

**PROPUESTA GUÍA PARA UNA PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN EN PROYECTOS  
DE VIVIENDA UNIFAMILIAR CON ENFOQUE LEAN CONSTRUCTION**

**YULIETH ADRIANA AVENDAÑO CONTRERAS  
CÓDIGO: 505224  
JESSIKA FERNANDA RUIZ PARRA  
CÓDIGO: 505252**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
TRABAJO DE GRADO  
BOGOTÁ  
2018**

**PROPUESTA GUÍA PARA UNA PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN EN PROYECTOS  
DE VIVIENDA UNIFAMILIAR CON EFOQUE LEAN CONSTRUCTION**

**YULIETH ADRIANA AVENDAÑO CONTRERAS  
CÓDIGO: 505224  
JESSIKA FERNANDA RUIZ PARRA  
CÓDIGO: 505252**

**Trabajo de grado para optar al título de  
Ingeniero Civil**

**Director  
Edgar Ricardo Monroy Vargas  
Ingeniero PhD.**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
TRABAJO DE GRADO  
BOGOTÁ  
2018**



## Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)**

Para leer el texto completo de la licencia, visita:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

### Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra  
hacer obras derivadas

### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

**FIRMA PRESIDENTE DEL JURADO**

---

**FIRMA DEL JURADO**

**Bogotá D.C, 30 de noviembre del 2018**

## DEDICATORÍA

*A un gran hombre que, aunque no esté presente;  
desde el cielo estará guiando e iluminando mi  
camino, quien sin duda alguna estará feliz por  
cada uno de mis logros.*

*A la memoria de Camilo Contreras Cortés*

*Yulieth Adriana Avendaño Contreras*

*A mi familia, Padres y Hermana por su incondicional  
apoyo, motivación, valores y consejos, a ellos por  
ser el cimiento primordial en todo lo que soy, en lo  
que me he convertido personal y profesionalmente.*

*Jessika Fernanda Ruiz Parra*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios por permitirme llegar a este lugar en mi vida académica.*

*A mi familia por apoyarme económica y emocionalmente durante todo este proceso universitario. Porque cada uno de ellos ha sido parte fundamental del mismo; Por ser quienes me alientan cada día a ser una mejor persona.*

*A mi padre por su nobleza y humildad, a mi madre por su lucha y entereza, a mi hermano por enseñarme que aún en la distancia el amor es incondicional, y a mi hermana por ser mi cómplice y mejor amiga, a mi abuela por todo su cariño.*

*A Carlos, Jonathan y Jessika por su apoyo incondicional.*

***Yulieth Adriana Avendaño Contreras***

*Agradezco a Dios por haberme guiado en este camino, por darme, esperanza y ser mi fortaleza en los momentos difíciles, por permitirme cumplir cada sueño y meta de mi vida.*

*Infinitas gracias a mi padre John y a mi madre Ligia por su esfuerzo, por cada minuto de su tiempo, sus oraciones que me guiaron y me acompañaron en este camino. A mi hermana Dajhana y mi sobrino Samuel por ser la motivación de continuar en este camino y esforzarme al máximo para cumplir una de las etapas que marcaran mi vida.*

*A Yulieth por ser parte de este logro y más aun por tan sincera y hermosa amistad.*

***Jessika Fernanda Ruíz Parra***

*Al núcleo de docentes que hicieron parte de nuestra formación, En especial a los ingenieros; Ricardo Monroy, Juan Bastidas y Abraham Ruíz.*

***Yulieth Avendaño y Jessika Ruíz***

## CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>13</b>
<b>1. GENERALIDADES</b>	<b>14</b>
<b>1.1 ANTECEDENTES</b>	<b>14</b>
<b>1.2 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>15</b>
1.2.1 Descripción del problema.	15
1.2.2 Formulación del problema.	16
<b>1.3 OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
1.3.1 Objetivo general.	16
1.3.2 Objetivos específicos.	16
<b>1.4 JUSTIFICACIÓN</b>	<b>17</b>
<b>1.5 DELIMITACIÓN</b>	<b>18</b>
1.5.1 Espacio.	18
1.5.2 Tiempo.	19
1.5.3 Contenido.	19
1.5.4 Alcances.	19
<b>1.6 MARCO DE REFERENCIA</b>	<b>19</b>
1.6.1 Estado del arte.	19
1.6.2 Marco Teórico.	20
1.6.3 Marco conceptual.	23
1.6.4 Marco Legal	25
<b>1.7 METODOLOGÍA</b>	<b>25</b>
1.7.1 Tipo de estudio.	25
1.7.2 Fuentes de información.	25
<b>1.8 DISEÑO METODOLÓGICO</b>	<b>25</b>
<b>2. METODOLOGÍAS EN EL MARCO DE LA PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS</b>	<b>27</b>
<b>2.1 GESTIÓN EN LA PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE OBRA</b>	<b>27</b>
2.1.1 Gestión de la planificación en proyectos.	27
2.1.2 Fases de la gestión de proyectos.	29
2.1.3 Técnicas de Planeación.	31

2.1.4 Gestión de la calidad en proyectos de obra.	34
<b>2.2 ARCHICAD</b>	<b>35</b>
2.2.1 Historia.	35
2.2.2 Generalidades.	36
2.2.3 Características	37
<b>2.3 PMI Y MICROSOFT PROJECT</b>	<b>38</b>
2.3.1 Historia	38
2.3.2 Generalidades Microsoft Project	39
2.3.3 Características	39
<b>2.4 METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION</b>	<b>40</b>
2.4.1 Origen.	40
2.4.2 Definición.	40
2.4.3 Generalidades.	41
2.4.4 Herramientas para la implementación del Lean Construction.	45
<b>2.5 RENDIMIENTO DE OBRA</b>	<b>46</b>
<b>3. LEAN CONSTRUCTION EN ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>47</b>
<b>3.1 ENCUESTA</b>	<b>47</b>
3.1.1 Esquema de la encuesta	47
3.1.2 Análisis de datos	48
<b>3.2 ENTREVISTA.</b>	<b>55</b>
3.2.1 Desarrollo de la entrevista.	55
3.2.2 Análisis de información	56
<b>3.3 FORMULACIÓN MATRIZ GUÍA</b>	<b>57</b>
3.3.1 Diseño matriz Lean Construction.	57
3.3.2 Preliminares	60
3.3.3 Cimentación	62
3.3.4 Estructura	63
3.3.5 Cubierta	65
3.3.6 Acabados	66
<b>4. IMPLEMENTACIÓN DE LA MATRIZ EN CASO DE ESTUDIO</b>	<b>67</b>
<b>4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>67</b>
<b>4.2 APLICACIÓN DE LA MATRIZ</b>	<b>71</b>
4.2.1 Preliminares	71
4.2.2 Cimentación	73



4.2.3 Estructura	75
4.2.4 Cubierta	77
4.2.5 Acabados	78
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>81</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>82</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>83</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>88</b>

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Trabajos Relacionados	19
Tabla 2. Estimación de Desperdicios en Obra	41
Tabla 3. Actividades constructivas	57
Tabla 4. Actividades preliminares	60
Tabla 5. Actividades de cimentación	62
Tabla 6. Actividades Estructurales	63
Tabla 7. Actividades para Cubierta	65
Tabla 8. Actividades para acabados	66

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ciclo de vida de proyecto	17
Figura 2. Pirámide de Necesidades	22
Figura 3. Fases de la Gestión de Proyectos	30
Figura 4. Relación la Fases de Gestión de la Planificación y el Ciclo PHVA	31
Figura 5. Diagramas de Barras	32
Figura 6. Comparación de Curvas de Producción Planeada y Actual	33
Figura 7. Diagramas de Tiempo y Espacio	33
Figura 8. Ruta crítica	34
Figura 9. Uso de los modelos 3D CAD	37
Figura 10. Modelo de producción tradicional	42
Figura 11. Modelo de Producción Lean o TFV.	43
Figura 12. Ejemplo del Modelo Tradicional para la Puesta de Ladrillo	43
Figura 13. Ejemplo de un Modelo TFV, Puesta de Ladrillo	44
Figura 14. Plan para Medición de Pérdidas	46
Figura 15. ¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?	48
Figura 16. ¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?	49
Figura 17. ¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?	50
Figura 18. ¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?	51
Figura 19. ¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?	52
Figura 20. ¿Usaría una matriz enfocada en la metodología Lean Construction?	53
Figura 21. De conocer la metodología Lean Construction. ¿Incluiría en sus clases la explicación de esta metodología a sus estudiantes?	54
Figura 22. Formato seguimiento de obra	59
Figura 23. Formato diseño de la matriz	60
Figura 24. Formato matriz actividades preliminares.	61
Figura 25. Formato matriz actividades de cimentación.	62
Figura 26. Formato matriz de actividades estructurales	64
Figura 27. Formato matriz de actividades para cubierta.	65
Figura 28. Formato matriz de actividades para acabados	66
Figura 29. Localización de la vivienda	67
Figura 30. Planta primer piso	68
Figura 31. Sistema estructural (Mampostería confinada)	69
Figura 32. Cubierta	70
Figura 33. Acabados	70
Figura 34. Seguimiento de obra, actividades preliminares.	71
Figura 35. Matriz solución, actividades preliminares.	72
Figura 36. Seguimiento de obra, actividades de cimentación	73

Figura 37. Matriz solución, actividades de cimentación.	74
Figura 38. Seguimiento de obra, actividades de estructura.	75
Figura 39. Seguimiento de obra, actividades de estructura.	75
Figura 40. Seguimiento de obra, actividades de estructura.	76
Figura 41. Matriz solución, actividades de estructura.	76
Figura 42. Seguimiento de obra, actividades de cubierta.	77
Figura 43. Matriz solución, actividades de cubierta	77
Figura 44. Seguimiento de obra, actividades de acabados	78
Figura 45. Seguimiento de obra, actividades de acabados	78
Figura 46. Matriz solución, actividades de acabados.	79
Figura 47. Matriz resumen	79

## INTRODUCCIÓN

Colombia ha cobrado un alto dinamismo en el sector de la construcción siendo este un aspecto fundamental como fuente de desarrollo económico, empleo, comercial, donde la inversión pública y privada en proyectos de obras civiles hacen parte de este desarrollo.

Los proyectos de obras civiles deben plantearse y ejecutarse con altos estándares de calidad, garantizando entre otras cosas muy importantes la seguridad en los trabajos, estudiando el costo-beneficio, y algunos otros temas que exigen una planeación adecuada, una ejecución eficiente, una finalización y la entrega oportuna además de un intachable servicio post entrega.

La ausencia de conocimientos amplios y claros, en cada una de las fases de un proyecto de obras inmobiliarias, presenta durante la ejecución problemas que generaran retardos en la entrega final del proyecto.

Debido a las últimas situaciones presentadas no solo en Colombia si no el mundo, en cuanto a las fallas en planeación y ejecución de proyectos de viviendas unifamiliares. En este sentido, el objetivo del presente trabajo es presentar una propuesta de guía para llevar a cabo la planeación y ejecución exitosa en proyectos de vivienda unifamiliar, estudiando, analizando y aplicando la metodología Lean Construction que en el ámbito ingenieril reduce las actividades que no agregan valor al proyecto lo que se puede determinar cómo pérdidas en costo, tiempo y rendimiento de trabajo, la guía representará la planeación y ejecución de un proyecto de vivienda unifamiliar donde las actividades representadas a realizar estarán bajo los principios Lean Construction y su filosofía con el fin de generar apoyo en el control del tiempo y rendimiento en el desarrollo de la construcción para este tipo de proyectos. Para verificación del mismo, se realizó trabajo de campo para la obtención de mayor información. Finalizada la propuesta de la guía, se espera que estas sean adoptadas e implementadas, y así se pueda cumplir una satisfactoria entrega de proyecto.

Este trabajo se pretende establecer y analizar las distintas metodologías de seguimientos y controles usualmente utilizados en la planeación, ejecución y control de obras, tales como Project, ArchiCad y Lean Construction. Las guías se pueden presentar como una alternativa sobre los lineamientos de planeación y ejecución en una obra de vivienda unifamiliar en sus diversas fases, siendo estas una ayuda para la minimización de actividades que no generen valor a la construcción, así mismo que permita determinar el rendimiento de la ejecución de la obra en sus diversas fases aplicando la metodología Lean Construction.

