 2.84 | 3.35 | 3.01 | 2.83 | 2.93 | 3.25 | 2.93 | 3.04 | 3.11 |
| PORCENTAJE= | | 73% | 71% | 84% | 75% | 71% | 73% | 81% | 73% | 76% | 78% |
| CLASIFICACIÓN EN LEAN CONSTRUCTION= | | B | B | BBB | BB | B | B | BBB | B | BB | BB |

Tabla 7. Empresas con clasificaciones en "B" (parte 1). Fuente propia.

| PRINCIPIO | SUBPRINCIPIOS | EMPRESAS | | | | PROMEDIO | % |
|-------------------------------------|--|----------|------|------|------|----------|-----|
| | | 21 | 22 | 23 | 24 | | |
| ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS | Optimización de la programación de la producción | 2.40 | 2.80 | 2.20 | 3.00 | 2.83 | 71% |
| | Gestión de la cadena de suministro | 2.75 | 3.50 | 2.75 | 3.25 | 2.95 | 74% |
| | Optimización del contenido de trabajo | 3.00 | 3.33 | 3.33 | 2.67 | 3.00 | 75% |
| | Optimización del sistema de producción | 3.00 | 3.00 | 2.33 | 3.00 | 2.86 | 71% |
| MEJORAMIENTO CONTINUO/CALIDAD | Medición | 3.00 | 4.00 | 4.00 | 3.00 | 3.29 | 82% |
| | Aprendizaje organizacional | 2.80 | 3.00 | 3.60 | 2.80 | 2.86 | 71% |
| | Prevención de errores | 2.67 | 3.00 | 2.67 | 3.00 | 3.14 | 79% |
| | Respuesta a defectos | 2.40 | 3.20 | 4.00 | 2.80 | 3.16 | 79% |
| ESTANDARIZACIÓN | Organización del lugar de trabajo | 3.33 | 3.33 | 2.67 | 4.00 | 3.26 | 82% |
| | Gestión visual | 3.67 | 3.33 | 4.00 | 2.33 | 3.12 | 78% |
| | Definición de los procesos de trabajo | 2.67 | 3.33 | 3.33 | 3.00 | 2.90 | 73% |
| ENFOQUE AL CLIENTE | Optimización del valor | 3.50 | 2.75 | 3.75 | 2.50 | 3.04 | 76% |
| | Flexibilidad en los recursos | 3.00 | 2.67 | 3.00 | 1.67 | 2.69 | 67% |
| CULTURA/PERSONAS | Compromiso organizacional | 3.00 | 3.50 | 2.25 | 2.75 | 2.98 | 75% |
| | Capacitación | 3.33 | 4.00 | 2.33 | 2.33 | 3.19 | 80% |
| | Involucramiento del personal | 3.00 | 3.60 | 3.40 | 2.60 | 3.11 | 78% |
| TOTAL= | | 2.97 | 3.27 | 3.10 | 2.79 | 3.02 | |
| PORCENTAJE= | | 74% | 82% | 78% | 70% | 76% | |
| CLASIFICACIÓN EN LEAN CONSTRUCTION= | | B | BBB | BB | B | BB | |

Tabla 8. Empresas con clasificaciones en "B" (parte 2). Fuente propia.



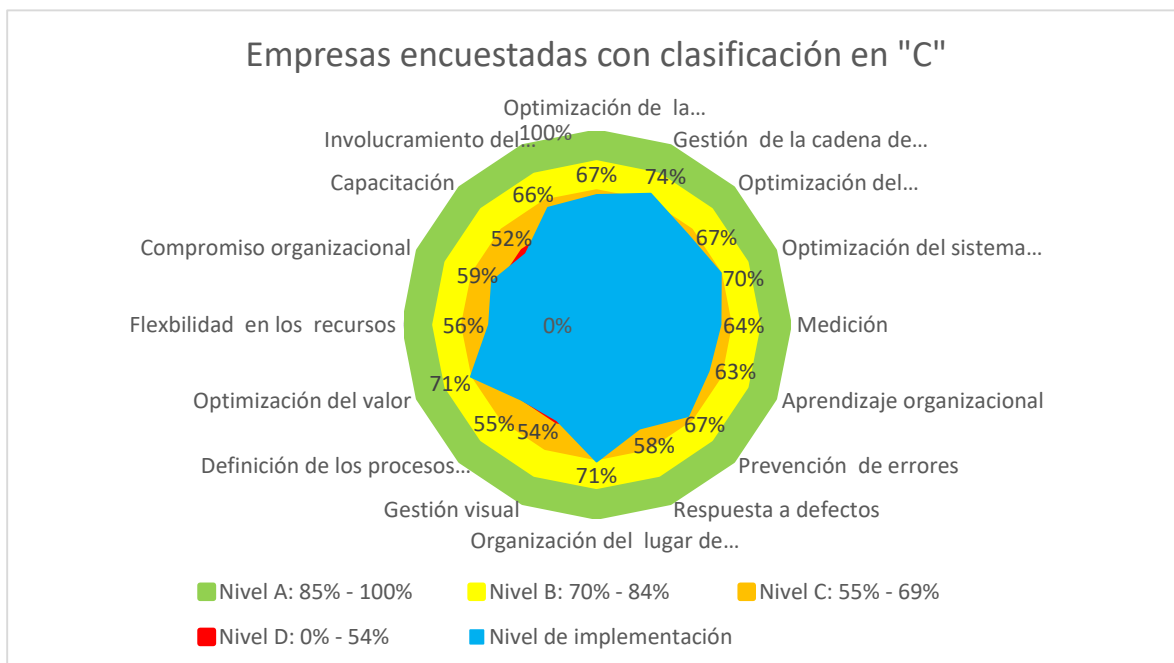
Gráfica 26. Implementación de las empresas encuestadas con clasificación en "B". Fuente propia.

| PRINCIPIO | SUBPRINCIPIOS | EMPRESAS | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 |
| ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS | Optimización de la programación de la producción | 2.60 | 2.60 | 2.40 | 3.00 | 2.60 | 2.80 | 2.80 | 2.00 | 2.40 | 3.20 |
| | Gestión de la cadena de suministro | 3.00 | 2.50 | 3.25 | 4.00 | 2.75 | 3.00 | 2.50 | 2.75 | 2.25 | 2.75 |
| | Optimización del contenido de trabajo | 3.00 | 2.33 | 3.00 | 3.33 | 3.33 | 2.33 | 2.33 | 2.33 | 2.33 | 2.67 |
| | Optimización del sistema de producción | 3.00 | 2.00 | 3.33 | 3.00 | 4.00 | 2.33 | 2.33 | 2.33 | 2.67 | 3.00 |
| MEJORAMIENTO CONTINUO/CALIDAD | Medición | 3.00 | 2.50 | 3.00 | 1.50 | 3.00 | 2.50 | 1.50 | 4.00 | 2.50 | 2.50 |
| | Aprendizaje organizacional | 2.60 | 2.20 | 2.60 | 1.60 | 2.60 | 2.20 | 1.80 | 2.20 | 2.60 | 2.40 |
| | Prevención de errores | 3.00 | 2.33 | 2.67 | 2.33 | 3.33 | 2.33 | 1.67 | 3.00 | 2.67 | 3.00 |
| | Respuesta a defectos | 2.20 | 2.60 | 2.20 | 1.40 | 2.40 | 2.20 | 1.20 | 2.80 | 2.80 | 2.20 |
| ESTANDARIZACIÓN | Organización del lugar de trabajo | 2.67 | 2.33 | 3.67 | 2.00 | 2.33 | 2.00 | 2.67 | 2.33 | 3.00 | 2.67 |
| | Gestión visual | 2.67 | 2.00 | 2.67 | 1.00 | 3.00 | 1.67 | 3.00 | 1.67 | 2.33 | 1.67 |
| | Definición de los procesos de trabajo | 2.33 | 2.33 | 1.33 | 2.33 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.67 | 2.00 | 1.67 |
| ENFOQUE AL CLIENTE | Optimización del valor | 2.75 | 2.50 | 3.00 | 2.75 | 4.00 | 3.25 | 3.00 | 2.25 | 2.75 | 2.50 |
| | Flexibilidad en los recursos | 2.00 | 2.00 | 2.33 | 2.67 | 2.67 | 2.33 | 2.67 | 3.00 | 2.00 | 2.00 |
| CULTURA/PERSONAS | Compromiso organizacional | 3.00 | 3.00 | 2.50 | 2.00 | 2.00 | 2.33 | 2.00 | 2.50 | 1.75 | 2.50 |
| | Capacitación | 3.00 | 2.33 | 2.00 | 2.67 | 1.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 1.67 |
| | Involucramiento del personal | 2.40 | 2.60 | 2.60 | 2.60 | 2.40 | 3.20 | 2.20 | 2.80 | 2.40 | 3.00 |
| TOTAL= | | 2.70 | 2.39 | 2.66 | 2.39 | 2.71 | 2.41 | 2.23 | 2.54 | 2.40 | 2.46 |
| PORCENTAJE= | | 68% | 60% | 66% | 60% | 68% | 60% | 56% | 63% | 60% | 62% |
| CLASIFICACIÓN EN LEAN CONSTRUCTION= | | CCC | CC | CCC | CC | CCC | CC | C | CC | CC | CC |

Tabla 9. Empresas con clasificaciones en "C" (parte 1). Fuente propia.

| PRINCIPIO | SUBPRINCIPIOS | EMPRESAS | | | PROMEDIO | % |
|-------------------------------------|--|----------|------|------|----------|-----|
| | | 35 | 36 | 37 | | |
| ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS | Optimización de la programación de la producción | 2.60 | 2.80 | 3.20 | 2.69 | 67% |
| | Gestión de la cadena de suministro | 4.00 | 2.50 | 3.00 | 2.94 | 74% |
| | Optimización del contenido de trabajo | 2.33 | 2.67 | 2.67 | 2.67 | 67% |
| | Optimización del sistema de producción | 2.67 | 3.00 | 2.67 | 2.79 | 70% |
| MEJORAMIENTO CONTINUO/CALIDAD | Medición | 3.50 | 2.00 | 2.00 | 2.58 | 64% |
| | Aprendizaje organizacional | 3.80 | 3.20 | 3.00 | 2.52 | 63% |
| | Prevención de errores | 3.00 | 3.00 | 2.67 | 2.69 | 67% |
| | Respuesta a defectos | 2.40 | 3.20 | 2.80 | 2.34 | 58% |
| ESTANDARIZACIÓN | Organización del lugar de trabajo | 3.33 | 4.00 | 4.00 | 2.85 | 71% |
| | Gestión visual | 2.00 | 2.67 | 1.67 | 2.15 | 54% |
| | Definición de los procesos de trabajo | 2.00 | 2.67 | 3.33 | 2.21 | 55% |
| ENFOQUE AL CLIENTE | Optimización del valor | 2.50 | 2.75 | 2.75 | 2.83 | 71% |
| | Flexibilidad en los recursos | 1.33 | 1.67 | 2.33 | 2.23 | 56% |
| CULTURA/PERSONAS | Compromiso organizacional | 1.75 | 2.75 | 2.50 | 2.35 | 59% |
| | Capacitación | 1.00 | 2.67 | 2.67 | 2.08 | 52% |
| | Involucramiento del personal | 2.80 | 2.40 | 2.80 | 2.63 | 66% |
| TOTAL= | | 2.56 | 2.75 | 2.75 | 2.53 | |
| PORCENTAJE= | | 64% | 69% | 69% | 63% | |
| CLASIFICACIÓN EN LEAN CONSTRUCTION= | | CC | CCC | CCC | CC | |

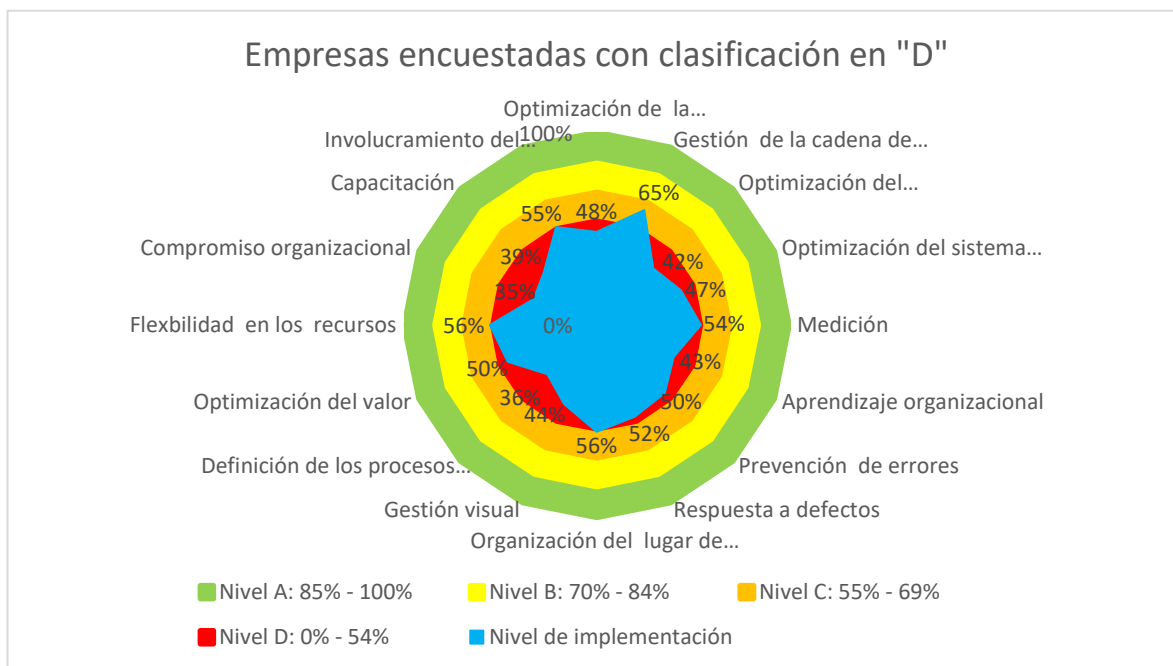
Tabla 10. Empresas con clasificaciones en "C" (parte 2). Fuente propia.



Gráfica 27. Implementación de las empresas encuestadas con clasificación en "C". Fuente propia.

| PRINCIPIO | SUBPRINCIPIOS | EMPRESAS | | | PROMEDIO | % |
|-------------------------------------|--|----------|------|------|----------|-----|
| | | 38 | 39 | 40 | | |
| ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS | Optimización de la programación de la producción | 2.00 | 1.80 | 2.00 | 1.93 | 48% |
| | Gestión de la cadena de suministro | 3.25 | 2.00 | 2.50 | 2.58 | 65% |
| | Optimización del contenido de trabajo | 1.33 | 1.67 | 2.00 | 1.67 | 42% |
| | Optimización del sistema de producción | 2.00 | 1.67 | 2.00 | 1.89 | 47% |
| MEJORAMIENTO CONTINUO/CALIDAD | Medición | 2.00 | 2.50 | 2.00 | 2.17 | 54% |
| | Aprendizaje organizacional | 1.80 | 1.80 | 1.60 | 1.73 | 43% |
| | Prevención de errores | 2.00 | 2.33 | 1.67 | 2.00 | 50% |
| | Respuesta a defectos | 1.80 | 3.20 | 1.20 | 2.07 | 52% |
| ESTANDARIZACIÓN | Organización del lugar de trabajo | 3.67 | 1.00 | 2.00 | 2.22 | 56% |
| | Gestión visual | 2.67 | 1.33 | 1.33 | 1.78 | 44% |
| | Definición de los procesos de trabajo | 1.00 | 2.33 | 1.00 | 1.44 | 36% |
| ENFOQUE AL CLIENTE | Optimización del valor | 2.50 | 1.75 | 1.75 | 2.00 | 50% |
| | Flexibilidad en los recursos | 3.00 | 2.67 | 1.00 | 2.22 | 56% |
| CULTURA/PERSONAS | Compromiso organizacional | 1.25 | 1.75 | 1.25 | 1.42 | 35% |
| | Capacitación | 1.33 | 2.33 | 1.00 | 1.56 | 39% |
| | Involucramiento del personal | 2.60 | 2.00 | 2.00 | 2.20 | 55% |
| TOTAL= | | 2.14 | 2.01 | 1.64 | 1.93 | |
| PORCENTAJE= | | 53% | 50% | 41% | 48% | |
| CLASIFICACIÓN EN LEAN CONSTRUCTION= | | DDD | DDD | D | DD | |

Tabla 11. Empresas con clasificaciones en "D". Fuente propia.



Gráfica 28. Implementación de las empresas encuestadas con clasificación en "D". Fuente propia.

Solo 3 empresas obtuvieron la clasificación D, al obtener un 53%, 50% y 41% de 100%, lo cual demuestra un bajo enfoque en mejoras y conocimiento nulo sobre Lean Construcción. Se obtuvo un promedio de los subprincipios para obtener aquellos (rango de puntaje= 1.42 – 1.93) que representan problemas de implementación a dichas empresas para posteriormente sugerir prácticas recomendables.

5.2 Análisis de las encuestas realizadas

En base a los datos recopilados, graficados y agrupados de las empresas encuestadas y obtener su correspondiente clasificación del grado de madurez de los principios propuestos por Diekmann et al, se realizó una tabla comparativa para poder obtener un mejor análisis y posteriormente sugerir recomendaciones y prácticas:

| Dato | Empresas "A" (10) | Empresas "B" (14) | Empresas "C" (13) | Empresas "D" (3) |
|------------------------------------|--|---|--|---|
| Tiempo de implementación | - 1 a 4 meses= 2 - 5 a 8 meses=1 - 9 a 12 meses=4 - 2 a 4 años=1 - 5 a 8 años=1 -Más de 13 años=1 | - 1 a 4 meses= 2 - 5 a 8 meses=3 - 9 a 12 meses=5 - 2 a 4 años=2 - 5 a 8 años=1 -Más de 13 año=1 | - 1 a 4 meses= 2 - 5 a 8 meses=2 - 9 a 12 meses=4 - 2 a 4 años=2 - 5 a 8 años=3 -Más de 13 años=0 | - 1 a 4 meses= 2 - 5 a 8 meses=1 |
| Asesor externo | El 80% si cuenta | El 80% si cuenta | 40% si cuenta | 0% si cuenta |
| Involucramiento del mando superior | 100% si se involucra | El 80% si se involucra | El 80% si se involucra | El 66% si se involucra |
| Evaluación interna | El 80% si hizo una evaluación interna | El 65% si hizo una evaluación interna | El 53% si hizo una evaluación interna | El 33% si hizo una evaluación interna |
| Reuniones periódicas | -60%= 1 vez cada semana. -40%= 2 o más veces a la semana. | -50%= 1 vez cada semana. -33%= 2 o más veces a la semana. -8.3%= 1 vez | -76%= 1 vez cada semana. -15%= 2 o más veces a la semana. -9% 1 vez cada | -33%= 2 o más veces a la semana. -66%= 1 vez cada mes. |

| | | | | |
|---------------------------------|---|---|--|---|
| | | cada dos semanas. -8.3% 1 vez cada mes. | dos semanas. | |
| ¿Qué revisan? | -Planificación de la obra=90% -Indicadores clave del proyecto= 80% Estándares=40% -Identificación y solución de problemas=80% -Otro=0% | -Planificación de la obra=86% -Indicadores clave del proyecto= 86% Estándares=36% -Identificación y solución de problemas=86% -Otro= 0% | -Planificación de la obra= 85% -Indicadores clave del proyecto= 54% Estándares=15% -Identificación y solución de problemas= 46% -Otro= PPC | -Planificación de la obra=100% -Indicadores clave del proyecto= 67% Estándares= 0% -Identificación y solución de problemas= 33% -Otro= 0% |
| Reuniones de pie diarias | 100% si | 64% si | El 53% si | El 33% si |
| Tienen big room | 90% si | El 92% si | El 85% si | El 33% si |
| ¿Es ordenada y limpia? | El 100% si | El 92% si | El 85% si | El 33% si |
| ¿Usan parking lot? | El 60% si | El 36% si | El 69% si | El 0% si |
| ¿Usan pluses y deltas? | El 70% si | El 43% si | El 69% si | El 0% si |
| Control de variables de riesgos | -Planifica la gestión= 60% -Identificar=90% -Analizar=60% -Planificar respuestas= 40% -Implementar= 60% -Monitorear= 60% -Ninguno= 0% | -Planifica la - gestión= 29% -Identificar=86% -Analizar=79% -Planificar respuestas= 36% -Implementar= 36% -Monitorear= 50% -Ninguno= 0% | -Planifica la gestión= 31% -Identificar=62% -Analizar=23% -Planificar respuestas= 31% -Implementar= 31% -Monitorear= 46% -Ninguno= 23% | -Planifica la gestión= 0% -Identificar=0% -Analizar=0% -Planificar respuestas= 0% -Implementar= 0% -Monitorear= 0% -Ninguno= 100% |
| Uso de AMEF | El 40% si | El 21% si | El 0% si | El 0% si |
| Herramientas más utilizadas | -Just in time. -Benchmarking. | -Mejora Continua (Kaizen). | -Mejora Continua (Kaizen). | -Last Planner System. |

| | -Sectorización y tren de actividades. -Mapas de cadena de valor (VSM). -Mejora Continua (Kaizen). -5's -Curva de aprendizaje. -Last Planner System. | -Sectorización y tren de actividades. -5's -Last Planner System. | -5's. -Last Planner System. | -Poka Yoke. |
|--|--|--|---|---|
| Proyectos ejecutados con Lean Construction | -1 a 5 proyectos=60% -6 a 10 proyectos=10% -11 a 15 proyectos=20% -16 a 20 proyectos=10% -más de 21 proyectos=0% | -1 a 5 proyectos=64% -6 a 10 proyectos=21% -11 a 15 proyectos=7% -16 a 20 proyectos=0% -más de 21 proyectos=7% | 1 a 5 proyectos=77% 6 a 10 proyectos=15% 11 a 15 proyectos=8% 16 a 20 proyectos=0% más de 21 proyectos=0% | 1 a 5 proyectos=100% 6 a 10 proyectos=0% 11 a 15 proyectos=0% 16 a 20 proyectos=0% más de 21 proyectos=0% |

Tabla 12. Tabla comparativa de las empresas encuestadas. Fuente propia.

En base a los resultados de las encuestas, podemos concluir en lo siguiente:

- ❖ Se comprueba que hay empresas que han tenido éxito al implementar la filosofía Lean Construction sin ayuda de un consultor experto. Por lo que se alienta aquellas empresas pequeñas o medianas que desean o estén implementando Lean Construction a seguir mejorando.
- ❖ Para el periodo de ejercer la filosofía en la gestión de sus proyectos, tres empresas cuentan con el tiempo más prolongado en implementar la filosofía entre los 2 y 8 años y solo una de ella cuenta con la clasificación alta en “A”, mientras que la otra obtuvo una clasificación más baja en “B” y “C”. Por lo que se comprueba lo que

dicen los expertos ante el tiempo en obtener los beneficios, lo cual puede obtenerse a un corto, mediano o largo plazo.

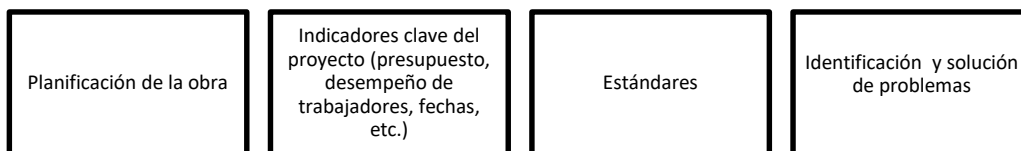
- ❖ De acuerdo a la Gráfica 5.2: Como conoció a la filosofía Lean Construction, la mayoría de las empresas conoció a la filosofía por una conferencia o seminario. Por lo que se exhorta a las instituciones encargados de realizar dichas conferencias en hacer más promoción apoyándose en medios de comunicación con más alta audiencia del ramo de la construcción, como revistas, redes sociales, universidades, etc.
- ❖ Las barreras que más se presentaron a las empresas encuestadas en general, se puede observar en la gráfica 5.19: Barreras presentadas. Las empresas que no cuentan con un asesor se justificaron eligiendo la barrera del costo de implantación, gastos de capacitación, consultoría, etc. Las demás barreras afectan por igual a todas la empresas encuestadas sin importar su clasificación o si cuentan o no con un asesor Lean.
- ❖ Los beneficios que las empresas han obtenido al implementar Lean construction a la gestión de sus proyectos se puede apreciar en la gráfica 5.18: Beneficios obtenidos. Cabe señalar que las empresas con clasificación baja “C” y “D” fueron las que optaron por elegir bajos desempeños de regular y malo a los beneficios propuestos, caso contrarios con las empresas de mayor calificación “A” y “B” que eligieron calificar los desempeños de bueno y excelente a la mayoría de los beneficios. Además se pudo conocer otros beneficios que tuvieron con su correspondiente desempeño.
- ❖ Se comprueba que trabajar con estas herramientas en un periodo a largo plazo y a través de la práctica se va mejorando la implementación. Dos de las empresas encuestadas con una clasificación alta “A” Y “B” ha implementado con éxito en 16 hasta más de 21 proyectos. La cual una de ellas no cuenta de un asesor experto que apoye a la gestión de sus proyectos. De igual manera 15 empresas de clasificación alta “A” y “B” han logrado tener éxito en la implementación de las herramientas en tan solo de 1 hasta 5 proyectos. Se destaca que 3 empresas no cuentan con un asesor experto para su apoyo.

CAPITULO VI PROPUESTAS ESTRATÉGICAS

6.1.- Estrategias a implementar contra los factores preponderantes

En base a los datos obtenidos anteriormente se puede hacer las siguientes estrategias o prácticas recomendables para aquellas empresas que desean implementar o estén implementando Lean Construction y deseen mejorarla:

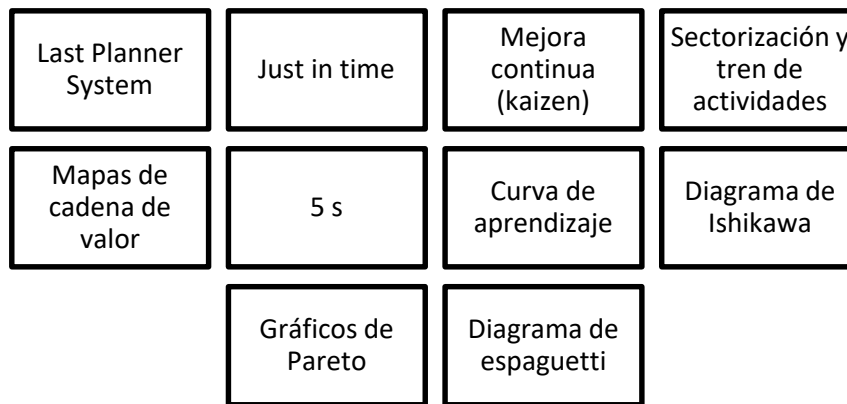
- ❖ Los expertos recomiendan hacer una evaluación interna de la empresa antes de implementar Lean, con el objetivo de conocer las necesidades primordiales a satisfacer para recomendar la herramienta Lean adecuada. Siguiendo a los resultados de la encuesta, la mayoría de las empresas de las clasificaciones “A” y “B” hicieron una evaluación interna antes de implementar alguna herramienta Lean. Para ello se recomienda realizar una autoevaluación para implementar Lean Construction (Apéndice 2), esto ayudará a los mandos directivos de las empresas a concientizar de los problemas que se presentarán, beneficios que obtendrán, capacidad de su personal al cambio cultural y a centrar sus recursos en las barreras más importantes.
- ❖ Realizar reuniones periódicas son importantes para mejorar la colaboración y comunicación entre los diversos participantes del proyecto: En base a la encuestas las empresas con mayor clasificación “A” y “B” realizan reuniones en la obra dos o más veces a la semana. En consecuencia es recomendable realizar reuniones mínimo 1 vez por semana para asegurar el éxito de la implementación.
- ❖ En las reuniones es de mucha importancia revisar indicadores claves en la gestión de proyectos como:



En la encuesta resultó que las empresas con mayor clasificación de “A” y “B” revisan como mínimo 3 indicadores sugeridos, como la planificación de la obra, indicadores clave del proyecto (presupuesto, desempeño de trabajadores, fechas, etc.) e identificación y solución de problemas. Como recomendación se sugiere realizar los 4 indicadores para tener una mejor gestión del proyecto.