# 1. GENERALIDADES

## 1.1 ANTECEDENTES

En una gran cantidad de países el sector de la construcción constituye uno de los motores principales de la economía, ya que obras de infraestructura de calidad como carreteras, puentes, túneles, vías de comunicación, construcción, vivienda, entre otras, permiten a los países competir en el mercado mundial y sin duda en “estos momentos de crisis es necesario plantear obras de alto nivel que obtengan el financiamiento requerido para materializar los proyectos y así asegurar construcciones civiles a tiempo, dentro de los costos establecidos y de calidad internacional”<sup>1</sup>.

Uno de los ejes programáticos del Gobierno Colombiano actual, pretende impulsar el desarrollo económico a partir de una mayor oferta de vivienda. Esta estrategia aborda la problemática del desempleo - especialmente el de la mano de obra menos calificada - la disminución del déficit habitacional y el desarrollo económico del país. Las locomotoras del gobierno actual retoman un proceso intervención estatal, que se hizo urgente con el crecimiento demográfico y el acelerado proceso de urbanización que se presentó en el siglo XX. “El Estado ha enfrentado el problema con diferentes estrategias durante las últimas cuatro décadas. Fue a partir de los setentas, en donde el problema se abordó con un plan estratégico de nivel nacional, que intentó - no solo atender la creciente demanda de viviendas - sino de aprovechar el fenómeno en beneficio del desarrollo económico del país”<sup>2</sup>.

El hombre ha utilizado la planeación y el control de obra, consciente o inconscientemente desde que edificó su primera obra. Ha utilizado diferentes herramientas para auxiliarse en el amplio campo de la construcción, ha ido perfeccionando, sus diferentes técnicas o métodos para lograr alcanzar sus objetivos. Una muestra de estos, es “la construcción de los grandes centros ceremoniales como el de Teotihuacan, Chichen Itza, etc; o algunos más modernos como la Gran Muralla china, Templos Romanos y Catedrales. Todos estos ejemplos por más rudimentarios que parezcan, no se hubieran logrado sin alguna técnica de gerencia de proyectos”<sup>3</sup>.

Lean Construction es la metodología enfocada a una “construcción sin pérdidas” como la propuesta de la nueva gestión en proyectos ingenieriles, esta se origina en Japón durante la década de los 50 e inicios de los 60; “Toyota Motor como empresa

---

<sup>1</sup> SIDNEY, Levy. Administración de proyectos de construcción. México: Mac Graw - Hill, 2002. p. 20

<sup>2</sup> LEAN CONSTRUCTION ENTERPRISE. Lean Construction Enterprise [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 22 febrero, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.leanconstructionenterprise.com/documentacion/historia-del-sector>>

<sup>3</sup> CERVANTES, Julio. Planeacion y control [en línea]. México: Universidad de la America Puebla [citado 22 febrero, 2018]. Disponible en Internet: <URL: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/mgc/perez\\_c\\_jc/capitulo1.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mgc/perez_c_jc/capitulo1.pdf)>

ensambladora junto con Taiichi Ohno encargado de la parte de producción con el objetivo de eliminar residuos y mejorar tiempos de entrega adoptan la metodología, por esta razón en 1992 Lauri Koskela fundador de la metodología Lean Construction<sup>4</sup> en el sector de la construcción adquiere esta metodología modelo como alternativa para satisfacer las necesidades de optimización en la concepción de la planificación y una exitosa productividad y rendimiento en la construcción, sin embargo Latinoamérica representa avance y uso en la metodología Lean Construction en países como Brasil, Chile, Perú y Colombia, incluso en el año 2015 Koskel y la Cámara Colombiana de la construcción, reconocen a 18 empresas que emplean la metodología Lean que “aprueban resultado en el éxito de la reducción de costos, aumento de la calidad y rendimiento en tiempo en relación con el ámbito constructivo de los proyectos”<sup>5</sup>.

## **1.2 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Descripción del problema.**

La construcción de proyectos de vivienda es un determinante importante en el crecimiento, desarrollo y economía del país. En la actualidad, las fallas asociadas a la planeación y ejecución de los proyectos de obras civiles son atribuidas a las deficiencias administrativas, tales como: incumplimiento de la programación, sobre costos, corrupción, entre otros. Por otra parte, las fallas en la planeación y ejecución también son atribuidas a la calidad final de las obras, la cual en algunos casos no es prioridad para el estado. Según afirma la publicación digital Razón Pública<sup>6</sup> la infraestructura se planea con baja calidad, con una visión a corto plazo y la etapa de construcción tarda entre 40% y 60% más de lo establecido en el cronograma inicial; generando un aumento de costos que puede variar entre 30% y 50%.

Por otro lado conforme a un estudio realizado por Camacol<sup>7</sup>, se considera que más del 70% de proyectos de construcción que se efectúan en Colombia incumplen en la planeación (cronograma), asimismo el sobre costo en el 85% en el proceso constructivo (ejecución), como también un porcentaje significativo en accidentalidad laboral, en síntesis se fija que estas problemáticas son a causa de problemas en la gestión de proyectos, al mismo tiempo la falta de adopción de metodologías administrativas, programáticas y dinámicas que permitan un estándar alto a nivel nacional y mundial en el oficio de la construcción.

---

<sup>4</sup> DIARIO EL TIEMPO. Lean Construction<sup>1</sup> va en 18 empresas [en línea]. Bogotá: El Tiempo [citado 22 febrero, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/DR-915183>>

<sup>5</sup> PORRAS DÍAZ, Hernán; SÁNCHEZ RIVERA, Omar Giovanny y GALVIS GUERRA, José Alberto. Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. En: Avances Investigación en Ingeniería. Junio – julio, 2014. vol. 11, no. 1, p. 32

<sup>6</sup> SANCHEZ AVILA, Mario. Razón pública [en línea]. Bogotá: Razón pública [citado 22 abril, 2018.] Disponible en Internet: <URL: <https://www.razonpublica.com/index.php/econom%C3%ADa-y-sociedad/6995-la-infraestructura-fisica-en-colombia-deficiencias-y-principales-desafios.html>>

<sup>7</sup> MARTÍNEZ RIBÓN, Jhonattan Guillermo Tercero. Propuesta de metodología para la implementación de la Filosofía Lean (Construcción Esbelta) en proyectos de construcción [en línea]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia [citado 22 febrero, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.bdigital.unal.edu.co/10578/1/940698.2011.pdf>>

### **1.2.2 Formulación del problema.**

En consecuencia, a los altos índices que representan las fallas en la planeación, ejecución y desarrollo del proceso constructivo, es necesario adoptar metodologías que promuevan el control en cada fase de proyectos de vivienda unifamiliar de tal manera que sea posible la identificación de las causas de falla en la planeación, así mismo en la ejecución, para poder determinar los requerimientos en cada fase del proceso y encontrar las soluciones apropiadas que determinen los retrasos y el rendimiento del proyecto.

Estos problemas son atribuidos a la necesidad de personalizar materiales y / o operativos. modos, ajustar y reajustar contratos, y reemplazar individuos y organizaciones entre proyectos. Para contrarrestar los problemas, la temática, los equipos colectivos deben colaborar efectivamente para lograr mutuamente resultados deseados<sup>8</sup>

Comprendido esto, se aumenta el interés en adquirir el uso de una herramienta metodológica apoyada en los principios Lean Construction en el marco del proceso constructivo de un proyecto de vivienda unifamiliar, la cual permita beneficiarse en el rumbo de cada actividad de las fases, para así mejorar la productividad, rendimiento, en el contexto de planeación y ejecución de obras en este tipo de proyectos. Por lo tanto, el presente trabajo busca responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo estimar una planeación y ejecución en proyectos de vivienda unifamiliar que permita optimizar eficientemente los recursos humanos y materiales?

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo general.**

Desarrollar una guía de evaluación práctica para una planeación y ejecución de proyectos de vivienda unifamiliar basados en la metodología Lean Construction.

### **1.3.2 Objetivos específicos.**

➤ Analizar las diferentes metodologías (Gestión de obra, PMI y Microsoft Project, Archicad, Lean Construction), usadas en la construcción referente a la planeación y ejecución en proyectos de vivienda unifamiliar.

➤ Desarrollar una matriz guía de evaluación que permita determinar el rendimiento de ejecución en proyectos de vivienda unifamiliar apoyados en la metodología Lean Construction.

---

<sup>8</sup> PEÄMAA, Ossi; LARSSON, Johan; ERICKSON, Erick;. Journal Of Mangement In Engineering, [en línea]. Ontario. [citado 15 septiembre de 2018]. Disponible en internet: <<https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29ME.1943-5479.0000619>>

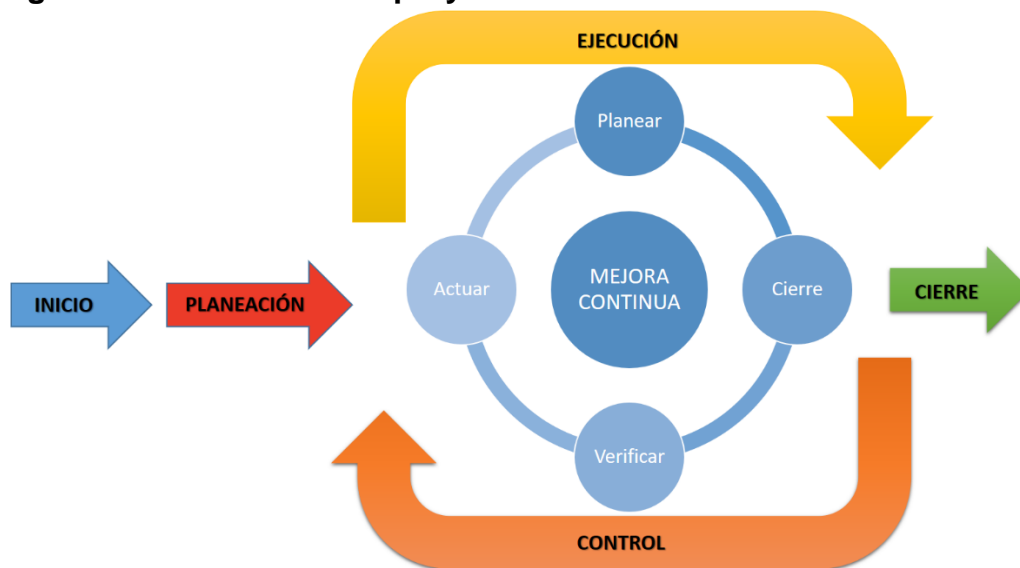


➤ Implementar la matriz como herramienta en la ejecución en proyectos de vivienda unifamiliar a un caso de estudio.

## 1.4 JUSTIFICACIÓN

La situación actual de la construcción en Colombia ha evidenciado que existen falencias en cuanto a la planeación y control de obras. Según la Price Wáter House Copper (PWC) establece que en proyectos de construcción un 94% se relaciona con los sobrecostos, esto se debe a que solo el 2,5% de los proyectos son concluidos dentro del tiempo y presupuesto, de tal forma evidenciando que solo “30% de las organizaciones realizan planes de ejecución o dirección para sus proyectos de forma constante. Un plan de ejecución o dirección de proyecto es el mapa y la ruta a seguir para la ejecución del proyecto, la forma de controlarlo, reportarlo y la forma en la que las decisiones deben ser tomadas (véase la Figura 1).