- ❖ Hacer reuniones de pie diarias en obra por cada participante en el proyecto mejora la comunicación interna de la empresa. Se recomienda realizar dichas reuniones ya que más del 80% de las empresas con mayor clasificación realizan esta práctica.
- ❖ Tener un espacio en obra para realizar las reuniones entre los participantes del proyecto garantiza una mejor comprensión para analizar o revisar los indicadores clave del proyecto. Más del 90% de las empresas con clasificaciones “A” y “B” tienen un espacio designado, además de mantenerla organizada, ordenada y limpia. Por lo que se exhorta a las empresas tener un espacio adecuado para dichas actividades lo más cómodo posible sin importar el tamaño de la obra.
- ❖ Hay dos herramientas lean importantes llamadas parking lot y pluses y deltas que se recomienda utilizar durante las reuniones, ya que son utilizadas por la mayoría de las empresas encuestadas con buena clasificación.
- ❖ Los riesgos en cada proyecto son inevitables por ello se recomienda tener una buena gestión que ayude a minimizarlos. Durante la encuesta se sugirió 6 variables para tener un mejor control de los riesgos. Usar las 6 representaría tener el máximo control para minimizar los riesgos. Las empresas con mayor clasificación “A” y “B” practican la mayoría de las variables. Es conveniente para aquellas empresas que requieran tener un mejor control de los riesgos enfocarse en las variables utilizadas por dichas empresas.
- ❖ Una oportunidad para mejorar la gestión de los riesgos durante el proyecto es una herramienta lean poco conocida llamada AMEF (Análisis modo efecto fallo). Solo un 40% y 21% de las empresas con clasificación alta en “A” y “B” utiliza esta herramienta, por lo que se recomienda para aquellas empresas que quieran gestionar sus riesgos con ésta útil herramienta Lean. Hay información referente a esta herramienta en artículos en internet o tesis.

- ❖ Las herramientas lean más utilizadas por las empresas encuestadas se puede verificar en el cuadro de comparación. A continuación se hace sugerencia para aquellas empresas pequeñas o medianas que quieran empezar a implementar una herramienta lean a la gestión de sus proyectos con ayuda de su equipo de trabajo. Las siguientes herramientas resultan las más implementadas por aquellas empresas que no cuentan con un asesor experto Lean y han tenido éxito en su implementación.



Derivado del análisis de grado de madurez de los principios propuestos por Diekmann et al, se obtuvieron 3 empresas con las clasificaciones más bajas (Tabla 5-6: Empresas con clasificaciones en “D”). A partir de las ponderaciones resultaron 8 subprincipios con las calificaciones más bajas entre el rango 2.00 al 1.0. Lo cual se hacen algunas recomendaciones de herramientas o técnicas que podrían mejorar la implementación en los subprincipios con las clasificaciones mencionadas.

1.- Optimización del programa de producción: El objetivo de este subprincipio es mejorar el proceso de producción y los elementos que lo componen, el cual se desarrolla con la entrada de recursos, la transformación y la obtención de un producto terminado para su entrega. Por lo cual se recomienda dotar de equipos que ayuden a los obreros a tener un mejor control de sus herramientas y suministros apoyándose de equipos sencillos que pueden mejorar la eficacia y acelerar procesos en la ejecución de algunas actividades como:

- Cinturones de herramientas de carpintero.

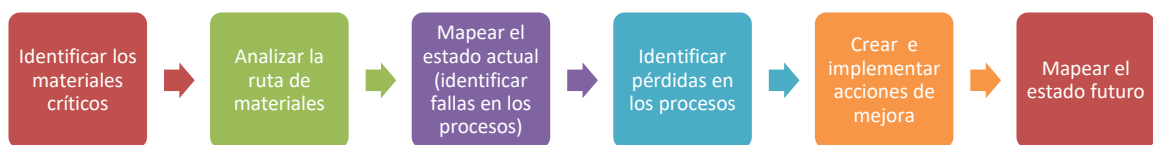
- Escantillones para dimensionamiento de vanos de ventana.
- Reglas de metal para mejor colocación de mortero en muros de ladrillo con acabado aparente.
- Atado de varillas eléctrico.
- Plantillas de regla de ángulo múltiple y plegable para trazo en azulejos.
- Pinzas para ladrillo.
- Plantillas para pegar ladrillos.
- Proyectores de mortero.
- Etcétera.

2.- Optimización del contenido de trabajo: Con este subprincipio mejoramos la planificación y gestión que conlleva una actividad para lograr la entrega a tiempo. Se recomienda:

- Utilizar la herramienta derivada de la calidad total, SIPOC, de sus siglas en inglés; S= Supplier= Proveedor, I= Input= Entrada, P= Process= Proceso, O= Output= Salida y C= customer= Cliente. La cual ayuda a definir y tener un mejor control de los procesos de las actividades de una forma clara y sencilla. (Ver apéndice 3)
- Realizar una base de datos con los procedimientos mejor ejecutados de las actividades para estandarizar los procedimientos.
- Realizar recordatorios visuales para el personal encargado de inspeccionar las actividades que ejecutan los obreros.
- Uso de la herramienta 5 Ws – 1H (who, what, where, when, why, how y how much), traducidos significan quién (persona), qué, dónde, cuándo, por qué, y cómo (método). Es una herramienta integral para hacer preguntas sobre un problema a mejorar.

3.- Optimización del sistema de producción: El fin de este subprincipio es mejorar la secuencia de trabajo de las actividades a ejecutar. Varias empresas han visto mejoría a través de estas prácticas:

- Realizar las “revisiones de 5 minutos”. La cual consiste en observar por un mínimo de 5 minutos a un trabajador para verificar su actividad. Se podrá analizar detenidamente el comportamiento del trabajador y ver los desperdicios que realiza.
- Dedicar 1 hora a la semana para resolver problemas concretos.
- Usar diagrama de espaguetti. El uso de esta herramienta permite entender y documentar el desperdicio que ocurre habitualmente en los trabajadores u operarios de maquinaria dentro de la obra.
- Administración de la cadena de valor. En la encuesta se mencionó la herramienta “mapas de cadena de valor” que son representaciones con diagramas de flujo de los procesos y solo una parte de lo que conlleva proceso de la administración de cadena de valor. Cabe mencionar que solo un 28% de las empresas encuestadas mencionaron utilizarla. Para una mejor secuencia de la ejecución de las actividades se recomienda integrar las demás funciones:

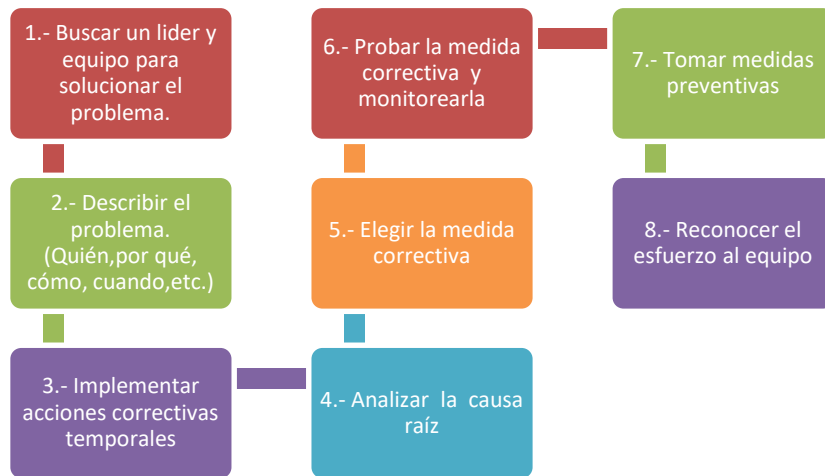


4.- Aprendizaje organizacional: El objetivo es eliminar variaciones, errores, etc. en la producción mediante guías o estándares claros y detallados. La herramienta específica para este subprincipio es la mejora continua o kaizen. La cual se puede complementar con las siguientes recomendaciones:

- Uso de las tarjetas kaizen. El objetivo es documentar todos los problemas ocurridos en la obra para ver las mejoras. Ver ejemplo de apéndice 4.
- Uso de herramientas gerenciales para encontrar los problemas más comunes y la causa raíz de los problemas:

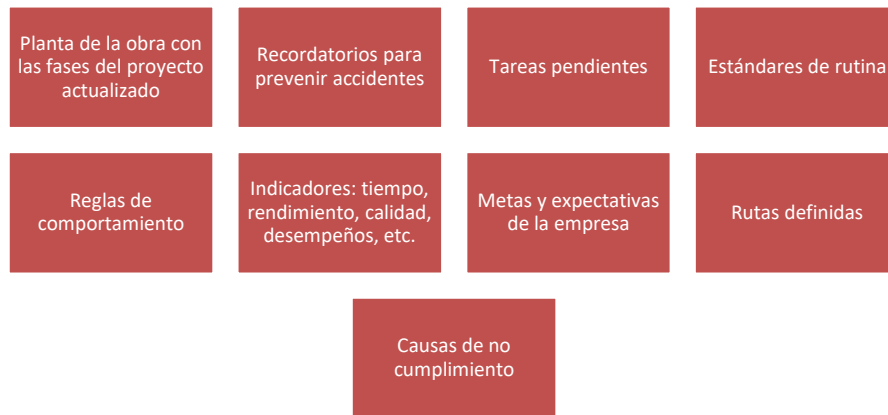


En la encuesta resultaron ser herramientas de poco uso por las empresas en la gestión de sus proyectos. La herramienta de curva de aprendizaje obtuvo la mayor calificación con un 35% de utilizarla por las empresas. Por otra parte la herramienta de metodología 8D resultó no ser reconocida por las empresas con un 0.00%. Esta metodología se deriva del Lean Manufacturing y también se le conoce como “8 disciplinas” (8D), la cual ayuda a mejorar la productividad al solucionar problemas efectivamente. Las 8 disciplinas son las siguientes:



- Uso de la herramienta pluses (ventajas) y deltas (sugerencias): Esta herramienta solo es utilizada por el 70% de las empresas con clasificación en “A”. La recomendación es usarla durante las reuniones periódicas y ayuda a identificar mejoras en las reuniones y actividades proporcionando sugerencias por los participantes.

5.- Gestión visual: Promover el uso adecuado de informaciones o avisos a través de paneles u otro objeto a todo el personal, logrará efficientar la colaboración de todos los participantes del proyecto, promover la mejora continua y tener una mejor seguridad en la obra. Se recomienda colocarlas estratégicamente en áreas de bodegas, áreas de fumar, la sala bigroom, área de descanso, comedor, etc. Lean Visual Management a través de Last Planner System recomienda usar por lo mínimo las siguientes visualizaciones:



6.- Definición de los procesos de trabajo: El objetivo es asegurar de que el entorno de trabajo sea un espacio ordenado, limpio y organizado para que las herramientas funcionen eficazmente. Para ello se recomienda las siguientes prácticas:

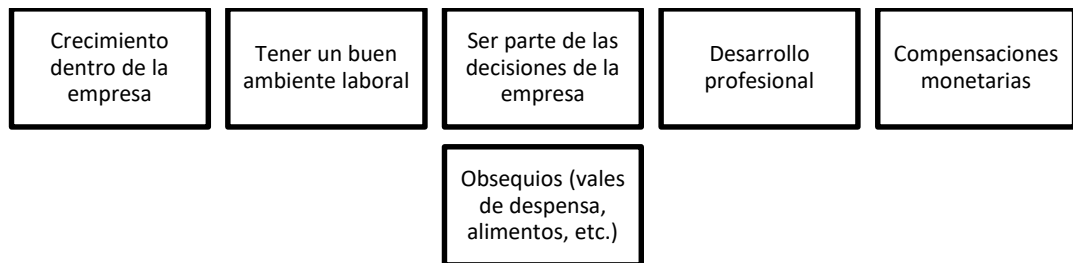
- Reuniones de pie diario con el equipo de trabajo antes de empezar con las actividades para revisar tareas pendientes y la planificación.
- Reunión 1 o 2 veces a la semana con todos los involucrados del proyecto en la sala big room con el objetivo de compartir informaciones relevantes del proyecto. Es necesario contar con todos los elementos necesarios como paneles con indicadores de planificación de la obra, indicadores clave del proyecto (presupuesto, desempeño de trabajadores, fechas, etc.), estándares e identificación y solución de problemas, etc. De igual forma se recomienda revisar los siguientes indicadores de riesgo:



- Disponer de contenedores de basura
- Hacer uso de la gestión visual.

7.- Compromiso organizacional: El objetivo principal de este subprincipio es despertar el interés de los trabajadores mediante el cambio de su actitud o comportamiento para perseguir los mismos objetivos del proyecto. Para ello se recomienda:

- Las caminatas Gemba Walk o campos de acción: Esta práctica debe ser realizada por todos los involucrados del proyecto y del mando directivo de la empresa. Sumarle acciones pequeñas durante la caminata a manera de poner el ejemplo al personal, hará que se desarrolle la responsabilidad entre los trabajadores.
- Salario emocional: Es la práctica que permite remunerar el esfuerzo de los trabajadores para lograr un vínculo de confianza y cooperatividad. Consiste en atribuirles los siguientes tipos de salario emocional:



8.- Capacitación: El objetivo es crear un entorno para el aprendizaje organizacional, por lo que el líder Lean debe estar encargado de realizarlo buscando en primer lugar las fortalezas y debilidades de manera individual y grupal. A su vez se recomienda apoyarse de las siguientes herramientas sugeridas por el Lean Construction Institute:

- 360 grados o evaluación integral. La cual se consiguen beneficios como identificar las fortalezas de los trabajadores, fomentar la colaboración y el trabajo en equipo, identificar las necesidades para su desarrollo, etc.
- Lumina spark. Ayuda a los trabajadores a mejorar la comunicación con los demás.

Haciendo análisis a los factores o barreras presentadas durante la implementación se puede buscar otros factores que involucren a la empresa de manera interna y externa. De igual forma se buscó factores positivos internos y externos que pueden ayudar a mitigar las barreras presentadas, por lo que es fundamental realizar un análisis FODA con los datos recabados en las encuestas.

Para las fortalezas internas de las empresas se tomó los beneficios que se presentaron en general y para las debilidades se recabó las barreras presentadas. Para los factores externos de las amenazas y oportunidades se hizo un análisis de lo que le podrían beneficiar o afectar involucrando factores sociales, dependencias, leyes y reglamentos, etc.



Las siguientes estrategias se proponen en base al análisis FODA y el diagnóstico:

En función a las fortalezas y oportunidades se propone:

- Debido a las fortalezas obtenidas como mejor seguridad en las obras, calidad en los proyectos de construcción, satisfacción al cliente, reducción de los costos del proyecto, etc. es factible aprovechar estos beneficios para aumentar la participación de la empresa a nuevos proyectos de construcción en las tendencias que van en aumento en nuestro país como oficinas, hoteles, usos mixtos, etc.
- La empresa que gestione sus proyectos con Lean Construction tiene la opción de hacer asociaciones con otros contratistas, proveedores o clientes que también utilicen la metodología y obtener participación en nuevos proyectos.
- Cuando las dependencias gubernamentales recomienden u obliguen el uso de procesos colaborativos, reducción de desperdicios y uso frecuente de la tecnología BIM a proyectos complejos en la iniciativa pública, las empresas con la cultura Lean tendrán mayores oportunidades en nuevos sectores.

Considerando las fortalezas y amenazas:

- En caso de una recesión económica en el país y al ver pocos proyectos de edificación en construcción, la empresa obtiene una ventaja competitiva frente a sus competidores al garantizar los beneficios obtenidos a los clientes en la gestión de proyectos con Lean y subsistir en la temporada baja.
- Las empresas Lean serán las que permanezcan y crezcan en la nueva era de construcción tecnológica con BIM, ya que serán las más preparadas al cambio, abiertas al aprendizaje y gracias a la triada BIM-Lean-IPD (Integrated Project Delivery) hacen que Lean Construction incorpore elementos de apoyo tecnológicos para lograr mayor certeza de los objetivos planteados.

Minimizar debilidades para aprovechar las oportunidades:

- El costo de la inversión para implementar la filosofía Lean a una empresa con la contratación de un experto o capacitar al mando directivo, se podrá retornar al conseguir nuevos clientes que estarán satisfechos con los beneficios brindados en sus proyectos.
- Las empresas pequeñas o con bajo capital de inversión pueden empezar la implementación de herramientas Lean en sus proyectos, a través de informaciones accesibles como libros, artículos, tesis, etc.
- El tiempo de implementación largo se puede aprovechar para estar preparados cuando el uso de BIM sea más extenso en nuestro país y la tendencia de las nuevas construcciones de edificación aumenten.

Conociendo las debilidades y amenazas se propone:

- El cambio de cultural laboral de los empleados se dificulta en asimilar nuevos hábitos, de manera que es importante contratar a un experto o capacitar al mando directivo para que desarrolle un cambio de cultura Lean y defina nuevas actividades para que los trabajadores se acomoden a los objetivos del proyecto y de la empresa en general, e involucrar a los demás agentes participantes del proyecto para compartir objetivos iguales.

CAPÍTULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La presente investigación determina que la mayoría de las empresas encuestadas han alcanzado los beneficios propuestos, además se han podido conocer nuevos beneficios al implementar los conceptos y herramientas de Lean Construction a la gestión de sus proyectos. De igual forma se pudo conocer nuevas barreras que se han presentado, afectando la implementación en la gestión de proyectos de las empresas, en general se enfoca a cuestiones de una mala actitud ante los cambios culturales y a la falta de compromiso por parte de los trabajadores y directivos.

Lo anterior comprueba dos de las hipótesis planteadas, la primera en relación a la actitud de los directivos, ya que aún existe la incertidumbre por parte de los directivos al implementar herramientas y conceptos de Lean Construction. La segunda en relación a aprender a trabajar de manera colaborativa para conseguir los beneficios, por lo tanto se comprobó en base a la información obtenida la importancia de trabajar de manera conjunta por parte de todos los actores involucrados en el proyecto para asegurar los beneficios esperados.

Una parte fundamental para implementar la filosofía Lean Construction son las personas y los clientes, por lo que se comprueba la tercera hipótesis referente a que las empresas interesadas en la implementación deben atraer el interés de sus clientes y trabajadores. Para ello la empresa debe desarrollar una cultura con el pensamiento Lean donde se sitúen los problemas en primer lugar y dejar que las personas o trabajadores desarrollen su capacidad de descubrir. Esto logrará a que prospere un ambiente interno de confianza.

De acuerdo a la cuarta hipótesis planteada sobre mejorar la eficiencia de la empresa, es necesario comprender los procesos y herramientas Lean utilizadas. Para ello durante la implementación es fundamental que cada empresa disponga de un líder Lean para llevar a cabo la coordinación de las nuevas actividades a ejecutar y sobretodo monitorear la implementación para no perder el rumbo y definir nuevas estrategias con la ayuda de las herramientas gerenciales más utilizadas que garantizan su efectividad y ayudan a la toma de decisiones.

Finalmente se comprueba la última hipótesis en relación a la existencia de empresas en nuestro país que tienen un nivel de madurez promedio. En base a los resultados de las encuestas sí existen empresas que tienen un grado de madurez promedio basándose en los principios propuestos por Diekmann et al, y clasificándolas de acuerdo a la tabla 3; Clasificación de la empresa de acuerdo con el nivel de construcción Lean. Fuente: (Carvalho, 2008). Además se encontraron empresas con una mejor clasificación en “A”, por lo que se garantiza la efectividad de la implementación de conceptos y herramientas del Lean Construction.

El uso escaso de BIM por parte de las empresas constructoras de edificación en nuestro país, es hasta ahora la tecnología que mayor relevancia y aceptación tiene y promete adecuarse a la nueva industria de la construcción 4.0. En la encuesta resultó que 13 empresas constructoras de edificación utilizan esta tecnología para apoyarse en la visualización de los modelos de los proyectos. En un futuro cercano nuestro país demandará empresas que sean capaces de integrar conjuntamente a los actores involucrados en el proyecto, desde el diseño, planeación, construcción y mantenimiento. Si bien el uso de BIM ayuda a tener disponibilidad de los datos digitales no bastará para aprovechar el potencial de esta tecnología, por lo que se necesita una metodología que sea capaz de integrar a las partes involucradas generando una colaboración y confianza de principio a fin como lo es la filosofía Lean Construction.

Por lo que se les exhorta a las empresas a no esperar una crisis para poder cambiar la forma de pensar y aprender nuevas habilidades. Lean Construction se adaptará al modelo de negocio de las empresas del siglo XXI donde estarán diseñadas para agregar valor a los clientes y fortalecer a la construcción sostenible.

7.1 Recomendaciones

El objetivo de las herramientas de Lean Construction es enseñar a los trabajadores a reflexionar sobre sus actividades, generar conciencia de los desperdicios que se generan y despertar la imaginación y creatividad en las nuevas formas de trabajar. Por ende es muy importante enfocarse en tres áreas que engloban el entorno de colaboración entre

todos los participantes en un proyecto Lean. Resultado de esta investigación se propone a las empresas dedicadas al giro del sector de la edificación sujetarse a las recomendaciones que se realiza a través de lo que se denomina “círculos de la implementación”. La cual se basa en el siguiente esquema:

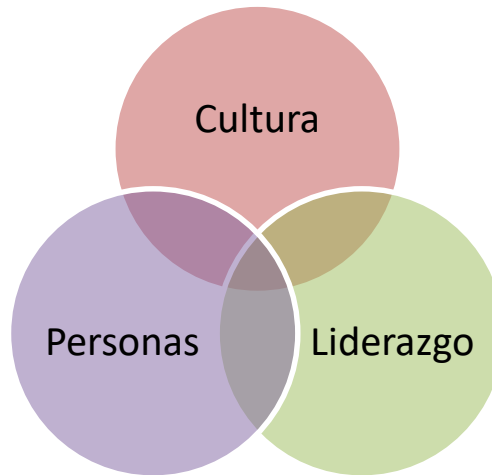


Figura 25. Círculos de la implementación. Fuente: propia.

El círculo de la implementación se basa en 3 elementos importantes resultado de las investigaciones recopiladas y del análisis de las encuestas que se obtuvieron por parte de las empresas. Cada elemento reúne información para que la implementación de Lean Construction en una organización sea más accesible. Cada círculo individual tiene el mismo peso que las demás por lo que se aconseja seguir las recomendaciones de cada una de ellas para lograr una implementación exitosa.

7.1.1 Personas

En el Sistema de Producción Toyota manejan una frase; “hacemos primero personas antes de hacer piezas”. Como punto de apoyo de la implementación se debe tener énfasis primordial en todas las personas que integra la organización, tanto como de oficina central y de campo, incluso los clientes, proveedores, subcontratistas, socios, etc.

Las personas son el arma más poderosa que hace que la filosofía sea un éxito al implementarla según los expertos en la filosofía, por lo que sugieren que todos los

involucrados comprendan los conceptos y herramientas Lean Construction que se utilicen en la empresa. Además es esencial enseñar a los trabajadores a identificar los 8 desperdicios en todas las actividades que ejecutan.

Se requiere de una mentalidad y actitud correcta para adoptar la filosofía o alguna herramienta derivada de ella, ya que el aprendizaje se da a través de la práctica y se desarrolla con las propias personas. Fortalecer los incentivos o bonos para todos los trabajadores es fundamental para garantizar la cooperación, dedicación y responsabilidad de cada trabajador ya que se sienten apreciados en contribuir en la productividad del proyecto. De igual forma pedir soluciones de los problemas del día a día en las obras a los mismos trabajadores sin importar su ocupación la cual se asegura un ambiente de cooperación y gratitud.

Se ha encontrado que las personas tienen 3 obstáculos que tienen que superar para dar el paso eficaz a un cambio de paradigma: miedo, responsabilidad y obligación. Para ello es necesario que la empresa conozca el estado de conciencia, rasgos personales, debilidades y fortalezas. Se recomienda tener presente estas preguntas: ¿Cuáles su actitud?, ¿Están motivados? y ¿Cuál es su experiencia? Para ello se recomienda que la empresa realice actividades para mejorar la comunicación y confianza mutua entre el líder Lean y los empleados. El Lean Construction Institute recomienda las siguientes herramientas para mejorar la comunicación y conocer sus fortalezas:

- ❖ Lumina spark.
- ❖ Instrumento de modo de conflicto Thomas Kilman (TKI).
- ❖ Evaluación de 360 grados.

7.1.2 Liderazgo

Un líder o gerente Lean apoyado de herramientas de Lean Construction que lleve a cargo la dirección y gestión de los objetivos planteados de la empresa y proyectos recae una gran responsabilidad de la implementación, contraten o no a un asesor experto Lean. Por ello un líder Lean tiene que ser el primero en cambiar la mentalidad para poder cambiar a su organización. Para dar una solución eficaz a los problemas que se enfrentarán los

líderes deben pensar, actuar y aprender en la toma de decisiones estratégicas y como enseñarles a los equipos en la obra. Tiene que salir del papel del gerente tradicional de como los expertos le llaman de “mando y control” y ser más abierto de mentalidad y tener mandos de mentor.

Algunos valores y rasgos personales extras que debe tener un buen líder Lean es:

| | | | |
|----------------------------------|--------------------|-----------|----------|
| Reconocer talentos y habilidades | Honrar a los demás | Confianza | Respeto |
| Fan Lean | Humildad | Audaz | Gratitud |

Todos estos valores le ayudarán tener conciencia sobre la colaboración de los empleados en las actividades lean, fomentando su creatividad para poder identificar barreras y problemas potenciales en las actividades de su gestión, la cual los expertos sugieren tener de vocabulario en primer lugar de: ¿QUE PIENSA USTED? y ¿QUÉ TE MOLESTA?

Funciones principales de un líder Lean:

- ❖ Una competencia fundamental de un líder Lean es dominar el kaizen, la cual asegura la mejora continua de los pequeños cambios que realice su personal.
- ❖ Atender a las sugerencias o ideas de los miembros del equipo.
- ❖ Reconocer o felicitar el trabajo de su equipo al menos 5 veces al día.
- ❖ Respetar los procedimientos de seguridad.
- ❖ Estandarizar, ejecutar y monitorear las actividades de su área. Recordar que estandarizar no es un procedimiento o receta si no documentar lo que bien se sabe hacer.
- ❖ Liderar las actividades de mejora.
- ❖ Realizar las caminatas gamba walk y sumarle acciones pequeñas a manera de poner el ejemplo al personal, esto beneficiaran a que se desarrolle la responsabilidad entre los trabajadores.

El líder debe de tener el hábito de monitorear, medir y controlar todos los cambios realizados. Se propone un cuestionario derivado de la encuesta realizada a las 40 empresas que ayude a monitorear la implementación (Apéndice 5), por lo que se recomienda realizarlo por periodos semanales o mensuales. De igual forma se recomienda utilizar herramientas gerenciales para encontrar las causas de los problemas que se presentan. En la encuesta resulta ser herramientas de poco uso por las empresas, por lo que se aconseja implementarlas durante el desarrollo de los proyectos, tales como:

| Herramienta | Cuando usarla: |
|-------------------------|---|
| Curva de aprendizaje | Cuando se necesite conocer la tasa acumulada de la experiencia de los trabajadores para hacer las tareas más rápidas y a menor costo. |
| Informe A3 | Cuando se necesite solucionar problemas desde la raíz generando un aprendizaje. |
| Diagrama de Ishikawa | Cuando un problema tenga muchos elementos e identificar la causa raíz. |
| Gráfico de Pareto | Cuando se necesite conocer los problemas más serios de alguna situación. |
| Histogramas | Para comprender la frecuencia a través de datos recabados. |
| Diagramas de espaguetti | Cuando se necesite aumentar el rendimiento de producción (usarlo con 5s). |
| Análisis FODA | Cuando se necesite conocer las debilidades y fortalezas de una situación. |
| 5 porqués | Cuando se necesite conocer la causa raíz de un problema o comprender una oportunidad. |
| 5 M | Ayuda a conocer la causa de los problemas de forma ordenada. |

Tabla 13. Tabla de herramientas gerenciales. Fuente propia.

7.1.3 Cultura

Una empresa es una cultura, es algo inamovible, es lo único que no se puede copiar de una empresa como un producto, un proceso constructivo, un servicio, etc. Es algo único que hace que cada empresa funcione de manera exitosa a través de la colaboración entre todo el personal. Una cultura empresarial puede crearse, fortalecerse y evolucionar, como adaptarse a nuevas gestiones de administraciones, calidad o a las nuevas tecnologías..

Una empresa lean tiene que ser fuerte y no débil que involucre de manera constante a los clientes, proveedores, subcontratistas, etc. a los objetivos del proyecto. Algunas empresas que tienen una cultura Lean realizan las siguientes actividades, por lo que se hace referencia para aquellas que aún no realicen estas acciones:

- ❖ El mando superior debe abrazar a Lean Construction y no delegar las funciones a sus trabajadores. En las actividades Lean la involucración del mando superior es la clave del éxito.
- ❖ Es conveniente analizar su filosofía actual (misión, visión, valores, etc.) de la empresa y corroborar que las personas y el cliente sea el objetivo a satisfacer sus necesidades. El cliente no es una mina de oro, sino un cliente a ayudar.
- ❖ Una empresa lean tiene un ambiente generoso en escuchar las soluciones de los empleados, en reconocer los objetivos realizados y en apoyar a los empleados.
- ❖ En los problemas que se generen, el último paso es buscar culpables y si es necesario omitir ese paso, en una cultura Lean primero se busca la solución en colaboración.
- ❖ La confianza es una pieza fundamental para desarrollar una cultura lean interna. Para ganar la confianza se debe aceptar los errores de los trabajadores. Recuerde que el objetivo de Lean es trabajar con el mínimo de problemas.
- ❖ Hay que crear un entorno físico y psicológicamente seguro para los trabajadores tanto de administración de obra y central. Esto se logrará conjuntamente con un buen líder que realice acciones significativas para tener un mando y control eficaz.
- ❖ Invertir en proveedores a largo plazo y elegir subcontratistas que estén abierto al aprendizaje.