**Figura 1. Ciclo de vida de proyecto**



FUENTE. AGUILANDO MARTINEZ, Dulce Maria . Estrategias de Gestion de servivios TI. [en línea]. Bogotá. [Citado 9 septiembre, 2018.] Disponible en Internet: <URL: <http://villegasagui.blogspot.com/2015/03/15-ciclo-de-vida-de-los-proyectos-de-ti.html>.>

La actividad de la construcción de viviendas unifamiliares ha crecido considerablemente, de acuerdo a la revista Dinero y según datos de la Cámara Colombiana de Construcción (Camacol), la venta de vivienda nueva a nivel nacional ha tenido un crecimiento del 4.2% en el año 2015 entre los meses de enero y agosto

comparado con el mismo periodo año 2014.<sup>9</sup> Esta situación, demanda a los constructores una mayor responsabilidad en el control de la ejecución de las obras (antes, durante y después). Con frecuencia se han presentado situaciones derivadas de alguna de las etapas del ciclo de la construcción, específicamente a las etapas de planeación y control que afectan la seguridad y bienestar de la población. Según datos reportados por el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres - SNGRD, entre los años 2012 y 2017 “se registraron 239 eventos asociados a colapsos o daños en edificaciones, afectando 467 familias, 89 viviendas destruidas y 98 viviendas con alguna avería”<sup>10</sup>. Estos datos, se pueden asociar a la falta de planeación y ejecución, así como también la falta de calidad de los materiales de construcción.

En los planes de ejecución o dirección de los proyectos “se integran todos los elementos sustantivos que conforman el proyecto, así como los análisis de riesgos y el desarrollo de planes de comunicación, reporte y control”<sup>11</sup>. Según, el análisis realizado por la PWC, se debe tener en que la importancia y uso una guía práctica que permita llevar un paso a paso de un modelo más eficiente en los procesos a desarrollar en cada proyecto, estando siempre dentro de las buenas prácticas de la administración. Por lo tanto, no contar con una guía de planeación y ejecución con aplicación de la metodología Lean Construction, puede generar posiblemente que el equipo del proyecto no tenga un rumbo claro y las decisiones clave se tomen erróneamente

Por consiguiente, se pretende implementar una herramienta (matriz guía) como se establece en el planteamiento del problema, atribuyendo que el desarrollo y ejecución de la matriz permita el rumbo claro en los planes, ejecución y dirección de los proyectos en concordancia con la metodología Lean Construction. La implementación de la metodología Lean Constrution permite realizar un enfoque al detalle de cada actividad, así mismo, la aplicación de la matriz conlleva a un análisis cuantitativo y cualitativo de la optimización de recursos en planeación y ejecución.

## **1.5 DELIMITACIÓN**

### **1.5.1 Espacio.**

El proyecto se desarrolla en las salas de sistemas de la Universidad, donde se realizará todo el trabajo de escritorio, contenido y presentación final tanto del proyecto como el de la guía propuesta. En conjunto a la investigación se hará un trabajo de campo asociado a una vivienda unifamiliar.

---

<sup>9</sup> DINERO. 2015. Solidas expectativas de crecimiento para la vivienda en Colombia [en línea]. Dinero.com [Citado 11 septiembre de 2018.] Disponible en Internet: <URL: <https://www.dinero.com/economia/articulo/solidas-expectativas-crecimiento-para-vivienda-colombia/216063>>

<sup>10</sup> MONSALVE, Angelica. Construcciones [en línea]. Bogotá: IDIGER. Instituto Distrital de Gestion de Riesgos y Cambio Climatico [citado 22 abril, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.idiger.gov.co/rconstrucciones>>

<sup>11</sup> PRICE WATER HOUSE COOPERS. Tendencias de construcción [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 23 abril, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <https://www.pwc.com/mx/es/industrias/proyectos-capital/archivo/2013-12-tendencias-construccion.pdf>>

### 1.5.2 Tiempo.

El desarrollo del presente proyecto se desarrolla en un tiempo de 3 meses en los cuales se emplearán de la siguiente forma:

El primer mes será de consulta sobre el contenido e información que debe contener la guía de ejecución de obra en el marco de las diferentes metodologías, inicialmente en la metodología Lean Construction.

El segundo se llevará a cabo la definición de la matriz de evaluación con elementos que infieren en relación del rendimiento de las actividades en la ejecución de una obra.

El último mes se realiza contenido final tanto del trabajo de escrito como de la guía y la puesta en marcha de esta a través de un trabajo de campo en un proyecto unifamiliar, además de ultimar detalles y aspectos de la presentación final.

### 1.5.3 Contenido.

El proyecto contiene el desarrollo de una guía de evaluación práctica de planeación y ejecución de proyectos de vivienda unifamiliar, basados en la metodología Lean Construction, así como su aplicación en obra.

### 1.5.4 Alcances.

En el presente proyecto se espera cumplir con las expectativas y objetivos propuestos, con la intención de que los actuales y futuros ingenieros puedan tener una guía práctica que sirva como referencia y brinde el contenido de las actividades determinadas en cada fase a desarrollar en la ejecución de la construcción de viviendas unifamiliares; donde también se realiza una serie de recomendaciones basadas en las normas técnicas, para el uso e integración de la metodología Lean Construction.

## 1.6 MARCO DE REFERENCIA

### 1.6.1 Estado del arte.

Es necesario tener algunos trabajos, tesis, investigaciones como referencia, debido a que llegaran a ser muy útiles en la elaboración del presente trabajo (véase la Tabla 1).

**Tabla 1. Trabajos Relacionados**

AUTORES DE INVESTIGACIÓN	TÍTULO DE TRABAJO	RESUMEN	FECHA PUBLICACIÓN, INSTITUCIÓN Y CIUDAD
YENNY LISETH PICO DELGADO, NICOLÁS SEBASTIÁN BARBOSA BARAJAS	IMPORTANCIA DE LA PLANEACIÓN EN PROYECTOS DE OBRA PÚBLICA PARA SATISFACER NECESIDADES BÁSICAS	Como objetivo desea caracterizar la relación de tiempo, costo y calidad en proyectos que requieran recursos públicos, en las etapas de planeación,	2014, Universidad Pontificia Bolivariana Seccional, Bucaramanga.

	INSATISFECHAS Y LA INFRAESTRUCTURA EN BUCARAMANGA Y SU ÁREA METROPOLITANA	ejecución y verificación de cumplimiento de del proyecto establecido.	
DAVID ALEJANDRO PORRAS MOYA, EOHN EDINSON DIAZ	LA PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DENTRO DE LAS BUENAS PRÁCTICAS DE LA ADMINISTRACIÓN Y PROGRAMACIÓN (PROYECTO DE LA 26 – BOGOTÁ)	Emplear características administrativas en las diversas funciones y actividades que se tienen dentro de una obra, aportando conceptos ejemplares de una buena planeación.	ABRIL DE 2016, Universidad Católica de Colombia
CAMILA ANDREA BARRANCO MOLINA	LEAN CONSTRUCTION: UN CAMBIO PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE OBRA	Realizar estudio cualitativo y descriptivo de la metodología Lean Construction, con el fin de mitigar las pérdidas generadas en proyectos de obras civiles.	2018, Universidad Católica de Colombia
SEBASTIÁN PAZMIÑO DÍAZ	ANÁLISIS COMPARTIVO DE LA ESTIMACIÓN DE PRESUPUESTO EN EDIFICACIONES ENTRE EL SISTEMA CONSTRUPLAN Y EL SISTEMA ARCHICAD	Determinación y selección entre las herramientas en ámbitos eficientes y óptimos en la estimación de presupuestos, considerando variables de alta importancia en el ámbito ingenieril.	2018, Universidad Católica de Colombia.
JOSÉ LUIS GUZMÁN ARTEAGA	ELABORACIÓN DE UN MODELO PARA LA PLANEACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE CONTRATOS DE CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PÚBLICAS BAJO LA GUÍA METODOLÓGICA P.M.I. (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE)	Relacionar e implementar el uso de metodologías como P.M.I en el marco de la planeación, documentación, gestión, administración y control de proyectos civiles que infieran en la rama pública.	2013, Universidad de Medellín,
MATEO BURGOS MARÍN, DANIEL VELA ÁVILA	ANÁLISIS DE LAS CAUSAS DEL INCUMPLIMIENTO DE LA PROGRAMACIÓN EN LAS OBRAS CIVILES	Reconoce las fases de un proyecto en relación con la administración, analizando de las causas de incumplimiento en las obras, desde sus ejes en la planeación y programación de la obra.	OCTUBRE DE 2015, Universidad Militar Nueva Granda, Bogotá D.C.

Fuente. Los Autores

### 1.6.2 Marco Teórico.

La industria de la construcción hace parte de uno de los roles más importantes para el desarrollo de un país, ya que por medio de esta se busca solventar las posibles necesidades económicas y sociales que se puedan presentar, debido a que en el campo de la ingeniería y construcción civil se ven proyectos de infraestructura tanto pública como privada con alcances rurales y urbanos.

La construcción de una obra cuenta con dos fases principales: el diseño como un proceso previo de configuración en pro de dar una solución; y la ejecución la cual

se encarga de desarrollar el plan. Pues estas deben estar sobre bases sólidas para poder llevar a buen término todos aquellos proyectos que se deseen realizar.

La administración de proyectos cuenta con procesos de inspección, planeación, evaluación y control los cuales aportan datos que son usados para poder comparar los avances presentados de manera real con los datos dados en el diseño preliminar del mismo; se debe también tener en cuenta la viabilidad económica del proyecto en la etapa de preparación y asignación de los recursos, las ventajas y desventajas que constituye los elementos básicos para el análisis en las fases de un proyecto.

“La preparación y evaluación de proyectos se ha transformado en un instrumento de uso prioritario entre los agentes económicos que participan en cualquiera de las etapas de la asignación de recursos para implementar iniciativas de inversión”<sup>12</sup>.

Un proyecto es, ni más ni menos, “la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema tendiente a resolver, entre tantos, una necesidad humana. Cualquiera que sea la idea que se pretende implementar, la inversión, la metodología o la tecnología a aplicar, ella conlleva necesariamente la búsqueda de proposiciones coherentes destinadas a resolver las necesidades de la persona humana”<sup>13</sup>.

Para Juan José Mariño <sup>14</sup> el papel principal de la ingeniería es atender las necesidades básicas de la población creciente y posibilitarle el disfrute de una serie de servicios y de comodidades acordes con los avances y paradigmas de la modernidad, y crear las condiciones de infraestructura que permitieron el desarrollo de las actividades productivas y el crecimiento económico, resolver los problemas físicos relacionados con la satisfacción de las demandas de agua, drenaje, vivienda, comunicaciones, entre otras cosas, lo cual se puede representar en la siguiente figura que ilustra las necesidades como una teoría motivacional para el hombre según Abraham Maslow (véase la Figura 2)

---

<sup>12</sup> CHAIN, Nassir y CHAIN, Reinaldo. Preparación y evaluación de proyectos. Bogotá: Mc Graw Hill, 2008. p. 43

<sup>13</sup> *Ibíd.*, p. 11

<sup>14</sup> MARIÑO, Juan José. Reflexiones sobre el papel de la Ingeniería Civil en la evolución del medio ambiente en Colombia. En: Revista de ingeniería. Noviembre – diciembre, 2007. vol. 26, p. 67

**Figura 2. Pirámide de Necesidades**



Fuente. NORIEGA, Jorge. Trayectoria crítica programación y control de proyectos y obras. 9 ed. Bogotá: Bhandar, 2008. p. 30

### **1.6.2.1 La importancia de la planificación.**

La construcción es uno de los sectores industriales que ha sufrido más cambios sustanciales en los últimos años.

Con la intensificación 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 sean los usuarios finales o no y la limitada disponibilidad de recursos financieros para llevar a cabo los proyectos, las empresas se han dado cuenta de que es imprescindible invertir en los procesos de gestión y control, ya que sin estos sistemas de dirección se pierden de vista los principales indicadores: el tiempo, el coste, el beneficio, el retorno de la inversión y el flujo de caja. La información rápida es un recurso que vale oro.

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 diversos países demuestran que las deficiencias en la planificación y en el control se encuentran entre las principales causas de la baja productividad del sector, de sus elevados sobrecostes y de la baja calidad de sus productos<sup>15</sup>

Para ello se debe establecer un sistema para medir el avance que se está realizando y poder compararlo con el proceso que se había programado o planeado; que, además, permita controlar lo empleado en mano de obra, equipos y materiales con relación al programa. El programa debidamente controlado permitirá:

➤ Conocer qué actividad no se está desarrollando de acuerdo al programa.

<sup>15</sup> MATTOS, Aldo y VALDERRAMA, Fernando. Métodos de planificación y control de obras. Barcelona: Reverté, 2014. p. 33

- Poder tomar una decisión en el momento adecuado.
- Mostrar un orden y disciplina de trabajo.
- Proporcionar un medio de comunicación tanto vertical como horizontal.