- ❖ Dominar 5s tanto en la obra como en la administración central. La metodología sugiere ejecutar las 5's (organizar, ordenar, limpiar, estandarizar y disciplina), una sugerencia para empezar es realizar únicamente las primero 3's: organizar, ordenar y limpiar. Es una manera más práctica de implementar la metodología y no atosigar al personal. Dominar la herramienta 5s ayuda al personal a detectar errores y desperdicios en el área de producción.
- ❖ Tener reuniones de pie por las mañana permitirá revisar pendientes, errores, las mejoras, etc. y hacer estiramientos. Tener reuniones dirigidas por un buen líder con todos los participantes es clave para mantener motivados a los equipos durante el proyecto y así tener una efectiva implementación.
- ❖ Al contratar nuevos empleados se sugiere que busquen personas que demuestren una capacidad de adaptación.
- ❖ Fomentar el uso de la herramienta gestión visual, ya que facilita la mejora continua y apoya de manera mutua al Last Planner System. En base a los resultados de la encuesta la mayoría de las empresas no utilizan esta metodología de gestión. Por lo que resulta aconsejable aplicar de igual manera a la gestión de los proyectos a ejecutar. A demás ayuda a motivar y hacer independientes a los trabajadores en sus actividades.

Integrar el hábito de medir en la cultura es imprescindible ya que ayudan al líder o gerente Lean a tomar decisiones o alternativas y ver el rumbo durante la implementación, detectar barreras tempranas y problemas potenciales. Los expertos en Lean Construction recomiendan tener un control estadístico de los siguientes indicadores básicos que no solo informen sino que busque soluciones a los problemas.

| Orientado a: | Acción a ejecutar: |
|--------------------------|---|
| Procesos internos | Comparar tiempo real vs tiempo pronosticado |
| Clientes | Realizar un feedback |
| Finanzas | Comparar costo real del proyecto vs costo pronosticado |
| Personas | Medir desempeños a través de KPIs (key performance indicators). |
| Riesgos | Medir a través de análisis modo efecto fallo (amef). |

7.2 Recomendación para futuros estudios

- La herramienta Last Planner System resultó ser la más utilizada por las empresas encuestadas. Para investigaciones futuras se recomienda probar la efectividad en las empresas que se dediquen a la coordinación e integración de proyectos de ingeniería, donde la planeación e integración de tareas son reducidas a semanas. De igual forma se recomienda comprobar la efectividad de dicha herramienta en proyectos que implementen la triada LPS (Last Planner System) – BIM (Building Information Modeling) – IPD (Integrated Project Delivery), donde Last Planner System apoya en la planificación y control de la producción.
- La gestión de riesgos es un tema complejo en todo el proceso de construcción de un proyecto. Por esta razón se recomienda comprobar la efectividad de la herramienta AMEF (Análisis Modo Efecto Fallo), ya que resultó ser utilizada por pocas empresas encuestadas.
- Comparar a fondo la eliminación del residuo tipo material en las actividades, como en el uso de un procesamiento inadecuado, deterioros, inventarios, etc. de las obras que implementen los conceptos y herramientas Lean con aquellas que no lo hacen. Con la finalidad de conocer lo sustentable que puede ser la filosofía.

APÉNDICES

Apéndice 1. Cuestionario Lean Construction

| Cuestionario para conocer los beneficios obtenidos, barreras presentadas, herramientas implementadas y el grado de madurez de la implementación de la filosofía Lean construction en las empresas constructoras de edificación. | |
|--|--------------------------|
| INSTRUCCIONES: Marque con una "x" en los cuadros de lado derecho de cada pregunta que le corresponda. | |
| 1.- ¿Cual es el periodo (meses o años) de ejercer Lean Construction en la empresa? | |
| 1.1.- De 1 a 4 meses | <input type="checkbox"/> |
| 1.2.-De 5 a 8 meses | <input type="checkbox"/> |
| 1.3.-De 9 a 12 meses | <input type="checkbox"/> |
| 1.4).-De 2 a 4 años | <input type="checkbox"/> |
| 1.5).-de 5 a 8 años | <input type="checkbox"/> |
| 1.6).-De 9 a 12 años | <input type="checkbox"/> |
| 1.7).-Mas de 13 años | <input type="checkbox"/> |
| 2.- ¿Cómo conoció la empresa a la filosofía Lean Construction? | |
| 2.1.- Por amigos | <input type="checkbox"/> |
| 2.2.- Por compañeros de trabajo | <input type="checkbox"/> |
| 2.3.- Por una conferencia o seminario | <input type="checkbox"/> |
| 2.4.- Redes sociales | <input type="checkbox"/> |
| 2.5.- Benchmarking | <input type="checkbox"/> |
| 2.6.- Por el colegio(ingenieros, arquitectos,etc.) | <input type="checkbox"/> |
| 2.7.- Revistas | <input type="checkbox"/> |
| 2.8.- Páginas web | <input type="checkbox"/> |
| 2.9.- Otra | <input type="checkbox"/> |
| 3.-¿Cómo evalúa su conocimiento sobre Lean Construction? | |
| 3.1.- Excelente | <input type="checkbox"/> |
| 3.2.- Bueno | <input type="checkbox"/> |
| 3.3.- Regular | <input type="checkbox"/> |
| 3.4.- Malo | <input type="checkbox"/> |
| 4.- ¿Cuál es el grado de interés de la empresa en trabajar con Lean Construction? | |
| 4.1.- Excelente | <input type="checkbox"/> |
| 4.2.- Bueno | <input type="checkbox"/> |
| 4.3.- Regular | <input type="checkbox"/> |
| 4.4.- Malo | <input type="checkbox"/> |
| 5.- ¿El mando superior de la empresa se involucra a las actividades Lean? | |
| 5.1.- Si | <input type="checkbox"/> |
| 5.2.-No | <input type="checkbox"/> |
| 6.- ¿Antes de utilizar Lean Construction usaban otra metodología de gestión de proyectos de construcción? | |
| 6.1.- Si | <input type="checkbox"/> |
| 6.2.- No | <input type="checkbox"/> |

| | |
|--|--|
| 7.- ¿Antes de empezar a implementar la filosofía o alguna herramienta Lean, hicieron alguna evaluación de su empresa antes de volverse Lean? | |
| 7.1.- Si | |
| 7.2.- No | |
| 8.-¿La empresa cuenta con un sensei o asesor externo experto en Lean para implementar la filosofía o alguna herramienta Lean? | |
| 8.1.- Si | |
| 8.2.- No | |
| 9.- ¿Cumplen los objetivos o actividades que sus asesor o sensei les indica? | |
| 9.1.- Si | |
| 9.2.- No | |
| 10.- ¿Cada cuánto realizan las reuniones periódicas con el equipo de trabajo? | |
| 10.1.- 1 vez a la semana | |
| 10.2.- 2 o más veces a la semana | |
| 10.3.- 1 vez cada dos semanas | |
| 10.4.- 1 vez cada mes | |
| 11.- ¿Qué revisan en sus reuniones?. Puede seleccionar varias opciones | |
| 11.1.- Planificación de la obra | |
| 11.2.- Indicadores clave del proyecto (presupuesto, desempeño de trabajadores, fechas, etc.) | |
| 11.3.- Estándares | |
| 11.4.- Identificación y solución de problemas | |
| 11.5.- Otra | |
| 12.- ¿Hacen reuniones de pie diarias? | |
| 12.1.- Si | |
| 12.2.- No | |
| 13.- ¿La empresa cuenta con un big room(espacio temporal o permanente donde se realizan la reuniones) en la obra? | |
| 13.1.- Si | |
| 13.2.- No | |
| 14.- ¿La big room se mantiene organizada, ordenada y limpia? | |
| 14.1.- Si | |
| 14.2.- No | |
| 15.-¿En las reuniones usan el Parking Lot (si alguien interrumpe a la mitad de una reunión con otro tema importante, se escribe en un poster en la pared para discutirlo otro día)? | |
| 15.1.- Si | |
| 15.2.- No | |
| 16.-¿Utilizar la herramienta de pluses y deltas (se usa al final de la reunión y sirve para identificar lo que se hizo bien y las mejoras para la siguiente reunión)? | |
| 16.1.- Si | |
| 16.2.- No | |
| 17.- Seleccione los procesos de Gestión de los Riesgos que realizan en la empresa para cada proyecto de construcción? | |
| 17.1.- Hacer la planificación de la gestión de los riesgos | |
| 17.2.- Identificar los riesgos | |
| 17.3.- Realizar el análisis de los riesgos | |
| 17.4.- Planificar la respuesta a los riesgos | |
| 17.5.- Implementar las respuestas a los riesgos | |
| 17.6.- Monitorear los riesgos | |
| 17.7.- Ninguno | |

| | |
|---|--|
| 18.-¿Utilizan la metodología para el análisis de riesgos AMEF (Análisis Modo Efecto Fallos)? | |
| 18.1.- Si | |
| 18.2.- No | |
| 19.-¿Qué factores tuvo o tiene como barreras para la implementación de Lean Construction en su empresa? (Puede seleccionar varias opciones). | |
| 19.1.- Costo de implantación, gastos de capacitación, consultoría, etc. | |
| 19.2.- Dificultad del cuerpo técnico de la constructora y de los obreros de obra en asimilar la filosofía. | |
| 19.3.- No confiabilidad en buenos resultados de la filosofía de la Construcción. | |
| 19.4.- Por no ser una filosofía conocida o difundida en el sector de la construcción local o nacional. | |
| 19.5.- Tiempo de implementación largo. | |
| 19.6.- Falta de conocimiento Lean. | |
| 19.7.- Falta de cooperación de los empleados. | |
| 19.8.- Falta de incentivos. | |
| 19.9.- Cambio de la cultura laboral de los empleados. | |
| 19.10.- Desconfianza por los sindicatos | |
| 19.11.- Percepción de que Lean es demasiado complejo. | |
| 19.12.- Falta de normas o estándares. | |
| 19.13.- Falta de apoyo por organizaciones (cámaras, colegios,etc.) | |
| 19.14.- Otro. (A continuación descríbalo) | |
| 20.- Ha utilizado alguna estrategia propia de la empresa para contrarrestar esas barreras? | |
| a).- Si | |
| b).- No | |
| 21.- ¿Cuáles son los beneficios obtenidos de la implementación? | |
| 21.1.- Mejoras en la seguridad de la obra. | |
| a).- Excelente | |
| b).- Bueno | |
| c).- Regular | |
| d).- Malo | |
| 21.2.- Mayor satisfacción del cliente. | |
| a).- Excelente | |
| b).- Bueno | |
| c).- Regular | |
| d).- Malo | |
| 21.3.- Mejor calidad en los proyectos de construcción. | |
| a).- Excelente | |
| b).- Bueno | |
| c).- Regular | |
| d).- Malo | |
| 21.4.- Reducción del tiempo en la ejecución de las obras. | |
| a).- Excelente | |
| b).- Bueno | |
| c).- Regular | |
| d).- Malo | |
| 21.5.- Mayor productividad de los trabajadores. | |
| a).- Excelente | |
| b).- Bueno | |
| c).- Regular | |
| d).- Malo | |

| | |
|--|--|
| 21.6.- Reducción de los costos del proyecto. | |
| a).- Excelente | |
| b).- Bueno | |
| c).- Regular | |
| d).- Malo | |
| 21.7.- Mejor gestión de los riesgos en la obra. | |
| a).- Excelente | |
| b).- Bueno | |
| c).- Regular | |
| d).- Malo | |
| 21.8.- Reducción de los desperdicios. | |
| a).- Excelente | |
| b).- Bueno | |
| c).- Regular | |
| d).- Malo | |
| 21.9.- Conciencia de la carga de trabajo real que tienen | |
| a).- Excelente | |
| b).- Bueno | |
| c).- Regular | |
| d).- Malo | |
| 21.10.- Aumento de la coordinación y colaboración de todos los participantes en el proyecto | |
| a).- Excelente | |
| b).- Bueno | |
| c).- Regular | |
| d).- Malo | |
| 21.11.- ¿Ha tenido otro beneficio? A continuación descríbalos. | |
| a).- Excelente | |
| b).- Bueno | |
| c).- Regular | |
| d).- Malo | |
| 22.- ¿Qué herramientas Lean tiene implementadas? (Puede seleccionar varias opciones) | |
| 22.1.- Just in time. | |
| 22.2.- Total Quality Management (TQM). | |
| 22.3.- Mejora Continua (Kaizen). | |
| 22.4.- Benchmarking. | |
| 22.5.- Sectorización y tren de actividades. | |
| 22.6.- Ingeniería concurrente. | |
| 22.7.- Reingeniería. | |
| 22.8.- Mapas de cadena de valor (VSM). | |
| 22.9.- 5's | |
| 22.10.- Curva de aprendizaje. | |
| 22.11.- Last Planner System. | |
| 22.12.- Gestión visual (paneles). | |
| 22.13.- Total Productive Maintenance (TPM). | |
| 22.14.- Seis Sigma. | |
| 22.15.- Informa A3. | |
| 22.16.- Metodología 8D. | |

| | |
|---|--|
| 22.17.- Diagrama de Ishikawa (diagrama de pescado para determinar causas y tomar acciones). | |
| 22.18.- Poka Yoke. | |
| 22.19.- Kanban. | |
| 22.20.- Kitting. | |
| 22.21.- Gráfico de Pareto. | |
| 22.22.- Histogramas. | |
| 22.23.- BIM (trabajan completamente o en reuniones muestran avances con modelos 3D). | |
| 22.24.- Lean Project Delivery System (LPDS). | |
| 22.25.- Integrated Project Delivery (IPD). | |
| 22.26.- Jidoka | |
| 22.27.- Diagrama de espagueti | |
| 22.28.- Otro. (A continuación descríballo). | |

| | |
|--|--|
| 23.- ¿En cuantos proyectos ha utilizado tales herramientas? | |
| 23.1.- 1 a 5 proyectos | |
| 23.2.- 6 a 10 proyectos | |
| 23.3.- 11 a 15 proyectos | |
| 23.4.- 16 a 20 proyectos | |
| 23.4.- mas de 21 proyectos | |

V.- PRINCIPIOS Y SUB-PRINCIPIOS DE LEAN CONSTRUCTION

El objetivo es medir el grado de implementación de Lean Construction en las empresas constructoras a través de los 5 principios propuestos por diekmann et al, 2004.