### **1.6.2.2 Procesos de sistemas de gestión de calidad.**

Los procesos de sistemas de gestión de calidad son tomados como una base general para la planeación de proyectos, donde se deben empatar sus cuatro pilares fundamentales (planificar, hacer, verificar, actuar); así su objetivo, desarrollo y ejecución lleven a la satisfactoria finalización de un proyecto, en relación con proyectos de obras civiles, se debe profundizar en la ejecución y control de calidad en cada etapa que constituye un proyecto.

➤ **Etapas de estudios preliminares:** “Determinado como el estudio que abarca la obtención de conocimientos, calidad, políticas de aplicación, selección de diseños y presupuestos los cuales son la base de una planeación que finalmente proporcione una objetiva ejecución

➤ **Etapas de ejecución:** La construcción del proyecto se rige bajo los índices de experiencia y calidad del trabajo, donde la optimización y rendimiento será su eje, específicamente se plantea llevar a cabo lo mencionado de la etapa anterior, reduciendo así posibles cambios una vez esté puesta en marcha la realización del proyecto.

➤ **Etapas de seguimiento:** Se comprende en la verificación del cumplimiento de las etapas anteriores, mediante procesos de inspecciones continuas en la realización de las actividades como también la proyección de nuevas actividades que permitan un óptimo en rendimiento de entrega y cumplimiento del proyecto.

➤ **Etapas de Post- entrega:** Permite la eficacia y totalidad de las etapas anteriores con el fin de cumplir un nivel de satisfacción de entrega, donde el proceso de gestión de calidad debe continuarse en la verificación de los procesos y actividades realizadas para una óptima vida útil del proyecto<sup>16</sup>.

### **1.6.3 Marco conceptual.**

A continuación mostraremos un esquema conceptual con el que se desarrollará esta investigación, adicionalmente se identificarán algunas definiciones.

#### **1.6.3.1 Principios relevantes en la planeación y control de obra.**

➤ **Pronóstico:** “identificación de problemáticas que se deban trabajar en búsqueda de una solución”<sup>17</sup>.

---

<sup>16</sup> NORIEGA, Jorge. Trayectoria crítica programación y control de proyectos y obras. 9 ed. Bogotá: Bhandar, 2008. p. 18

<sup>17</sup> MATTOS, y VALDERRAMA, Op. Cit., p. 35

➤ **Planeamiento:** “visualización del futuro que se desconoce mediante la definición de objetivos, metas, actividades, planes de acción, definiendo el ¿Qué?, ¿Cómo?, ¿Cuándo?, trazando trayectoria de programación, ejecución y acción”<sup>18</sup>

➤ **Organización:** “asignación de tareas y funciones para definir responsabilidades de acción en el proceso”<sup>19</sup>

➤ **Dirección:** “autoridad reflejada en el planteamiento y resultados, en el marco de la toma de decisiones, información, comunicación y supervisión a fin de cumplimiento de principios establecidos”<sup>20</sup>.

➤ **Coordinación:** “correlación entre procesos, funciones y equipo de trabajo, reflejando control sin aumento de esfuerzo en las acciones”<sup>21</sup>

➤ **Control:** “responsable de la entrega de resultados en el marco del cumplimiento de los principios anteriormente mencionados, permitiendo la inspección del avance de la obra a nivel de calidad, presupuesto, programación y tiempo”<sup>22</sup>

➤ **Gerencia:** “infiere en la coordinación de todas las actividades junto con todo el personal relacionado en el proyecto para evitar conflictos en el cumplimiento de entrega y rendimiento, con el fin de que las actividades se realicen ordenada y eficazmente”<sup>23</sup>

➤ **Supervisión:** “determinada por la relación del control y gerencia en cada actividad de manera que la calidad del proyecto sea evaluada en todos sus aspectos tales como: la calidad de materiales, mano de obra, especificaciones, tiempo, resultados etc”<sup>24</sup>.

➤ **Lean Construction:** filosofía metodológica dentro del marco administrativo de la construcción en la reducción de actividades que no agregan valor en la ejecución lo que se determinarían como pérdidas<sup>25</sup>.

---

<sup>18</sup> *Ibíd.*, p. 35

<sup>19</sup> *Ibíd.*, p. 35

<sup>20</sup> *Ibíd.*, p. 35

<sup>21</sup> *Ibíd.*, p. 35

<sup>22</sup> CERVANTES, Julio. Planeacion y control [en línea]. México: Universidad de la America Puebla [citado 22 febrero, 2018]. Disponible en Internet: <URL: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/mgc/perez\\_c\\_jc/capitulo1.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mgc/perez_c_jc/capitulo1.pdf)>

<sup>23</sup> CERVANTES, Julio. Planeacion y control [en línea]. México: Universidad de la America Puebla [citado 22 febrero, 2018]. Disponible en Internet: <URL: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/mgc/perez\\_c\\_jc/capitulo1.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mgc/perez_c_jc/capitulo1.pdf)>

<sup>24</sup> CERVANTES, Julio. Planeacion y control [en línea]. México: Universidad de la America Puebla [citado 22 febrero, 2018]. Disponible en Internet: <URL: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/mgc/perez\\_c\\_jc/capitulo1.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mgc/perez_c_jc/capitulo1.pdf)>

<sup>25</sup> INGENIERÍA CIVIL. ¿Qué es Lean Construction? [en línea]. Bogotá: Blogspot [citado 20 abril, 2018]. Disponible en Internet: <URL <http://soy-ingeniero-civil.blogspot.com/2009/04/lean-construction.html>>



#### **1.6.4 Marco Legal**

- Constitución de 1991.
- Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistente creada por la Ley 400 de 1997, como Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, refiriendo en el título E y título F.
- Normas ISO 9001, donde se señala la mejora continua de los sistemas de calidad para satisfacer necesidades y expectativas.
- Especificaciones determinadas por el POT en la vinculación de la relación de estudio de suelos en los tratamientos urbanísticos establecidos por el mismo.
- Marco de Normas Técnicas Colombianas NTC en la construcción de viviendas tales como: Código Colombiano de Fontanería, NTC 1500. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, RETIE. Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS 200.
- Manual de especificaciones técnicas de construcción, mediante el cual se especifican las normas técnicas de construcción, materiales, productos y servicios que requieren la actividad de la construcción.

### **1.7 METODOLOGÍA**

#### **1.7.1 Tipo de estudio.**

La metodología que se llevará a cabo en este documento es de muestra a manera de descripción donde se analizará cuantitativa y cualitativamente la adopción de la filosofía Lean Construction en procesos de la gestión de la planeación y ejecución de proyectos, que permita establecer un orden de actividades y sub actividades que componen las fases de un proyecto de vivienda unifamiliar en la relación del alcance exitoso en productividad y rendimiento.

#### **1.7.2 Fuentes de información.**

La revisión bibliográfica y práctica en el conocimiento de características de cada metodología en la construcción, a través de fuentes de información suministradas por documentación, recolección de información en la experiencia y otras que comprendan una relación con el tema, además de un trabajo de campo que permita recolección primaria de información, Paralelamente, se tendrán en cuenta temas de la ingeniería que influyan en el desarrollo de este tipo de proyectos.

### **1.8 DISEÑO METODOLÓGICO**

El desarrollo y uso de la matriz guía se realizará en las siguientes etapas.

- Revisión bibliográfica consulta de bitácoras de obra y opinión de personal en el medio para el análisis correspondiente al enfoque Lean Construction como metodología en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda unifamiliar.
- Se pretende acceder un caso de estudio (trabajo de campo) que permita que el desarrollo y utilidad de este estudio se ponga en práctica dentro de los alcances para lograr el uso de la herramienta para estimar el rendimiento en ejecución de obra.
- Realizar un análisis que permita la entrega de un detallado informe donde se hallarán las alternativas de optimización para el desarrollo de los proyectos constructivos.

## 2. METODOLOGÍAS EN EL MARCO DE LA PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS

Este capítulo relaciona algunas de las metodologías y características más relevantes de cada una de ellas con base a la planeación y ejecución de proyectos, a tal fin de poder adquirir conocimientos que permitan la inclusión de metodología Lean Construction en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda unifamiliar, se espera con este capítulo dar respuesta al objetivo específico número uno planteado para esta investigación.

El uso de tecnologías basadas en la web se ha convertido gradualmente en una práctica común en la gestión de proyectos de construcción para lograr la integración contractual, organizativa, y aspectos de la información.<sup>26</sup>

Esta sección resume los enfoques y metodologías encontradas en la literatura con respecto a la planificación y seguimiento de proyectos de construcción ETO. Comenzamos con la gestión tradicional de proyectos. métodos, ya que se han utilizado durante muchos años y se mueven a través de la aplicación de Lean Métodos hacia métodos modernos de monitoreo en tiempo real.<sup>27</sup>

### 2.1 GESTIÓN EN LA PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE OBRA

La referencia en planeación y ejecución de un proyecto de obra se infiere a la obligación de estimar el tiempo de desarrollo y su rendimiento en cada actividad propuesta cumpliendo un cronograma establecido, con el fin de tener como resultado una exitosa terminación de proyecto, se puede fijar así que la gestión de proyectos puntualiza los propósitos de la planeación y ejecución que permiten evaluar continuamente los resultados entre lo planeado y lo ejecutado.

#### 2.1.1 Gestión de la planificación en proyectos.

Según Rebolledo<sup>28</sup> la gestión se define como el proceso que emprende una o más personas determinando un objetivo basándose en la coordinación de actividades de grupo e individuales, como también visión de definir, alcanzar y evaluar propósitos en la utilización de recursos y tiempos en un proyecto.

---

<sup>26</sup> ALRESSHIDI, Eissa; MOURSHED, Monjur; REZGUI, Yacine;. Requirements Engineering,[en línea]. London: [Citado 15 septiembre, 2018]. Disponible en internet < <https://link.springer.com/article/10.1007/s00766-016-0254-6>>

<sup>27</sup> DALLASEGA, Patrick; RAUCH, Erwin; FROSOLINI, Marco., Buildings, [en línea]. Bolzano. [Citado 15 Septiembre, 2018]. Disponible en internet <URL: <https://www.mdpi.com/2075-5309/8/3/38>>

<sup>28</sup> PREBOLLEDO, Gustavo. Gestión, calidad y agregación de valor en información [en línea]. Bogotá: Slideshare [citado 8 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <https://es.slideshare.net/mangora7/mmm-14002662>>

La gestión de planificación de proyectos de construcción civil requiere ser un proceso coordinado de actividades y tareas, más que solo distribuir asignaciones de trabajo a personas y esperar que de alguna manera logren el resultado deseado; determinando así que la gestión de proyectos implica primero el proceso de establecer un plan y después implementarlo para lograr el objetivo del proyecto<sup>29</sup>.

La planificación es la ruta para que la ejecución de actividades se realice de forma coordinada entre el tiempo, desempeño y costo, lo que convierte la gestión de planificación de proyectos en la herramienta para elegir las decisiones óptimas para el proyecto; lo que buscan los procesos de gestión de planificación es asegurar desde un inicio lo que se proyecta y se pretende realizar en el futuro.

Dentro de las buenas prácticas de la gestión de planificación se argumenta la orientación de las tareas con una favorable comunicación y organización entre participantes, también así la adopción de tecnologías con el fin de lograr los objetivos.

Los procesos idóneos de la gestión de planificación deben contar con un gestor, es la persona que cuenta con la capacidad de liderar un proyecto de gestión en los cuales se desempeñe por promover la participación del personal estimulando la comunicación entre ellos con el propósito de apoyar, brindar, establecer, conocer, estimular y mantener un alto nivel de integridad laboral con el fin cumplir el objetivo del proyecto con alto estándar de calidad en su desarrollo y terminación.

La gestión de proyectos es “una rama de la administración, la cual involucra la planificación y el control. La planeación se realiza al inicio, donde la planificación consiste en determinar qué se debe hacer cómo debe hacerse”<sup>30</sup>.