| |
|--|
| PRINCIPIO 1: ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS |
| SUB-PRINCIPIO: OPTIMIZACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN. |

| | | | | |
|--|------|---|-------|---|
| | POCO | | MUCHO | |
| | | | | |
| 1.-¿Utiliza mecanismos auxiliares que aumentan la productividad y reducen la variabilidad del proceso? | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | | | | |

| | | | | |
|--|------|---|-------|---|
| | POCO | | MUCHO | |
| | | | | |
| 2.- ¿Existe la preocupación en mantener inventarios de materiales de alta rotación en las obras? | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | | | | |

| | | | | |
|---|------|---|-------|---|
| | POCO | | MUCHO | |
| | | | | |
| 3.- ¿Existe el control sobre las compras y entregas de materiales en su obra? | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | | | | |

| | | | | |
|---|------|---|-------|---|
| | POCO | | MUCHO | |
| | | | | |
| 4.- ¿La obra hace uso de productos preformados siempre que sea posible? | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | | | | |

| | | | | |
|---|------|---|-------|---|
| | POCO | | MUCHO | |
| | | | | |
| 5.- ¿Existe el control sobre la productividad de los obreros? | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | | | | |

| |
|---|
| SUB-PRINCIPIO: GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTROS. |
|---|

| | | | | |
|---|------|---|-------|---|
| | POCO | | MUCHO | |
| | | | | |
| 6.- ¿Existe la preocupación en trazar un mapeo del estado actual y proyectar un mapeo del estado futuro del flujo de trabajo de la obra?. | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | | | | |

| | POCO | | MUCHO | |
|---|------|---|-------|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 7.- ¿Existen equipos en la obra para auxiliar en los transportes verticales y horizontales de los materiales?. | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 8.- ¿Los materiales siempre se distribuyen cerca del punto de aplicación? | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 9.- ¿Existe una planificación formalizada en el sistema de producción (planes de largo, mediano y corto plazo)? | 0 | 1 | 2 | 3 |
| SUB-PRINCIPIO: OPTIMIZACIÓN DEL CONTENIDO DEL TRABAJO. | | | | |
| 10.- ¿Se conoce el tiempo de ciclo de las actividades internas de la obra? | 0 | 1 | 2 | 3 |
| CONCEPTO: tiempo de ciclo = tiempo de procesamiento + tiempo de inspección + tiempo de espera + tiempo de movimiento. | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 11.-¿Existe la preocupación de la obra en reducir las actividades que no agregan valor?. | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 12.- ¿Existen procedimientos formalizados para la ejecución de las principales actividades en el sitio de obra? | 0 | 1 | 2 | 3 |
| SUB-PRINCIPIO: OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN. | | | | |
| 13.- ¿Existe el control sobre el flujo de informaciones en su obra? | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 14.- ¿Los flujos de personas en el interior de la obra son constantemente analizados para obtener un mejor desempeño en el trabajo? | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 15.- ¿Sus equipos de construcción desempeñan varias funciones? | 0 | 1 | 2 | 3 |
| PRINCIPIO 2: MEJORAMIENTO CONTINUO/CALIDAD. | | | | |
| SUB-PRINCIPIO: MEDICIÓN | | | | |
| 1.- ¿La empresa mide los resultados (avance de proyecto, costos, tiempo de ejecución) de utilizar las herramientas Lean en sus proyectos? | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 2.-¿La empresa hace uso de los KPI (key performance indicator) para medir desempeños? | 0 | 1 | 2 | 3 |

SUB-PRINCIPIO: APRENDIZAJE ORGANIZACIONAL.

| | POCO | | MUCHO | |
|---|------|---|-------|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 3.- ¿El concepto de mejora continua se aplica en la obra? | | | | |

| | POCO | | MUCHO | |
|---|------|---|-------|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 4.- ¿Existe participación de los obreros en buscar mejorar los procesos internos? | | | | |

| | POCO | | MUCHO | |
|---|------|---|-------|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 5.- ¿Las inconformidades detectadas son tratadas con importancia por los empleados de la empresa? | | | | |

| | POCO | | MUCHO | |
|-------------------------------------|------|---|-------|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 6.- ¿La obra hace uso de benchmark? | | | | |

| | POCO | | MUCHO | |
|---|------|---|-------|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 7.- ¿Utilizan la herramienta de diagrama de pareto para conocer las causas de los problemas más frecuentes? | | | | |

SUB-PRINCIPIO: PREVENCIÓN DE ERRORES

| | POCO | | MUCHO | |
|---|------|---|-------|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 8.- Cuando hay algo importante que la empresa deba comunicar, ¿todos los trabajadores son informados? | | | | |

| | POCO | | MUCHO | |
|--|------|---|-------|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 9.- ¿Existe un control sobre la planificación? | | | | |

| | POCO | | MUCHO | |
|--|------|---|-------|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 10.- ¿La empresa cuenta con una base de datos relativa a los problemas frecuentes en cada fase del proyecto? | | | | |

SUB-PRINCIPIO: RESPUESTA A DEFECTOS.

| | POCO | | MUCHO | |
|--|------|---|-------|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 11.- ¿En la empresa se detecta la causa raíz de los defectos, se analizan y se proponen mejoras? | | | | |

| | POCO | | MUCHO | |
|--|------|---|-------|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 12.- ¿Existen auditorias internas para ver si son efectivas las mejoras? | | | | |

| | POCO | | MUCHO | |
|--|------|---|-------|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 13.- ¿Los resultados son mostrados en reunión, con indicadores y se explica? | | | | |

| | POCO | | MUCHO | |
|---|------|---|-------|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 14.- ¿La empresa cuenta con procedimientos para dar soluciones eficaces a los problemas que podrían presentarse en un futuro? | | | | |
| 15.- ¿Utilizan la herramienta de PDCA (Plan-Do-Check-Act) cuando hay un problema puntual o recurrente? | | | | |
| PRINCIPIO 3: ESTANDARIZACIÓN. | | | | |
| SUB-PRINCIPIO: ORGANIZACIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO. | | | | |
| | POCO | | MUCHO | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 1.- ¿Existen sistemas de comunicación eficientes en la obra como paneles, placas y radios? | | | | |
| | POCO | | MUCHO | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 2.- ¿La obra estaba bien señalizada? | | | | |
| | POCO | | MUCHO | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 3.- ¿Los sitios de obra tienen vías de acceso interno limpias, amplias y despejadas para la circulación de los trabajadores y equipos? | | | | |
| SUB-PRINCIPIO: GESTIÓN VISUAL. | | | | |
| | POCO | | MUCHO | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 4.- ¿Las metas, resultados y expectativas de la empresa son informaciones abiertas y divulgadas entre los empleados? | | | | |
| | POCO | | MUCHO | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 5.- ¿Tienen indicadores de rendimiento de la obra? | | | | |
| | POCO | | MUCHO | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 6.- ¿Utilizan la herramienta visual andon (resalta con algún tipo de luz o señal cuando todo está bien o hay algún problema)? | | | | |
| SUB-PRINCIPIO: DEFINICIÓN DE LOS PROCESOS DE TRABAJO. | | | | |
| | POCO | | MUCHO | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 7.- ¿Hay acceso para los trabajadores a los documentos para entender la metodología Lean? | | | | |
| | POCO | | MUCHO | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 8.- ¿La información sobre qué tareas se realizarán en la semana son claras y están disponibles para todos los trabajadores del sitio? | | | | |
| | POCO | | MUCHO | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 9.- ¿Tiene un estándar actualizado de los procesos como lista de materiales, rutas de los procedimientos, flujo de trabajo, especificaciones, etc.? | | | | |

| | | | | |
|---|--|--|--|--|
| PRINCIPIO 4: ENFOQUE AL CLIENTE. | | | | |
| SUB-PRINCIPIO: OPTIMIZACIÓN DEL VALOR. | | | | |

| | POCO | | MUCHO | |
|---|------|---|-------|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 1.- ¿Existe concientización en la obra sobre las diferencias entre clientes internos y clientes externos? | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | | | | |

| | POCO | | MUCHO | |
|---|------|---|-------|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 2.- ¿Se busca implantar las consideraciones de los clientes cuando son solicitados para ello? | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | | | | |

| | POCO | | MUCHO | |
|---|------|---|-------|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 3.- ¿El cliente realiza visitas a la obra para verificar si esta siendo ejecutada conforme a lo proyectado? | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | | | | |

| | POCO | | MUCHO | |
|--|------|---|-------|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 4.- ¿Existe un documento formalizado con informaciones solicitadas por el cliente y disponibles a los proyectistas involucrados? | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | | | | |

| | | | | |
|---|--|--|--|--|
| SUB-PRINCIPIO: FLEXIBILIDAD DEL PRODUCTO. | | | | |
|---|--|--|--|--|

| | POCO | | MUCHO | |
|--|------|---|-------|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 5.- ¿Las políticas de la empresa permite a sus productos ofrecidos una fleibilización en el diseño y tipo de material? | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | | | | |

| | POCO | | MUCHO | |
|---|------|---|-------|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 6.- ¿Hacen un feedback entre la empresa y el cliente? | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | | | | |

| | POCO | | MUCHO | |
|---|------|---|-------|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 7.- ¿utilizan la pizarra de queja postventa (espacio donde se ponen las quejas de los clientes para su análisis y proponer soluciones por todos los colaboradores)? | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | | | | |

| | | | | |
|---|--|--|--|--|
| PRINCIPIO 5: CULTURA/PERSONAS. | | | | |
| SUB-PRINCIPIO: COMPROMISO ORGANIZACIONAL. | | | | |

| | POCO | | MUCHO | |
|--|------|---|-------|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 1.- ¿Hay apoyo por parte de la gerencia u oficina central para seguir desarrollando la metodología Lean Construction en los proyectos? | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | | | | |

| | POCO | | MUCHO | |
|---|------|---|-------|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 2.- ¿Es facil coordinar proyectos o tareas entre las diferentes partes de la empresa? | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | | | | |

| | POCO | | MUCHO | |
|--|------|---|-------|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 3.- ¿La empresa tiene la motivación para adquirir nuevas tecnologías para sus proyectos? | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | | | | |

| | POCO | | MUCHO | |
|---|------|---|-------|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 4.- ¿Reconocen la contribucion y esfuerzo de los empleados con alguna recompensa? | | | | |
| SUB-PRINCIPIO: CAPACITACIÓN. | | | | |
| | POCO | | MUCHO | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 5.- ¿La empresa se preocupa constantemente de capacitar a sus trabajadores? | | | | |
| | POCO | | MUCHO | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 6.- ¿La empresa reconoce cuales son las fortalezas y debilidades de sus trabajadores para apoyarlos con capacitaciones? | | | | |
| | POCO | | MUCHO | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 7.- Cuando llegan trabajadores nuevos a la obra, ¿se les hace alguna inducción a las herramientas Lean? | | | | |
| SUB-PRINCIPIO: INVOLUCRAMIENTO DEL PERSONAL. | | | | |
| | POCO | | MUCHO | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 8.- ¿Hay un ambiente de confianza y respeto en el lugar de trabajo? | | | | |
| | POCO | | MUCHO | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 9.- ¿Los trabajadores se ven motivados por utilizar las herramientas de Lean Construction? | | | | |
| | POCO | | MUCHO | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 10.- ¿Se difunde las políticas de conducta de principios y valores de la empresa a los trabajadores? | | | | |
| | POCO | | MUCHO | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 11.- ¿Los obreros y cuerpo técnico trabajan en equipo? | | | | |
| | POCO | | MUCHO | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 12.- ¿Los encargados de ejecutar las actividades Lean conocen el concepto de liderar desde la base? | | | | |

Apéndice 2. Cuestionario para autoevaluación.

AUTOEVALUACION PARA IMPLEMENTAR LEAN CONSTRUCTION

EMPRESA:

FECHA:

| | | Prioridad | | | |
|-----|---|-----------|---|------|---|
| | | Bajo | | Alto | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1.- | ¿Cuál es la necesidad de la empresa para volverse Lean? | | | | |
| | Para mejorar la seguridad en las obras. | | | | |
| | Para ofrecer mayor satisfacción al cliente. | | | | |
| | Para mejorar la calidad en los proyectos de construcción. | | | | |
| | Para mejorar procesos administrativos. | | | | |
| | Para reducir el tiempo de ejecución de las obras. | | | | |
| | Para lograr mayor productividad de los trabajadores. | | | | |
| | Para mejorar la gestión de los riesgos. | | | | |
| | Para reducir los desperdicios en obra. | | | | |
| | Para concientizar a los participantes del proyecto sobre la carga real de trabajo que tienen. | | | | |
| | Aumentar la coordinación de todos los participantes. | | | | |
| | Para vencer la competencia. | | | | |
| | Para mejorar la planeación de la obra. | | | | |
| | Para mejorar los procesos de operación. | | | | |
| 3.- | Identifique a su empresa con respecto al conocimiento actual sobre la filosofía Lean Construction: | | | | |
| | La empresa tanto administración de obra y de campo no tienen conocimiento de los principios de Lean Construction, herramientas y prácticas. | | | | |
| | La empresa tanto administración de obra y de campo tienen conocimiento mínimo de los principios de Lean Construction, herramientas y prácticas. | | | | |
| | La empresa está a mitad de camino de una transformación Lean tanto en oficina central y de campo. | | | | |
| | El gerente tiene conocimiento de los principios de Lean Construction, herramientas y prácticas y la ha implementado solo en la administración de campo. | | | | |
| | Tenemos un poco de experiencia pero con problemas en la implementación. | | | | |
| 4.- | Identifique a sus clientes con respecto al conocimiento actual sobre la filosofía Lean Construction. | | | | |
| | Los clientes no tienen conocimiento de los principios de Lean Construction, herramientas y prácticas. | | | | |
| | Los clientes tienen un conocimiento mínimo sobre los principios de Lean Construction, herramientas y prácticas. | | | | |
| | Los clientes tienen experiencia sobre los principios de Lean Construction, herramientas y prácticas. | | | | |
| 5.- | Identifique a sus proveedores con respecto al conocimiento actual sobre la filosofía Lean Construction. | | | | |
| | Los proveedores no tienen conocimiento de los principios de Lean Construction, herramientas y prácticas. | | | | |
| | Los proveedores tienen un conocimiento mínimo sobre los principios de Lean Construction, herramientas y prácticas. | | | | |
| | Los proveedores tienen experiencia sobre los principios de Lean Construction, herramientas y prácticas. | | | | |