Consiguiente este en relación de la planificación y la gestión de proyectos se debe tener en cuenta los tipos de gestión que incurren en los proyectos para obtener resultados en los objetivos donde se tiene en cuenta restricciones financieras, temporales, rendimiento y entrega por lo cual dentro del escenario de la gestión de proyectos se tiene en cuenta lo siguiente:

➤ **Gestión de presupuesto:** Representa la obtención de fuentes económicas dentro del costo, financiación y seguimiento del proyecto.

➤ **Gestión de planificaciones y tareas:** El cumplimiento de la planeación es el aspecto más importante en el crecimiento de un proyecto, dentro de la gestión se

---

<sup>29</sup> GIDO, Jack y CLEMENTS, James. Administración exitosa de proyectos. 5 ed. México: Cengage Learning, 2012. p. 112

<sup>30</sup> COMISIÓN NACIONAL PARA EL DESARROLLO DE LOS PUEBLOS INDÍGENAS. Definición de proyecto [en línea]. México: La Comisión [citado 8 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: [http://www.cdi.gob.mx/jovenes/data/gestion\\_de\\_proyectos.pdf](http://www.cdi.gob.mx/jovenes/data/gestion_de_proyectos.pdf)>

establece la planificación tareas se establece el orden de ellas, rol, responsabilidad, asignación y requisito para cada una de ellas.

➤ **Proceso de diseño de proyecto:** Contempla que el resultado de las gestiones antes mencionadas, la tarea en procesos de diseño puede iniciar dado que ya están establecidas y aprobadas para su realización.

➤ **Registros de entrega:** Referencia la calidad profesional, acciones y elementos que integren el desarrollo de las acciones dentro del proyecto.

➤ **Gestión de riesgos:** Adquisición de conocimientos en amenazas y riesgos que afecten negativamente la entrega satisfactoria del proyecto<sup>31</sup>.

### 2.1.2 Fases de la gestión de proyectos.

De acuerdo con Thompson Baldiviezo<sup>32</sup> la coordinación de proyecto se establece y requiere la organización de tiempo, personas, actividades y dinero, para lo cual se debe considerar el tipo de proyecto como lo puede ser un proyecto de inversión privada los cuales apoyan la toma racional de decisiones, las fases en conjunto se pueden adoptar para la obtención del análisis del desarrollo de actividades, recursos, tiempo y los beneficios que se desean alcanzar.

Así mismo, Beriguete de Leon<sup>33</sup> expone que, con la finalidad de organizar el trabajo que se debe desarrollar en un proyecto, la gestión de proyectos se deriva a la realización de actividades constituidas por fases que se presentan secuencialmente dentro de las necesidades establecidas, donde la planificación gradual, administración coordinación, seguimiento, control y ejecución de estas actividades, se reflejan en el alcance del objetivo primordial. Según Project Management Institute, Inc. (PMI) define la gestión de proyectos como “la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a una amplia gama de actividades para satisfacer los requisitos de un proyecto en particular”<sup>34</sup>, para ellos se establecen cinco fases en la gestión de proyectos que son:

➤ **Iniciación:** Identificación de propuesta del proyecto en cuestión de beneficio en la estimación de alcance de éxito.

---

<sup>31</sup> IBM KNOWLEDGE CENTER. Planificación y gestión de proyectos [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 8 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: [https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSFCZ3\\_10.5.0/com.ibm.tri.doc/ppm/c\\_planning\\_and\\_managing\\_projects.html](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSFCZ3_10.5.0/com.ibm.tri.doc/ppm/c_planning_and_managing_projects.html)>

<sup>32</sup> THOMPSON BALDIVIEZO, Janneth Mónica. Concepto de Proyecto [en línea]. Bogotá: Promonegocios [citado 9 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <https://www.promonegocios.net/proyecto/concepto-proyecto.html>>

<sup>33</sup> BERIGUETE DE LEON, Awilda Carolina. Actividades de la gestión de proyectos: iniciación, planificación, ejecución, control y cierre [en línea]. Madrid: Escuela de Organización Industrial [citado 9 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.eoi.es/blogs/awildacarolinaberiguete/2011/12/16/actividades-de-la-gestion-de-proyectos-iniciacion-planificacion-ejecucion-control-y-cierre/>>

<sup>34</sup> DURAMA SOFTWARE. 5 Fases Básicas de Gestión de Proyectos [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 9 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <http://darumasoftware.com/gestion/5-fases-basicas-de-gestion-de-proyectos/>>

➤ **Planificación:** Priorización de actividades en cuestión de la definición de que se quiere lograr (objetivos), tiempo (cronograma), coste de logro (presupuesto), resultado (rendimiento en el alcance).

➤ **Ejecución:** Llevar a cabo la planificación, en el énfasis de coordinación y desarrollo de actividades; además la toma de decisiones rápidas en condiciones óptimas para lograr el objetivo en caso de que surjan imprevistos en esta fase.

➤ **Control:** Fase que asegura el cumplimiento de la planificación y ejecución dentro de los parámetros de tiempo, economía, eficacia y calidad, esta fase puede ser analizada mediante la medición del rendimiento en cuanto al valor ganado del trabajo realizado.

➤ **Cierre:** Evaluación que determina y resalta el éxito de los resultados generados en el entorno del desarrollo y competitividad de las fases anteriores (véase la Figura 3).

**Figura 3. Fases de la Gestión de Proyectos**



Fuente. DURAMA SOFTWARE. 5 Fases Básicas de Gestión de Proyectos [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 9 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <http://darumasoftware.com/gestion/5-fases-basicas-de-gestion-de-proyectos/>>

En la gestión de proyectos se puede considerar y asociar con el marco del ciclo PHVA (Planear-Hacer-Actuar-Verificar)<sup>35</sup>, puesto que este brinda el mantener la

<sup>35</sup> BLOG POT. el Ciclo PHVA planear-hacer-verificar-actuar [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 9 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.blog-top.com/el-ciclo-phva-planear-hacer-verificar-actuar/>>

competitividad que permite reduciendo costos con el énfasis de mejorar la calidad que permitan el cumplimiento exitoso de entrega de proyecto (véase la Figura 4).

**Figura 4. Relación la Fases de Gestión de la Planificación y el Ciclo PHVA**



Fuente. Los Autores

La fase de un proyecto define por la naturaleza o especialidad del proyecto el número de fases y complejidad del que este dependerá, en un proyecto de construcción en un orden de fases como se mencionó antes no es conveniente, puesto que un proyecto de construcción debe guiar por fases metodológicas donde la inicial se representaría como un movimiento de tierras, seguido por cimentación, estructura y acabados, así en cada proceso se relaciona con cada fase del ciclo de vida del proyecto.

### 2.1.3 Técnicas de Planeación.

“Las técnicas en la planeación de obra se encuentran en la consideración de la actividad y tarea a realizar, las técnicas de planeación generan la comunicación y coordinación para lograr un trabajo de calidad”<sup>36</sup>, la visualización de la planeación se puede realizar y representar de tal forma como:

#### 2.1.3.1 Diagramas de barras.

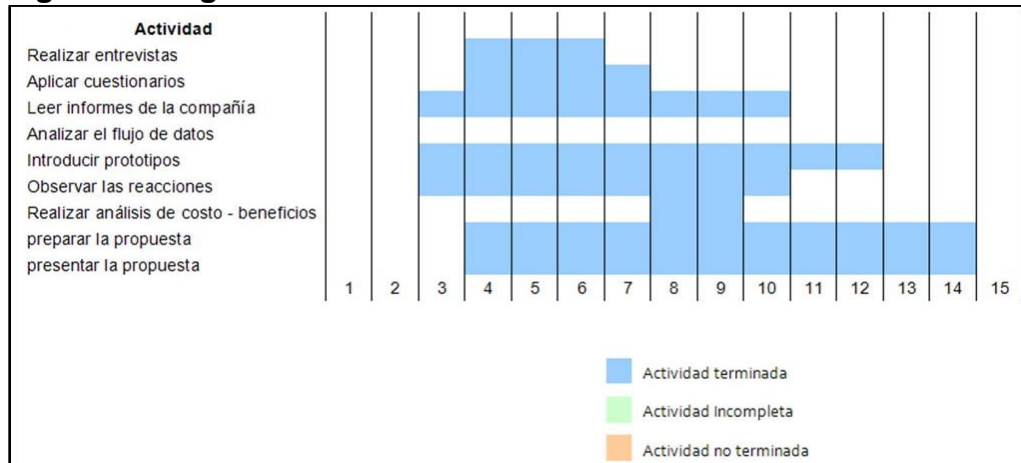
Es la representación gráfica de fácil entendimiento, donde “la actividad se representa en forma de barra y su longitud es la duración que se estima emplear en la realización de dicha actividad, relacionando la planeación y el control de ejecución de cada actividad, otro uso que se le puede dar a este tipo de diagramas es poder visualizar un avance real a través del tiempo”<sup>37</sup>. Como también se puede establecer

<sup>36</sup> CERVANTES, Julio. Planeacion y control [en línea]. México: Universidad de la[s] America Puebla [citado 22 febrero, 2018]. Disponible en Internet: <URL: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/mgc/perez\\_c\\_jc/capitulo1.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mgc/perez_c_jc/capitulo1.pdf)>

<sup>37</sup> CERVANTES, Julio. Planeacion y control [en línea]. México: Universidad de la[s] America Puebla [citado 22 febrero, 2018]. Disponible en Internet: <URL: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/mgc/perez\\_c\\_jc/capitulo1.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mgc/perez_c_jc/capitulo1.pdf)>

la relación entre las actividades a realizar del proyecto, a continuación se representa la planeación para entrega de una propuesta (véase la Figura 5).

**Figura 5. Diagramas de Barras**



Fuente. ESCUELA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL. Técnica o herramienta más útil en Dirección de Proyectos control [en línea]. Madrid: EOI [citado 22 febrero, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.eoi.es/blogs/mintecon/page/118/>>

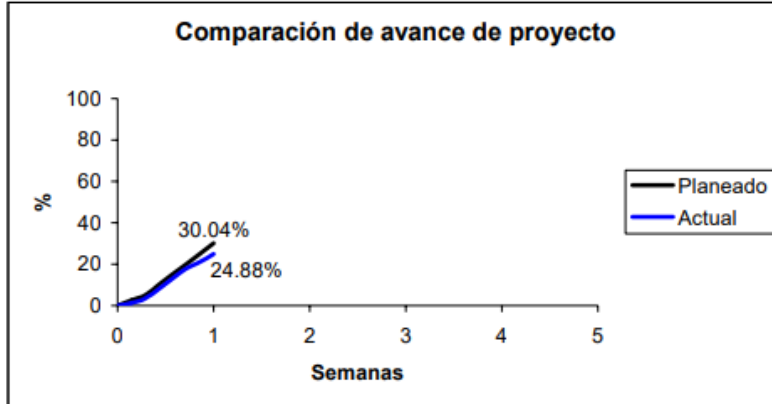
### 2.1.3.2 Curvas de producción acumulada.