| | | | | | |
|-----------------------------------|--|-----------|---|------|---|
| 6.- | Identifique a sus subcontratistas con respecto al conocimiento actual sobre la filosofía Lean Construction. | | | | |
| | Los subcontratistas no tienen conocimiento de los principios de Lean Construction, herramientas y prácticas. | | | | |
| | Los subcontratistas tienen un conocimiento mínimo sobre los principios de Lean Construction, herramientas y prácticas. | | | | |
| | Los subcontratistas tienen experiencia sobre los principios de Lean Construction, herramientas y prácticas. | | | | |
| | | Capacidad | | | |
| | | Bajo | | Alto | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 7.- | Evalue la capacidad de su empresa para aplicar los principios de Lean Construction: | | | | |
| ELIMINACIÓN DE DESPERDICIO | | | | | |
| | Mejorar el proceso de producción y los elementos que lo componen, el cual se desarrolla con la entrada de recursos, la transformación y la obtención de un producto terminado para su entrega. | | | | |
| | Mejorar el tiempo total del ciclo de producción, incluyendo las actividades que agregan valor y las que no añaden valor. | | | | |
| | Mejorar el proceso de planificar y gestionar todas las actividades necesarias para el suministro, la adquisición, la conversión y la administración en el sistema de producción, coordinando e integrando los recursos y las diversas partes involucradas en el proceso, con el fin de lograr una producción a tiempo. | | | | |
| | Mejorar la forma de secuenciar el trabajo, planificando los recursos para lograr cumplir con los objetivos de tiempo, costo y calidad. | | | | |
| ESTANDARIZACIÓN | | | | | |
| | Que tan apta es mi empresa para compartir información en tiempo real y en el lugar, sobre el estado del trabajo y el cumplimiento de estándares, mediante ayudas visuales sencillas (paneles) y eficaces que permiten a los empleados conocer su desempeño y su influencia en los procesos. | | | | |
| | Realizar y explicar guías claras y detalladas para la ejecución de los procesos de trabajo de forma repetible, eliminando la variación en la producción, los errores y la suposición. | | | | |
| | Asegurar de que el entorno de trabajo sea un espacio ordenado, limpio y organizado, en el cual las herramientas y los materiales estén dispuestos para una mayor eficiencia, productividad, seguridad y correcta ejecución de los procesos de producción. | | | | |
| CULTURA PERSONAS | | | | | |
| | Cambiar para adoptar un comportamiento o una actitud con el fin de despertar el interés para realizar acciones en busca de conseguir los objetivos establecidos | | | | |
| | Lograr la participación activa de cada trabajador en la organización (oficina central y de campo), donde se le brinda habilidades, recursos, autoridad, oportunidad y motivación, con el propósito de generar autonomía, comprensión y compromiso con los objetivos fijados por la organización. | | | | |
| | Adquirir conocimientos técnicos, teóricos y prácticos por parte del mando directivo que van a contribuir al desarrollo de los trabajadores en la realización de alguna actividad específica de una mejor manera, con un énfasis en los contenidos que se enseñan y generando una actitud receptiva del conocimiento. | | | | |
| ENFOQUE AL CLIENTE | | | | | |
| | Mejorar en la forma de conocer, analizar y evaluar las necesidades, preferencias, motivaciones y requerimientos que tienen los clientes internos y externos, para maximizar los beneficios. | | | | |
| | Capacidad para adaptar la producción a la demanda y necesidades del cliente, por medio de la redistribución de recursos y cambios en los procesos. | | | | |

| MEJORAMIENTO CONTINUO/CALIDAD | | | | | |
|-------------------------------|--|-----------|------|---|---|
| | Desarrollar, establecer y usar normas de medida, claras y entendibles, para evaluar la eficiencia, el rendimiento, el progreso, la calidad y la capacidad de una actividad o un proceso, comparando lo que se tiene contra el estándar o las metas establecidas. | | | | |
| | Realizar un proceso dinámico y continuo de adquisición, asimilación, retención y transferencia de conocimiento, habilidades y actitudes para el desarrollo de recursos hacia la mejora de procesos, mediante el estudio o partiendo de la experiencia, con un énfasis en los procesos de cambio y generando una actitud aplicativa del conocimiento. | | | | |
| | Crear un entorno para el aprendizaje organizacional, donde se establezcan procedimientos para dar una resolución eficaz a los problemas, comprendiendo sistemáticamente la causa del defecto generado en la producción y manteniendo las soluciones para ser usadas en otros problemas en el futuro. | | | | |
| | Implementar proactivamente herramientas, técnicas y mecanismos cuyo objetivo es evitar que se generen defectos en la producción mediante la prevención, corrección, o llamar la atención sobre los errores que se produzcan. | | | | |
| | | Capacidad | | | |
| | | Bajo | Alto | | |
| 8.- | Evaluación de las características de su lider Lean que tendrá la capacidad para gestionar los nuevos proyectos con Lean Construction | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | | | | | |
| CARACTERÍSTICAS | | | | | |
| | Reconocer habilidades y talentos | | | | |
| | Honrar a los demás | | | | |
| | Humildad | | | | |
| | Confianza | | | | |
| | Respeto | | | | |
| | Fan Lean | | | | |
| | Audaz | | | | |
| | Gratitud | | | | |
| | Innovador | | | | |
| | Atención los detalles | | | | |
| | Motivador | | | | |
| | Comunicador | | | | |
| | Hábito de medir y monitorear desempeños | | | | |
| | | Capacidad | | | |
| | | Bajo | Alto | | |
| 9.- | Evalue la capacidad de su empresa para adaptarse a los cambios culturales: | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | ¿Qué tan dispuesta está la empresa en cambiar su filosofía de trabajo (misión, visión, valores, etc.) corroborando que los clientes y personas sean la número uno en satisfacer sus necesidades? | | | | |
| | ¿En un futuro la empresa está dispuesto a apoyar las herramientas implementadas con el uso de BIM? | | | | |
| | ¿Que tan dispuesta está la empresa para retribuir los siguientes tipos de salario emocional tanto de trabajadores de oficina central y de campo? | | | | |
| | Crecimiento dentro de la empresa | | | | |
| | Tener un buen ambiente laboral | | | | |
| | Ser parte de las decisiones de la empresa | | | | |
| | Desarrollo profesional | | | | |
| | Compensaciones monetarias | | | | |
| | Obsequios (vales de despensa, alimentos, etc.) | | | | |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| Para tener reuniones diarios o semanales con los trabajadores y demás participantes del proyecto. | | | | |
| Para tener un bigroom en la obra (lugar designado para realizar las juntas con todos los participantes del proyecto), a demás de mantenerlo, organizado, odenado y limpio. | | | | |
| Para mantener organizados, ordenados y limpios los almacenes, bodegas, etc. | | | | |
| Para mantener limpios y despejados las vías internas de las obras donde circulan los trabajadores y maquinaria. | | | | |
| Para colocar paneles con avisos en la obra para fomentar la gestión visual. | | | | |
| Para disponer información a los trabajadores con el fin de resolver dudas sobre las herramientas | | | | |
| | | | | |
| ¿Qué tan dispuesto está el mando directivo en apoyar en el desarrollo de la filosofía involucrándose en actividades como realizar caminatas en la obra? | | | | |
| ¿Qué tan dispuesta está los mandos directivos en acudir a las comunidades de prácticas de Lean Construction y sesiones de Lean Coffee con el objetivo de aprender más sobre Lean Construction? | | | | |
| | | | | |
| ¿Que tan paciente crea que sea capaz la empresa en conseguir los beneficios del uso de Lean construction? | | | | |
| De 1 a 4 meses | | | | |
| De 5 a 8 meses | | | | |
| De 9 a 12 meses | | | | |
| De 2 a 4 años | | | | |
| de 5 a 8 años | | | | |
| De 9 a 12 años | | | | |
| Mas de 13 años | | | | |
| | | | | |
| En la gestión de proyectos, qué tan apta es su equipo de trabajo para realizar y monitorear los siguientes indicadores: | | | | |
| Planificación de la obra | | | | |
| Indicadores clave del proyecto (presupuesto, desempeño de trabajadores, fechas, etc.) | | | | |
| Estándares | | | | |
| Identificación y solución de problemas | | | | |
| | | | | |
| En la gestión de riesgos de una obra, qué tan apta es su equipo de trabajo para realizar las siguientes actividades: | | | | |
| Hacer la planificación de la gestión de los riesgos | | | | |
| Identificar los riesgos | | | | |
| Realizar el análisis de los riesgos | | | | |
| Planificar la respuesta a los riesgos | | | | |
| Implementar las respuestas a los riesgos | | | | |
| Monitorear los riesgos | | | | |
| Ninguno | | | | |

Apéndice 3. Ejemplo de SIPOC para control de los procesos.

Anexo 3. Ejemplo de SIPOC para control de los procesos

| SIPOC | | | | |
|--|------------------------------------|--|------------------------------------|--|
| SUPPLIER (Proveedor) | INPUT (Entrada) | PROCESS (Proceso) | OUTPUT (Salida) | CUSTOMER (Cliente) |
| ✓ ✓ ✓ | ✓ ✓ ✓ | <pre> graph TD P1[] --> P2[] P2 --> P3[] P3 --> P4[] P4 --> P5[] P5 --> D{ } D --> P6[] </pre> | ✓ ✓ ✓ | ✓ ✓ ✓ |
| ✓ | ✓ ✓ ✓ | | Listado de las salidas del proceso | Listado de clientes y partes interesadas en los resultados |
| Listado de los proveedores que aportan las entradas al proceso | Listado de las entradas al proceso | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Apéndice 4. Ejemplo de tarjeta kaizen.

Actividad: _____

No.: _____

Fecha: _____

Responsable: _____

Fase del proyecto: _____

% de avance: _____

| | |
|----------------------------------|---------------|
| Percepción inicial del problema: | Croquis/fotos |
| Explicación del problema: | |
| Causa: | |
| Recomendación: | |
| Kaizen (mejora): | |

Apéndice 5. Cuestionario para monitorear la implementación.

CUESTIONARIO PARA MONITOREAR EL GRADO DE IMPLEMENTACIÓN

Encargado: _____
 Nombre del proyecto: _____
 Fase del proyecto: _____
 % avance del proyecto: _____

No. _____ Fecha: _____
 Fecha de inicio del proyecto: _____
 Fecha de termino del proyecto: _____

| | CRITERIOS | CRITERIO 1 | CRITERIO 2 | CRITERIO 3 | CRITERIO 4 |
|--|--|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------|
| E L E M E N T O S | PRINCIPIOS/SUBPRINCIPIOS | | | | |
| | Optimización de la programación de la producción | | | | |
| | ¿Están un buen estado los equipos y herramientas que mejoran la eficacia y aceleran el proceso de ejecución? | Pocas veces | En ocasiones | Con frecuencia | Muy frecuentemente |
| | ¿Hay suficiente material de alta rotación en la obra? | Muy poco | Relativamente poco | Cantidades moderadas | Mucho |
| | Gestión de la cadena de suministro | | | | |
| | ¿Con qué regularidad se usa la herramienta administración de la cadena de valor? | Pocas veces | En ocasiones | Con frecuencia | Muy frecuentemente |
| | ¿Está en buen estado los equipos en la obra para auxiliar en los transportes verticales y horizontales de los materiales? | Casi nunca | Ocasionalmente | Generalmente | Completamente |
| | ¿Los materiales se están distribuyendo cerca del punto de aplicación? | Muy poco | Relativamente poco | Cantidades moderadas | Mucho |
| | Optimización del contenido de trabajo | | | | |
| | ¿Con qué regularidad analizo el tiempo de ciclo de las actividades principales internas de la obra? | Casi nunca | Ocasionalmente | Generalmente | Completamente |
| C O M E T I D O | ¿Con qué frecuencia reviso las actividades que no agregan valor? | Pocas veces | En ocasiones | Con frecuencia | Muy frecuentemente |
| | ¿Con qué regularidad utilizo los procedimientos estandarizados para la ejecución de las principales actividades en el sitio de obra? | Casi nunca | Ocasionalmente | Generalmente | Completamente |
| | Optimización del sistema de producción | | | | |
| | ¿Comparto o me comparten informaciones actualizados sobre el proyecto? | Pocas veces | En ocasiones | Con frecuencia | Totalmente |
| | ¿Con qué frecuencia realizo la revisión de 5 minutos a los trabajadores? | Casi nunca | Ocasionalmente | Generalmente | Completamente |
| | Medición | | | | |
| | ¿Con qué frecuencia se mide los resultados (avance de proyecto, costos, tiempo de ejecución) de utilizar las herramientas Lean en el proyecto? | Casi nunca | Ocasionalmente | Generalmente | Completamente |
| | Aprendizaje organizacional | | | | |
| | ¿Cuánta participación de los obreros hay en buscar mejorar los procesos internos? | No mucha participación | Un poco | Bastante participación | Mucha participación |
| | ¿Cuánta importancia son tratadas las inconformidades detectadas por los trabajadores? | No mucha importancia | Un poco | Bastante importancia | Mucha importancia |
| E S T A N D A R I Z A C I O N | ¿Con qué frecuencia se utiliza las herramientas de análisis para conocer las causas de los problemas? | Casi nunca | Ocasionalmente | Generalmente | Completamente |
| | Prevención de errores | | | | |
| | ¿Todos los trabajadores y participantes del proyecto son informados, cuando hay algo importante que la empresa deba comunicar? | Pocas veces | En ocasiones | Con frecuencia | Totalmente |
| | ¿Se sigue actualizando la base de datos relativa a los problemas frecuentes en cada fase del proyecto? | Casi nunca | Ocasionalmente | Generalmente | De principio a fin |
| | Respuesta a defectos | | | | |
| | ¿Con qué frecuencia se detecta la causa raíz de los defectos, se analizan y se proponen mejoras? | Casi nunca | Ocasionalmente | Generalmente | Completamente |
| | ¿La solución de los problemas son mostrados en reunión y bien explicados? | Pocas veces | En ocasiones | Con frecuencia | Totalmente |
| | ¿Con qué frecuencia realizo estándares de mis actividades? | Casi nunca | Ocasionalmente | Generalmente | De principio a fin |
| | ¿Mi base de datos de los problemas están siendo eficaces? | No muy bien | Ligeramente | Bastante bien | Muy bien |
| | Organización del lugar de trabajo | | | | |
| ¿Están en un buen estado los paneles, avisos, radios, etc.? | No muy bien | Ligeramente | Bastante bien | Muy bien | |
| ¿Qué tan limpios y despejados están las vías de acceso interno para la circulación de los trabajadores, equipos y maquinaria? | Casi nunca | Ocasionalmente limpias y despejadas | Generalmente limpias y despejadas | Completamente limpias y despejadas | |
| ¿El big room está organizada, ordenada y limpia? | Casi nunca | Ocasionalmente | Generalmente | Completamente | |
| ¿Qué tan organizados, ordenados y limpios están los almacenes de los materiales, herramientas y equipo? | Casi nunca | Ocasionalmente | Generalmente | Completamente | |
| ¿Hay suficientes cestos o lugares designados para la basura? | Casi nunca | Ocasionalmente | Generalmente | Completamente | |
| Gestión visual | | | | | |
| ¿Qué tan visibles están los siguientes indicadores para todos los trabajadores: Las metas, resultados y expectativas de la empresa. Los indicadores de rendimiento de la obra. | No muy bien | Ligeramente | Bastante bien | Muy bien | |
| Fases del proyecto actualizado. | | | | | |
| Áreas de los almacenes, subcontratistas, de fumar, de descanso, etc. | | | | | |
| Definición de los procesos de trabajo | | | | | |
| ¿Con qué frecuencia los trabajadores piden información o documentos para entender la herramienta Lean? | Pocas veces | En ocasiones | Con frecuencia | Muy frecuentemente | |
| ¿Qué tan claras y entendibles están las informaciones sobre las tareas que se realizarán en la semana? | No muy bien | Ligeramente | Bastante bien | Muy bien | |
| ¿Con qué frecuencia actualizo los procesos como lista de materiales, rutas de los procedimientos, flujo de trabajo, especificaciones, etc.? | Pocas veces | En ocasiones | Con frecuencia | Muy frecuentemente | |
| ¿Que porcentaje de los trabajadores conocen los conceptos básicos de lean construction? | 0% - 25% | 26% - 50% | 51% - 75% | 76% - 100% | |