Representa grafica en términos de velocidad y producción al avance de realización del proyecto, de tal forma que el eje “Y” simboliza la producción (rendimiento) y el eje “X” el tiempo. De acuerdo con Cervantes <sup>38</sup> Esta técnica se puede emplear a todo lo largo del proyecto, donde la suma de las actividades en consecuencia semanal representara el porcentaje del progreso en planeación en relación a un diagrama de barras, como también estas curvas permiten controlar las actividades; de tal forma que la finalización de una actividad no interrumpa otra actividad, como también en su proceso de toma de datos y análisis de información se evidencien avances y se pueda emplear un plan de acción en llegado caso de una intersección de las curvas en la representación de las actividades lo que evitaría retrasos de una actividad o subactividad (véase la Figura 6)

<sup>38</sup> CERVANTES, Julio. Planeacion y control [en línea]. México: Universidad de la America Puebla [citado 22 febrero, 2018]. Disponible en Internet: <URL: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/mgc/perez\\_c\\_jc/capitulo1.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mgc/perez_c_jc/capitulo1.pdf)>



**Figura 6. Comparación de Curvas de Producción Planeada y Actual**

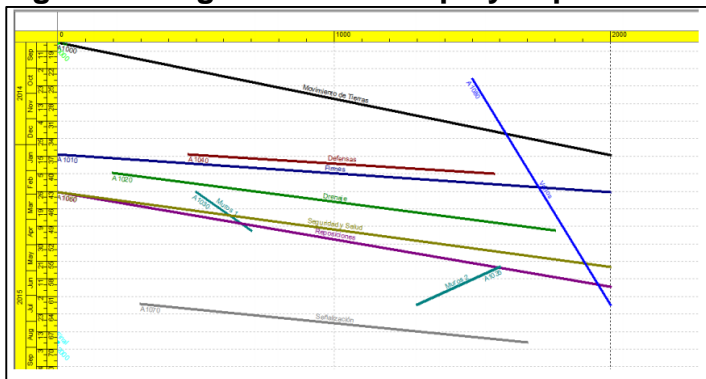


Fuente. CERVANTES, Julio. Planeacion y control [en línea]. México: Universidad de la America Puebla [citado 22 febrero, 2018]. Disponible en Internet: <URL: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/mgc/perez\\_c\\_jc/capitulo1.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mgc/perez_c_jc/capitulo1.pdf)>

**2.1.3.3 Diagramas de tiempo y espacio (DET).**

Según Artieda <sup>39</sup> Utilizados por su eficacia en la planeación de obras lineales, esta técnica de planeación pretende representar el conjunto de todas las actividades del proyecto con el vínculo de localización (distancia) y ejecución (tiempo), por ello generan la fácil comprensión a una escala de profundización de la planeación del proyecto, la representación de superposición de actividades se entenderá como una posibilidad de retraso o una planeación con pocos alcances de realización (véase la Figura 7).

**Figura 7. Diagramas de Tiempo y Espacio**



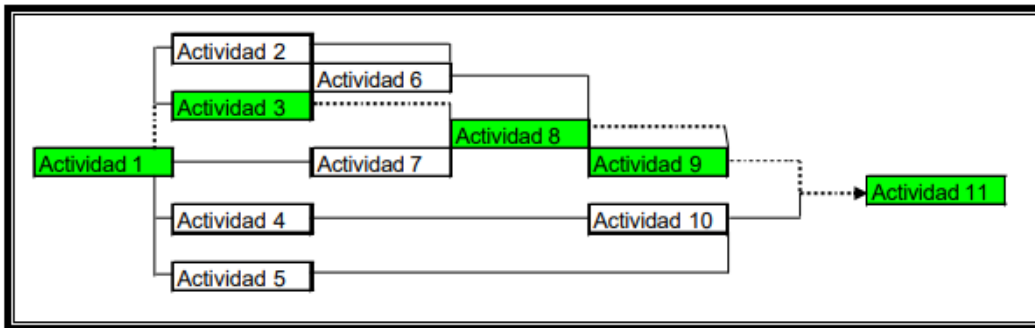
Fuente. ARTIEDA MONGE, Tirso. Estudio de los métodos de representación de diagramas espacio tiempo en obras lineales. Santander: Universidad Cantabria. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Modalidad trabajo de grado, 2014. p. 72

<sup>39</sup> ARTIEDA MONGE, Tirso. Estudio de los métodos de representación de diagramas espacio tiempo en obras lineales. Santander: Universidad Cantabria. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Modalidad trabajo de grado, 2014. p. 10 - 11

### 2.1.3.4 Redes.

Se establece como método de la representación de la ruta crítica, definiendo las interrelaciones o precedencias entre las actividades, analizando tiempo de programación de cada actividad, como también determinar el tiempo que se necesita para cumplir la actividad, haciendo una lista que indique tiempo de inicio próximo a cada actividad. Por consiguiente, se procede a realizar un gráfico en representación de las precedencias de actividades y su tiempo de ejecución, que permitirá destacar así la posible ruta crítica que afectaría la entrega y terminación del proyecto. (Véase la Figura 8).

**Figura 8. Ruta crítica**



FUENTE. CERVANTES, Julio. Planeación y control [en línea]. México: Universidad de la América Puebla [citado 9 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/mgc/perez\\_c\\_jc/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mgc/perez_c_jc/capitulo2.pdf)>

### 2.1.4 Gestión de la calidad en proyectos de obra.

Según Phil Crosby empresario, portavoz de prácticas en gestión de calidad define la calidad como “Calidad es cumplir con los requerimientos o también el grado de satisfacción en relación con las exigencias del consumidor” por otra parte Joseph Juran consultor experto del Siglo XX en calidad y gestión de calidad sostiene que “la calidad no sucede por accidente, debe ser planeada”<sup>40</sup> integrada por planeación de calidad (objetivo), control de calidad (ejecución) y mejora de calidad (seguimiento).

En aspectos generales en gestión de calidad dentro del marco de la construcción se consideran temas como calidad en el diseño, calidad de materiales, aspectos económicos, aspectos tecnológicos, ejecución de calidad y seguimiento de mejora continua.

La gestión de calidad en la construcción contempla desde el conocimiento del trabajo a realizar y el equipo con quien se realizará, como también en cuestiones organización, planeación y ejecución; la gestión de calidad debe ser una de las prioridades en proyectos de construcción lo que permite un desarrollo óptimo y

<sup>40</sup> SALLABERRY, Carlos. La calidad en la industria de la construcción [en línea]. Palermo: Universidad de Palermo [citado 22 febrero, 2018]. Disponible en Internet: <URL: [https://www.grupoconstruya.com/actividades/docs/calidad\\_UP.pdf](https://www.grupoconstruya.com/actividades/docs/calidad_UP.pdf)>

resultado exitoso de lo ejecutado; en los aspectos de calidad contemplados en la construcción se encuentra:

- ” Definición de la calidad: considerando la calidad de manera objetiva, para ser cuantificada, controlada con la obtención de resultados.
- Parámetros de calidad: establecido por lo que determinan las normas, especificaciones técnicas y requisitos de costo y plazo.
- Calidad asegurada y controlada en todas las etapas del proyecto: de tal forma que contemple etapas de estudio, diseño, construcción y post entrega”<sup>41</sup>.

## **2.2 ARCHICAD**

### **2.2.1 Historia.**

Un modelo de información de la construcción es el tipo BIM (Building information Modeling) donde se encuentra ubicado ArchiCad que incorpora la documentación, modelado en 2D y 3D, simulando la construcción real de un proyecto.

Su despliega al inicio del año 1982 por Apple Macintosh; en primer lugar, se nombró Radar CH (ArchiCAD 1.0); en consecuencia, en el año 1987 Graphisoft empresa húngara continua su desarrollo, donde se vio la necesidad de implementar un mecanismo electrónico que permitiera establecer e integrar los parámetros de la construcción para utilidad de arquitectos, ingenieros, diseñadores, etc. De tal forma que los diseños, documentos se hiciesen visible en cuestión a esto la ejecución del proyecto.

Desde su entonces ArchiCad ha contado con modificaciones que se establecen de manera consecutiva en sus versiones, concretamente:

- ArchiCAD 3.2 desarrollado en el año de 1.987
- ArchiCAD 4.1 desarrollado en el año de 1.991
- ArchiCAD 4.12 desarrollado en el año de 1.993
- ArchiCAD 4.5 desarrollado en el año de 1.994
- ArchiCAD 4.55 desarrollado en el año de 1.995
- ArchiCAD 5.0 desarrollado en el año de 1.996
- ArchiCAD 5.1 desarrollado en el año de 1.997
- ArchiCAD 6.0 desarrollado en el año de 1.998
- ArchiCAD 6.5 desarrollado en el año de 1.999
- ArchiCAD 7.0 desarrollado en el año 2.001
- ArchiCAD 8 desarrollado en el año 2.002
- ArchiCAD 8.1 desarrollado en el año 2.003
- ArchiCAD 9 desarrollado en el año 2.004
- ArchiCAD 10 desarrollado en el año 2.006

---

<sup>41</sup> AVILÉS MARAMBIO, Mauricio Andrés. Diseño de un sistema de gestión de calidad para obras de construcción de viviendas sociales. Santiago de Chile: universidad Andrés Bello. Facultad de Ingeniería. Modalidad trabajo de grado, 2013. p. 47

- ArchiCAD 11 desarrollado en el año 2.007
- ArchiCAD STAR (T) versión 2007 desarrollado en el año 2.007
- ArchiCAD STAR (T) versión 2008 desarrollado en el año 2.008
- ArchiCAD 12 desarrollado en el año 2.008
- ArchiCAD 13 desarrollado en el año 2.009
- ArchiCAD 14 desarrollado en el año 2.010
- ArchiCAD 15 desarrollado en el año 2.011
- ArchiCAD 16 desarrollado en el año 2.012
- ArchiCAD 17 desarrollado en el año 2.013
- ArchiCAD 18 desarrollado en el año 2.014
- ArchiCAD 19 desarrollado en el año 2.015
- ArchiCAD 20 desarrollado en el año 2.016
- ArchiCAD 21 desarrollado en el año 2.017<sup>42</sup>

### **2.2.2 Generalidades.**

Se reconoce ArchiCad como el primer software de diseño asistido CAD (Computer Aided Desing), como anteriormente se ha mencionado en la integración de documentación, modelo y simulación de construcción de un proyecto.

Este software tipo BIM (Building Information Modeling) “incorpora el modelo 3D con información no grafica muy relevante para la ejecución de un proyecto, esta información queda archivada en la base de datos del software disponible para la consulta del usuario”<sup>43</sup>.

Los modelos virtuales mediante metodología BIM permiten la reducción de tiempos en la concepción de documentación indispensable para el diseño de proyectos, así mismo hace la modificación en la documentación si se generara un cambio en cualquier vista.

El detalle de ArchiCad permite la creación de un proyecto de principio a fin, con la posibilidad de compartirlo enfatizando la integración de distintas profesiones en un solo proyecto; la calidad en producto y la reducción de tiempo para la generación de documentación hacen que la experiencia y uso de ArchiCad; se establece como el software de potencia en modelación.

ArchiCad “guarda el trabajo y permite compartirlo por medio de la nube; esto quiere decir que se puede realizar el trabajo en conjunto desde cualquier lugar, esto con el fin de una realización evolutiva y practica en la realización de megaproyectos, no requiere de instalaciones de programas u otros softwares para esta función”<sup>44</sup>.

---

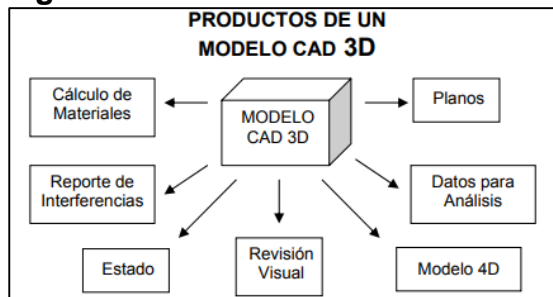
<sup>42</sup> ZAPATA, Patricio. Conceptos Fundamentales de Archicad [en línea]. Bogotá: Graphisoft [citado 8 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <http://blog.graphisoft.lat/conceptos-fundamentales-de-archicad/>>

<sup>43</sup> ZAPATA, Patricio. Conceptos Fundamentales de Archicad [en línea]. Bogotá: Graphisoft [citado 8 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <http://blog.graphisoft.lat/conceptos-fundamentales-de-archicad/>>

<sup>44</sup> ARQUINETPOLIS. Review: Funciones y uso de ArchiCAD [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 8 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <http://arquinetpolis.com/review-archicad-000107/>>

El realismo que desprende Archicad en la modelación 3D “complementa las fases tempranas de diseño, que a su vez podrán ser cuantificables; a lo que se refiere que en la proyección del modelo se pueden determinar las posibles interferencias en el proceso constructivo”<sup>45</sup>. En representación a las facultades dispuestas por el uso y los beneficios de ArchiCad se pueden establecer de la siguiente forma (véase la Figura 9)

**Figura 9. Uso de los modelos 3D CAD**



Fuente. BERDILLANA RIVERA, Feliciano Adrian. Tecnologías informáticas para la visualización de la información y su uso en la construcción -los sistemas 3d inteligente. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil. Modalidad trabajo de grado, 2008. p. 25

### 2.2.3 Características

ArchiCad se identifica en el software macro y pionero en la metodología BIM, que permite el ahorro de tiempo en etapas del proyecto arquitectónico, modificaciones en tiempo real, modelación 2D y 3D, visualización real con elementos constructivos del proyecto, estas como sus características principales; además de:

- Generación de documentación del proyecto de forma automática
- Vista ante cualquier modificación que se realice en el proyecto
- Detección de colisiones de los elementos en el proyecto
- Proporciona toda clase de diseños de la construcción
- Exportación de la información del proyecto referente a diseño, texto, cálculo y documentación a otro software de diseño
- Actualizaciones constantes del software para el usuario
- La conexión en tiempo real de varios usuarios en un solo proyecto<sup>46</sup>.

<sup>45</sup> ZAPATA, Patricio. Conceptos Fundamentales de Archicad [en línea]. Bogotá: Graphisoft [citado 8 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <http://blog.graphisoft.lat/conceptos-fundamentales-de-archicad/>>

<sup>46</sup> ARQUINETPOLIS. Review: Funciones y uso de ArchiCAD [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 8 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <http://arquinetpolis.com/review-archicad-000107/>>

Como se mencionó anteriormente ArchiCad permite la recopilación de la documentación necesaria y general del proyecto, así como también la generación de costo en cuanto a los materiales a usar en el proyecto, destacando las necesidades o requerimientos del diseño, sin embargo, la posibilidad de exportar la documentación a texto a mecanismos o programas de proceso en texto no lo permite, esto debe realizarse manual.

## **2.3 PMI Y MICROSOFT PROJECT**

### **2.3.1 Historia**

Project Management Institute nace de una reunión donde se compartió la información y se examinó los problemas más comunes en la dirección de proyectos; en 1969, “con el fin de facilitar herramientas a las personas en la proyección de la realización de un proyecto, donde su conjunto se representa en los costos, tiempos, dirección o coordinación de proyectos”<sup>47</sup>. A lo largo del tiempo desde la creación de la metodología PMI en el marco de la planeación y ejecución de proyectos se ha ido evolucionando y desarrollando contribuciones que permitan a los profesionales una dirección de proyectos óptimos.

En el marco de la creación del enfoque y uso de PMI se puede establecer de la siguiente forma

- El desarrollo del Diagrama de Gantt en 1917, basado en un gráfico de barras que incluye actividades, tareas, recursos, tiempos de realización de tareas, este diagrama constituye la pieza más importante de la herramienta de Project Manager.
- Critical Path Method -CPM- 1957, conocido como el método de la ruta crítica, que determina la duración del proyecto analizando la secuencialidad de las actividades y tareas dentro del calendario, CPM es la determinación de la ruta de ejecución más larga del proyecto y las posibles interferencias que se puedan generar.
- Program Evaluation and Review Technique –PERT-1958, desarrollado como parte del proyecto Polaris de misil balístico móvil lanzado desde submarino durante la Guerra Fría, donde la función es analizar las tareas involucradas en la realización del proyecto, PERT supone tiempos de duración de cada actividad y así estimar la probabilidad en la que el proyecto se complete al cabo de un determinado tiempo.
- Work Breakdown Structure, WBS, Se establece como la estructura donde se ordena el procedimiento de cada actividad representada jerárquicamente entregable y de alcance de las tareas para así completar el proyecto.
- Nace International Project Management Association (IPMA) en 1965, la primera asociación de administración de proyectos<sup>48</sup>.

---

<sup>47</sup> REVISTA DINERO. Gerencia de proyectos [en línea]. Bogotá: La Revista [citado 8 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <https://www.dinero.com/edicion-impres/management/articulo/gerencia-proyectos/35519>>

<sup>48</sup> HAUGHEY, Duncan. Breve historia sobre la administración de proyectos [en línea]. Bogotá: Lider de Proyecto [citado 8 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: [http://www.liderdeproyecto.com/manual/breve\\_historia\\_sobre\\_la\\_administracion\\_de\\_proyectos.html](http://www.liderdeproyecto.com/manual/breve_historia_sobre_la_administracion_de_proyectos.html)>

- Nace en los Estados Unidos el Project Management Institute (PMI) en 1969, con el fin de aportar mejoras en la práctica de la administración de proyectos, desde entonces PMI se considera como la herramienta más usada dentro de las buenas prácticas para una planeación en gestiones administrativas, calidad, recursos y tiempo para la creación y alcance en proyectos.<sup>49</sup>
- Nace Microsoft Project en 1985, Microsoft adquiere todos los derechos del software, el cual está basado en los requerimientos de PMI para la generación de proyectos junto con las prácticas en la gestión administrativa, desde su primer lanzamiento se han generado varias versiones, donde su última versión fue lanzada el presente año Project 2018.<sup>50</sup>

### 2.3.2 Generalidades Microsoft Project

Representándose como la herramienta más necesaria y practica en la gestión de proyectos ya que permite la planificación y el control de las tareas en el desarrollo de un proyecto.

En el manejo de Microsoft Project se tiene en cuenta las técnicas de planeación y los principios PMI en la representación de ruta crítica, diagrama de Gantt, control de proyectos, representación de sobrecarga de recursos, cálculo de costos y presupuesto además de un análisis en rendimiento generando un resumen de proyecto.<sup>51</sup>

Se describe como la herramienta más usada en la generación de planes de proyectos, la priorización de actividades y la entrega de resultados con un valor supuesto, como también la nivelación de recursos.

### 2.3.3 Características

- Seguimiento y control oportuno en el proyecto.
- Compartir información.
- Generación de gráficos que permiten la entrega de informes comprensibles y de fácil entendimiento.
- Visualización de la ruta crítica de las actividades que se generen para el proyecto.
- Interfaz gráfica de fácil comprensión.

---

<sup>49</sup> HAUGHEY, Duncan. Breve historia sobre la administración de proyectos [en línea]. Bogotá: Lider de Proyecto [citado 8 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: [http://www.liderdeproyecto.com/manual/breve\\_historia\\_sobre\\_la\\_administracion\\_de\\_proyectos.html](http://www.liderdeproyecto.com/manual/breve_historia_sobre_la_administracion_de_proyectos.html)>

<sup>50</sup> OBS BUSINESS SCHOOL. 2016. Project Management. Microsoft Project: Todo lo que un director de proyectos debe conocer. [en línea]. Barcelona [Citado 10 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <https://www.obs-edu.com/int/blog-project-management/herramientas-esenciales-de-un-project-manager/microsoft-project-todo-lo-que-un-director-de-proyectos-debe-conocer.>>

<sup>51</sup> BALLMER , Steve. 2007. Microsoft Office Project Conference. [en línea]. Seattle, Washington [Citado 10 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <https://web.archive.org/web/20090220032601/http://www.microsoft.com/Presspass/exec/steve/2007/10-30OPConferenceBallmer.msp>>

- Cálculo de costos en el marco de los recursos y la mano de obra distribuidos para cada tarea.

## 2.4 METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION

### 2.4.1 Origen.

El término “lean” se origina como producto de las investigaciones realizadas por ingenieros de la empresa ensambladora de automóviles, que pretendía mejorar su línea de producción. “Uno de los más reconocidos en el tema fue el ingeniero Taiichi Ohno, encargado de la producción, quien buscaba eliminar los residuos y mejorar los tiempos de entrega de los automóviles a los clientes sustituyendo la tradicional producción en masa por la producción a pedido del cliente y evitar, además, la acumulación de mercancía”<sup>52</sup>.

### 2.4.2 Definición.

La metodología Lean Construction o también conocida como la metodología sin pérdidas, permite un control riguroso de los procesos constructivos, basado en la optimización de desperdicios de materiales de construcción y mejoramiento de la eficiencia de tiempos y recursos humanos.<sup>53</sup>

Lean Construction (LC) o “construcción sin pérdidas” inicialmente desarrollada e implementada en la industria automovilística de la marca japonesa mundialmente reconocida:

Toyota, en los años 80 luego de la segunda guerra mundial, con el fin de organizar y gestionar la elaboración de un producto. Minimizando pérdidas y maximizando el valor de cada proyecto, por medio de la promulgación de técnicas que incrementen el rendimiento en procesos optando por una nueva visión en cuanto a gestión de proyectos de construcción se refiere.

En el año 1992 el profesor Lauri Koskela tomó como referencia el modelo de “producción lean” usado por Toyota para proponer su propia definición de que la construcción es también un sistema de producción. Pues según Koskela este proceso debe iniciar con un objetivo claro para comprender el valor cada etapa mediante la creación de sistemas que permitan optimizar, reducir o eliminar actividades que no contribuyan a la realización del proyecto minimizando los residuos y mejorando los tiempos de entrega teniendo como definición de residuos aquello que no agrega valor a las actividades necesarias para una unidad productiva<sup>54</sup>.

---

<sup>52</sup> PORRAS; SÁNCHEZ y GALVIS, Op. cit., p. 33

<sup>53</sup> GREEN, S. D. Human Resource Management Journal [en línea]. Hong Kong: [citado 15 septiembre, 2018] Disponible en internet <URL: <https://hub.hku.hk/bitstream/10722/168789/1/Content.pdf?accept=1>>

<sup>54</sup> *Ibid.*, p. 34



### 2.4.3 Generalidades.

Las construcciones Lean se desarrollan activamente en muchos países. Fundadores de este enfoque, en teoría, definir la aplicación de la producción ajustada en la industria de la construcción y surgir conjunto de herramientas de gestión que permiten a las empresas de construcción mejorar el proceso de trabajo tanto en la amplia variedad de enfoques en general y de gestión operativa en particular.<sup>55</sup>

LC clasifica los residuos de construcción en siete categorías como se muestra a continuación

- Desperdicios de la construcción
- Defectos
- Demoras
- Excesos de producción
- Inventarios Excesivos
- Transporte innecesario
- Movimiento no útil de personas

En 1993 Según el doctor Flavio Picchi estimó un 30% de pérdida por torre ejecutada en una edificación normal (véase la Tabla 2).

**Tabla 2. Estimación de Desperdicios en Obra**

Estimado de desperdicio en obras de edificaciones		
Porcentaje costo total de obra		
Ítem	Descripción	%
Restos de material	Restos de mortero	5%
	Restos de ladrillo	
	Restos de madera	
	Limpieza	
	Retirada de material	
Espesores adicionales de mortero	Tarrajeo de techos	2%
	Tarrajeo de paredes internas	
	Tarrajeo de paredes externas	
	Contrapisos	
Dosificaciones no optimizadas	Concreto	2%
	Mortero de tarrajeo de techos	
	Mortero de tarrajeo de paredes	
	Mortero de contrapisos	
	Mortero de revestimientos	
	Repintado	6%

<sup>55</sup> SLAVIN, A., SINEKO, S, YOSHIN, N. The Evolutionary Development of the Methodology of Operational Planning of Construction Production Journal. [en línea]. Moscow. : [citado 15 septiembre, 2018] Disponible en internet <<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/365/6/062040/pdf>>

Reparaciones y re-trabajos no computados en el resto de materiales	Retoques	
	Corrección de otros servicios	
Proyectos no optimizados	Arquitectura	
	Estructuras	
	Instalaciones sanitarias	3,50%
	Instalaciones Eléctricas	
Pérdidas de productividad debias a problemas de calidad		1,50%
	Parada y operaciones adicionales por falta de calidad de los materiales y servicios anteriores	
Costos en obras entregadas	Reparo de patologías ocurridas después de la entrega de obra	5%
Total		30%

Fuente. PORRAS DÍAZ, Hernán; SÁNCHEZ RIVERA, Omar Giovanni y GALVIS GUERRA, José Alberto. Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. En: Avances Investigación en Ingeniería. Junio – julio, 2014. vol. 11, no. 1, p. 36

Para poder entender más a fondo la utilización de esta metodología y su eficaz uso se hace necesario verla como una transformación de materiales, un flujo de recursos y una generación de valor, en un caso más puntual se puede tomar como ejemplo la construcción de un muro para el cual no se ve solo como la unión de ladrillos y mortero sino que estos se puedan apreciar como una unidad de metros cuadrados y su respectivo flujo es la cuantía de recursos y materiales necesarios para la elaboración del muro, por otra parte el valor es la cantidad de metros cuadrados de muro que se hacen en determinado tiempo.