| | | | | | |
|---|---|----------------|-------------------------|--------------------|---------------------|
| E N F O R M A C I O N | Optimización del valor | | | | |
| | ¿Con qué frecuencia el cliente realiza visitas a la obra para verificar si esta siendo ejecutada conforme a lo proyectado (gemba walk)? | Casi nunca | Ocasionalmente | Generalmente | De principio a fin |
| | | | | | 34 |
| O B J E T I V O | Flexibilidad en los recursos | | | | |
| | ¿Con qué regularidad se hace un feedback entre la empresa y el cliente? | Casi nunca | Ocasionalmente | Generalmente | Completamente |
| | | | | | 35 |
| L I M I T E S | ¿Qué tan entendible está la pizarra de queja postventa? | No muy bien | Ligeramente | Bastante bien | Muy bien |
| | | | | | 36 |
| | Compromiso organizacional | | | | |
| C U L T U R A / P E R S O N A S | ¿Cuánto apoyo hay por parte de la gerencia para seguir desarrollando la metodología en el proyecto? | No mucho | Relativamente poco | Apoyo ligeramente | Apoyo completamente |
| | | | | | 37 |
| | ¿Qué tan fácil es coordinar las actividades del proyecto entre las diferentes partes de la empresa? | No muy bien | Ligeramente | Bastante bien | Excelente |
| | | | | | 38 |
| | ¿Qué tan fácil es coordinar las actividades entre los subcontratistas, proveedores, clientes, etc.? | No muy bien | Ligeramente | Bastante bien | Excelente |
| | | | | | 39 |
| | ¿Con qué regularidad reconocen la contribución y esfuerzo de los trabajadores con alguna recompensa? | Casi nunca | Ocasionalmente | Generalmente | De principio a fin |
| | | | | | 40 |
| | Capacitación | | | | |
| | ¿Con qué frecuencia se les explica a los trabajadores conceptos o herramientas de Lean construction? | Casi nunca | Ocasionalmente | Generalmente | De principio a fin |
| | | | | | 41 |
| | ¿Se conoce las fortalezas y debilidades de los trabajadores para apoyarlos con las capacitaciones? | No muy bien | Ligeramente | Bastante bien | Muy bien |
| | | | | | 42 |
| | Cuándo llegan trabajadores nuevos a la obra, ¿con qué frecuencia se les da alguna inducción a las herramientas Lean? | Casi nunca | Ocasionalmente | Generalmente | De principio a fin |
| | | | | | 43 |
| ¿Qué cantidad de trabajadores pueden reconocer los 8 tipos de desperdicios en sus actividades? | 0% - 25% | 26% - 50% | 51% - 75% | 76% - 100% | |
| | | | | 44 | |
| Involucramiento del personal | | | | | |
| ¿Qué tan motivados están los trabajadores por utilizar las herramientas de Lean Construction? | No muy bien | Ligeramente | Bastante bien motivados | Muy bien motivados | |
| | | | | 45 | |
| ¿Con qué frecuencia pido a los trabajadores su opinión de los problemas? | Casi nunca | Ocasionalmente | Generalmente | De principio a fin | |
| | | | | 46 | |
| ¿Cuánta confianza hay entre los trabajadores, subcontratistas, proveedores, etc.? | No mucha confianza | Un poco | Bastante confianza | Mucha confianza | |
| | | | | 47 | |
| ¿Cuánta libertad sienten los trabajadores para hablar con sus superiores? | No mucha libertad | Un poco | Bastante libertad | Mucha libertad | |
| | | | | 48 | |
| ¿Cuánto trabajo de cooperación en equipo existe entre los trabajadores, contratistas, subcontratistas, proveedores, clientes, etc.? | No mucha cooperación | Un poco | Bastante cooperación | Mucha cooperación | |
| | | | | 49 | |
| ¿Qué tan bien conozco los problemas que enfrentan los trabajadores? | No muy bien | Ligeramente | Bastante bien | Muy bien | |
| | | | | 50 | |
| ¿Con qué frecuencia se les felicita o reconoce a los trabajadores por su buen trabajo? | Casi nunca | Ocasionalmente | Generalmente | De principio a fin | |
| | | | | 51 | |

Puntaje anterior:

Puntaje actual:

OBSERVACIONES:

BIBLIOGRAFÍA

- McGraw Hill Construction. (2013). Lean Construction, Leveraging Collaboration and Advanced Practices to Increase Project Efficiency.
- A.M.P.I. (2018). Un 2019 positivo para el sector inmobiliario. Revista A.M.O.I., 12.
- Achell, J. F. (2014). Introducción a Lean Construction. Madrid: Fundación Laboral de la Construcción.
- Alarcón, L. F. (1997). Lean Construction. USA: A.A.Balkema, Rotterdam.
- Architects, T. A. (2007). Integrated Project Delivery: A Guide.
- Arias, J. (s/f de s/f de 2019). Visión de las Fibras de cara a 2019. Obtenido de Real Estate market & lifestyle: <https://realestatemarket.com.mx/articulos/capital-markets/24185-vision-de-las-fibras-de-cara-a-2019>
- Atle Engebø, Frode Drevland, Jardar Lohne, Nawras Shkmot, and Ola Lædre. Geographical Distribution of Interest and Publications on Lean Construction. Number July, pages 285–292, jul 2017. Doi: 10.24928/2017/0121. URL <http://iglc.net/Papers/Details/1405>.
- Ayala, P. G. (2017). Generación de un mapa sistémico para la aplicación de herramientas lean en la construcción (Tesis de Licenciatura). Zapopan, Jalisco.
- Ballard, G. (2000). Lean Project Delivery System. Lean Construction System.
- Bashir, A. S. (2015). Overcoming the challenges facing lean construction practice in the UK. University of Salford.
- Becerra, U. B. (2016). Evaluación de la Madurez de los Principios Lean en Proyectos de Construcción (Tesis de Maestría). Santiago de Chile.
- Carvalho, B. S. (2008). PROPOSTA DE UMA FERRAMENTA DE ANÁLISE E AVALIAÇÃO DAS CONSTRUTORAS EM RELAÇÃO AO USO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA (Tesis de Maestría). Universidade Federal do Paraná.
- Construcción, C. d. (23 de Noviembre de 2018). www.cmic.org. Obtenido de www.cmic.org.
- Contreras, D. H. (2016). Implementación de los Principios de Lean Construction en la Constructora Colproyectos S.A.S. de un Proyecto de Vivienda en el Municipio de Villa del Rosario (Tesis de Especialidad). Universidad Industrial de Santander.
- Coyopai, D. A. (2015). Identificación de Pérdidas de Producción en un Proyecto de Construcción en Valdivia Y Manual de Prácticas Lean (Tesis de Licenciatura, ingeniería civil). Valdivia, Chile.

- Deloitte. (Junio de 2018). Global Powers of Construction 2017. Obtenido de Deloitte: <file:///C:/Users/acer/Downloads/gx-construction-global-powers-of-construction-2017.pdf>
- Economía, S. d. (25 de mayo de 2016). ¿Qué es la inversión extranjera directa? Obtenido de gob.mx: <https://www.gob.mx/se/articulos/que-es-la-inversion-extranjera-directa>
- Gómez, V. (2018). El desarrollo industrial se mantiene estable en 2T2018. *Inversión Inmobiliaria*, 15.
- Gutiérrez, C. A. (2017). Implementación del Sistema Last Planner en Edificación en Altura en una Empresa Constructora (Tesis de Licenciatura). Universidad Andrés Bello.
- Hernán Porras Díaz, O. G. (1 de Diciembre de 2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción. Obtenido de Avances: Investigación en ingeniería: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/298>
- IGLC. (s/f de s/f de 2015). El Grupo Internacional para la Construcción Lean. Obtenido de IGLC.net: <http://www.iglc.net/Home/About>
- Institute, L. C. (s/f de s/f de 2017). Historia. Obtenido de Lean Construction Institute: www.leanconstruction.org/about-us/what-is-lean-design-construction/history/
- Irigoyen, M. T. (2007). Metodología para la Identificación y Eliminación de Pérdidas en una Gerencia de Proyectos Interna (Tesis de Maestría). Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Jablonsky, J. R. (1995). TQM, Como implantarlo. México D.F.: Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V.
- Jr., R. J. (1995). Benchmarking para competir con ventaja. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.
- Koskela, L. (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction . Stanford University: CIFE, Technical Report #72.
- Lamudi. (s/f de s/f de 2018). Informe del Mercado Inmobiliario 2018. Obtenido de lamudi.com.mx: <https://www.lamudi.com.mx/Informe-del-Mercado-Inmobiliario-2018/>
- Leonidas Uzcategui. (13 de agosto de 2019). Webinar Camino a la Implementación de Lean Construction + Mini Curso Gratis [archivo de video]. Recuperado el 2019 de Octubre de 2019, de <https://www.youtube.com/watch?v=VDNxFmEwhxA>
- Lucena, A. E., & De Mori, L. M. (2018). Critical analysis of Lean Construction measuring tools. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, Vol. 15, No. 2, 311-321.
- Martinez, A. (2019 de Marzo de 2019). Sólo 2% de la industria de la construcción utiliza método Lean Construction. Obtenido de grupoenconcreto.com:

<https://www.grupoenconcreto.com/solo-2-de-la-industria-de-la-construccion-utiliza-metodo-lead-construction/>

- Martínez, B. C. (2007). Desarrollo del Perfil para un Profesionalista bajo la Metodología de Lean Construction (Tesis de Maestría). Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Martínez, B. G. (2018). Principios y Herramientas para la Administración del Mejoramiento de la Productividad en Obras de Edificación (Tesis de Maestría). UNAM.
- MAXWELL. (2008). LEAN. EUA: MMACKARILL.
- MBA, A. A. (2014). Lean In Construction (Key to Improvements in Time, Cost and Quality). AA Global Sourcing Ltd. Recuperado el 2 de Mayo de 2019, de <http://www.aaglobalsourcing.com>
- México, L. C. (s/f de s/f de 2019). Programa de Formación Especializada para la construcción. Obtenido de Lean Construction México: <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/capacitacion>
- México, L. C. (s/f de s/f de 2019). Quienes somos. Obtenido de Lean Construction Institute México: <https://www.leanconstructioninstitutemexico.org/>
- Navarrete, F. (2018). Sector inmobiliario, en crecimiento y con gran potencial. Inversión Inmobiliaria, 11.
- Oscar Montaña Arango, J. R. (s/f). Modelo que Identifica el Nivel de Madurez de los Procesos de las Pequeñas Empresas del Sector Industrial. Tijuana: XII CONGRESO INTERNACIONAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS A. C. (ACACIA).
- Parro, N. R. (1996). Reingeniería, empezar de nuevo. Buenos Aires, Argentina: Macchi Grupo Editor S.A.
- Peñaloza, J. P. (2014). "Just In Time" Aplicado en la Industria de la construcción (Tesis de Especialidad). México, D.F.
- Pereira, M. (2012). AVALIAÇÃO E ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA FILOSOFIA LEAN EM EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE (Tesis de Especialización). Escola de Engenharia da UFMG.
- Pérez, A. H. (2005). Lean Construction: Aplicación de Administración de la Cadena de Valor y Logística Esbelta en la Industria de la Construcción (Tesis de Maestría). Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Riveros, L. (3 de diciembre de 2018). Las distintas formas de habitar. Obtenido de Gatopardo: <https://gatopardo.com/bienes-raices/mercado-inmobiliario/>

- Rodríguez, A. (19 de Eneo de 2019). Perspectivas de los fibras hacia el 2019. Obtenido de El economista: <https://www.economista.com.mx/opinion/Perspectivas-de-los-fibras-hacia-el-2019-20190117-0117.html>
- Rosas, E. (2019). CDMX, polo de inversión inmobiliaria. *Inversión Inmobiliaria*, 18-19.
- Sandra Cano, L. R. (2015). *Modelo Sistémico de la Madurez en la Aplicación de Lean en la Gestión de Proyectos de Construcción*. Brasil: SIBRAGEC ELAGEC.
- SEDUVI. (2019). Programa General de Desarrollo Urbano. Obtenido de Secretaria de Desarrollo Urbano y Vivienda: <https://www.seduvi.cdmx.gob.mx/programas/programa/programa-general-de-desarrollo-urbano>
- SFH. (19 de febrero de 2019). Sociedad Hipotecaria Federal. Obtenido de gob.mx: <https://www.gob.mx/shf/documentos/estado-actual-de-la-vivienda-en-mexico-eavm-2017>
- Tejeda, A. G. (2014). *Aplicación de la Filosofía Lean Construction en la Planificación, Programación, Ejecución y Control de Proyectos* (Tesis de Licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Vargas, L. M. (2003). *Aplicación y Adaptación del Método Planificador Último (Last Planner) para el Control de Flujo y Variabilidad de Actividades de un Proyecto de Construcción* (Tesis de Maestría). Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Vela, L. A. (2011). *Metodología para la Reducción de Pérdidas en la etapa de Ejecución de un Proyecto de Construcción* (Tesis de Maestría. UNAM.
- Watson, W. T. (2018 de Septiembre de 2018). Tendencias y riesgos emergentes en el futuro del sector de la construcción. Obtenido de Willis Towers Watson: <https://willistowerswatsonupdate.es/gestion-de-riesgos/tendencias-y-riesgos-emergentes-en-el-futuro-del-sector-de-la-construccion/>
- Zúñiga, C. A. (2011). *Implementación y Seguimiento de la Metodología Lean Construction a las Actividades Constructivas de la Obra Metropolitan Business Park en la Empresa Marval S.A.* (Tesis de Maestría). Universidad Pontificia Bolivariana.