Para ese caso se define la construcción tan solo como un modelo de transformación tradicional como lo indica a continuación (véase la Figura 10).

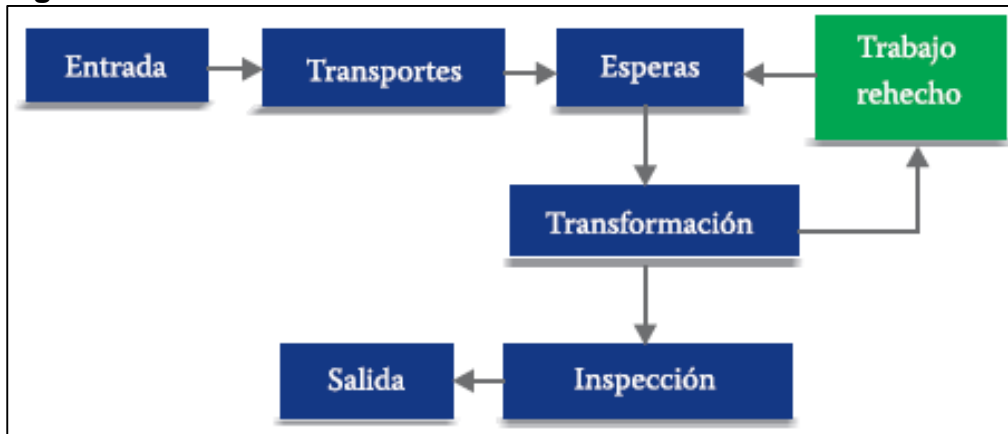
**Figura 10. Modelo de producción tradicional**



Fuente. PORRAS DÍAZ, Hernán; SÁNCHEZ RIVERA, Omar Giovanni y GALVIS GUERRA, José Alberto. Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. En: Avances Investigación en Ingeniería. Junio – julio, 2014. vol. 11, no. 1, p. 37

Por otra parte, el modelo de lean construction indica variables como: transformación-flujo-valor o TFV como se ilustra a continuación (véase la Figura 11).

**Figura 11. Modelo de Producción Lean o TFV.**



Fuente. PORRAS DÍAZ, Hernán; SÁNCHEZ RIVERA, Omar Giovanni y GALVIS GUERRA, José Alberto. Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. En: Avances Investigación en Ingeniería. Junio – julio, 2014. vol. 11, no. 1, p. 37

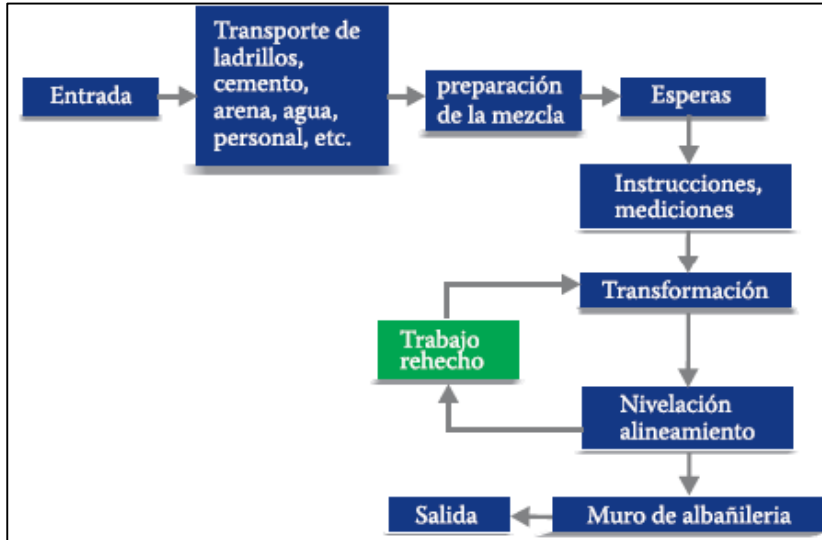
De esta misma manera se puede observar mediante el ejemplo mencionado anteriormente para el cual se hace referencia a la hechura de un muro teniendo siempre en cuenta el objetivo principal de esta filosofía el cual indica el diseño de sistemas de producción que minimicen o eliminen posibles desperdicios (véase la Figura 12 y véase figura 13).

**Figura 12. Ejemplo del Modelo Tradicional para la Puesta de Ladrillo**



Fuente. PORRAS DÍAZ, Hernán; SÁNCHEZ RIVERA, Omar Giovanni y GALVIS GUERRA, José Alberto. Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. En: Avances Investigación en Ingeniería. Junio – julio, 2014. vol. 11, no. 1, p. 37

**Figura 13. Ejemplo de un Modelo TFV, Puesta de Ladrillo**



Fuente. PORRAS DÍAZ, Hernán; SÁNCHEZ RIVERA, Omar Giovanni y GALVIS GUERRA, José Alberto. Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. En: Avances Investigación en Ingeniería. Junio – julio, 2014. vol. 11, no. 1, p. 38

De ese modo la filosofía lean es una renovada gestión de proyectos que compite con las metodologías convencionales de gestión como Project y Archicad, entre otras, los cuales cuentan con un enfoque más global teniendo como error principal centrarse solo en las actividades de conversión y no tener en cuenta el flujo de los recursos para así poder lograrla generación de más valor en los productos obtenidos, según Koskela debe tenerse en cuenta que para proyectos constructivos con alto nivel de incertidumbre no pueden ser gestionados por medio de la guía PMBOK referenciada por el Project Management Institute PMI, ya que el afirma que este tipo de guías tienen falencias en la base teórica y en general en los métodos de planificación.

Estas fallas mencionadas en la base teoría se enfatizan en dos teorías la primera de ellas que menciona los proyectos como una transformación y la segunda es la teoría de gestión igual a la planeación. Donde el PMI presta toda su atención en la en la planificación, una parte mínima al control y una casi nula a la ejecución.

Caso contrario de LC que contempla no solo unos pasos, sino que da mayor atención a las actividades, subactividades, fases y etapas de los proyectos. La filosofía Lean Construction “está enfocada hacia la efectividad teniendo la planificación y control como complementario y dinámico empezando por la planificación la cual define criterios para posteriormente alcanzar objetivos mientras que por otro lado se puede tener una secuencia de eventos mediante el control”<sup>56</sup>.

<sup>56</sup> *Ibíd.*, p. 38

En diseño magro, se implementa el último sistema de planificación para identificar el enfrentando problemas, donde la gestión de recursos y la programación son los conceptos clave que se centran en. Por lo tanto, esto demuestra ser un enfoque ideal para tratar los residuos minimización y mejora de la productividad por el análisis del porcentaje de planeado completo.<sup>57</sup>

#### **2.4.4 Herramientas para la implementación del Lean Construction.**

Actualmente el enfoque Lean Construction ha progresado significativamente. Su aplicación se ha extendido a todas las etapas de los proyectos de construcción, desde la planeación hasta la puesta en operación. Su implementación es un proceso que inicia con un diagnóstico detallado de la situación del proyecto.

➤ **Paso 1:** Hacer un diagnóstico de la productividad de las actividades de construcción de la obra. En este paso se cuantifica el tiempo que agrega valor a la actividad de construcción y el tiempo dedicado a pérdidas.

➤ **Paso 2:** La información obtenido en el paso 1 se debe registrar y tabular. A partir de esta tabulación se obtienen estadísticas sobre las pérdidas en cada una de los procesos constructivos.

➤ **Paso 3:** Identificar la magnitud de las pérdidas.

➤ **Paso 4:** Analizar la información y estadísticas obtenidas. En este paso se reúne el equipo de planeación de la obra y se determinan las estrategias para reducir las pérdidas en las actividades de construcción.

➤ **Paso 5:** Las estrategias que se determinaron en el paso anterior se aplican directamente en la obra. Una vez aplicadas las mejoras se debe realizar de nuevo mediciones para establecer la efectividad de las estrategias<sup>58</sup>.

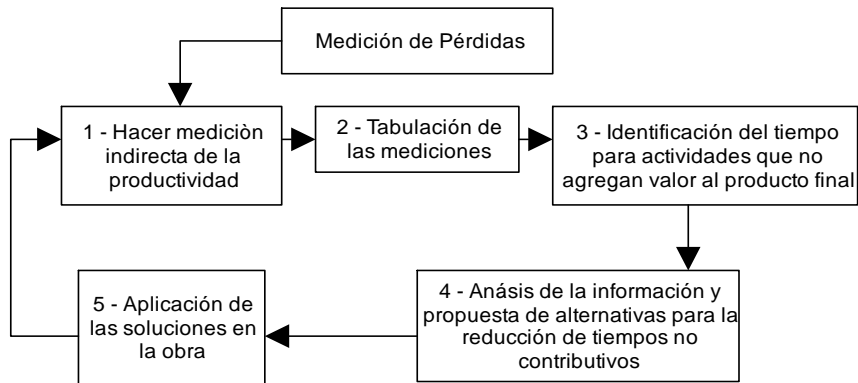
A continuación, se debe iniciar de nuevo el paso 1 hasta obtener una eliminación total de las pérdidas (véase la Figura 14).

---

<sup>57</sup> PRAKASH, Arul; RAJESH, P; PRAKASH, Fleming; International Journal Of Applied Engineering Research. [en línea]. India: [Citado 15 septiembre, 2018]. Disponible internet <URL: [https://www.ripublication.com/ijaer18/ijaerv13n6\\_199.pdf](https://www.ripublication.com/ijaer18/ijaerv13n6_199.pdf)>

<sup>58</sup> LEAN CONSTRUCTION ENTERPRISE. ¿Qué es Lean Construction? [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 9 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.leanconstructionenterprise.com/documentacion/lean-construction>>

**Figura 14. Plan para Medición de Pérdidas**



Fuente. LEAN CONSTRUCTION ENTERPRISE. ¿Qué es Lean Construction? [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 9 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.leanconstructionenterprise.com/documentacion/lean-construction>>

## 2.5 RENDIMIENTO DE OBRA

En procesos constructivos el componente de productividad es una de las variables más relevantes en función del cumplimiento de objetivos, en la construcción esta variable está asociada directamente a la mano de obra en el desarrollo de las actividades de la construcción, para realizar el cálculo en la relación del rendimiento de productividad de obra se tiene en cuenta:

- Identificación de la actividad constructiva
- Número de trabajadores que conforman la cuadrilla
- Estipulación de tiempo en ejecución de la actividad.
- Determinar la productividad por la siguiente expresión

### Ecuación 1. Determinación de la productividad

$$\frac{\text{cantidad de obra (unidad de medida)}}{\text{tiempo de ejecucion (unidad de tiempo)}}$$

- Determinar el rendimiento mediante la expresión

### Ecuación 2. Determinación del rendimiento

$$\frac{1}{\text{productividad}}$$

### 3. LEAN CONSTRUCTION EN ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN

Este capítulo se enfoca al desarrollo de la matriz guía, mediante la realización de una encuesta y una entrevista, que permitieron desempeñar un análisis general para llevar a cabo la representación de la matriz enfocada en la metodología Lean Construction dentro de cinco (5) actividades principales en un proyecto de vivienda unifamiliar. En este capítulo se dará respuesta al objetivo específico número dos.

#### 3.1 ENCUESTA

La encuesta se realiza a 14 estudiantes y 14 docentes de la Universidad Católica de Colombia, directamente relacionados con el programa de Ingeniería Civil, con el fin de obtener información y plantear un análisis que permita evaluar la relación y conocimiento sobre la metodología Lean Construction en la universidad. (véase Anexo 1.)

##### 3.1.1 Esquema de la encuesta

Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para estudiantes.  
Yulieth Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: \_\_\_\_\_

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí  No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

Sí  No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas  
 Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí  No

¿Haría uso de una matriz guía, enfocada en la metodología Lean Construction en su vida profesional donde le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí  No

Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para docentes.  
Yulieth Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: \_\_\_\_\_

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí  No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

Sí  No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas  
 Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí  No

¿Haría uso de una matriz guía, enfocada en la metodología Lean Construction en su vida profesional donde le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí  No

De conocer la metodología Lean Construction. ¿Incluiría en sus clases la explicación de esta metodología a sus estudiantes?

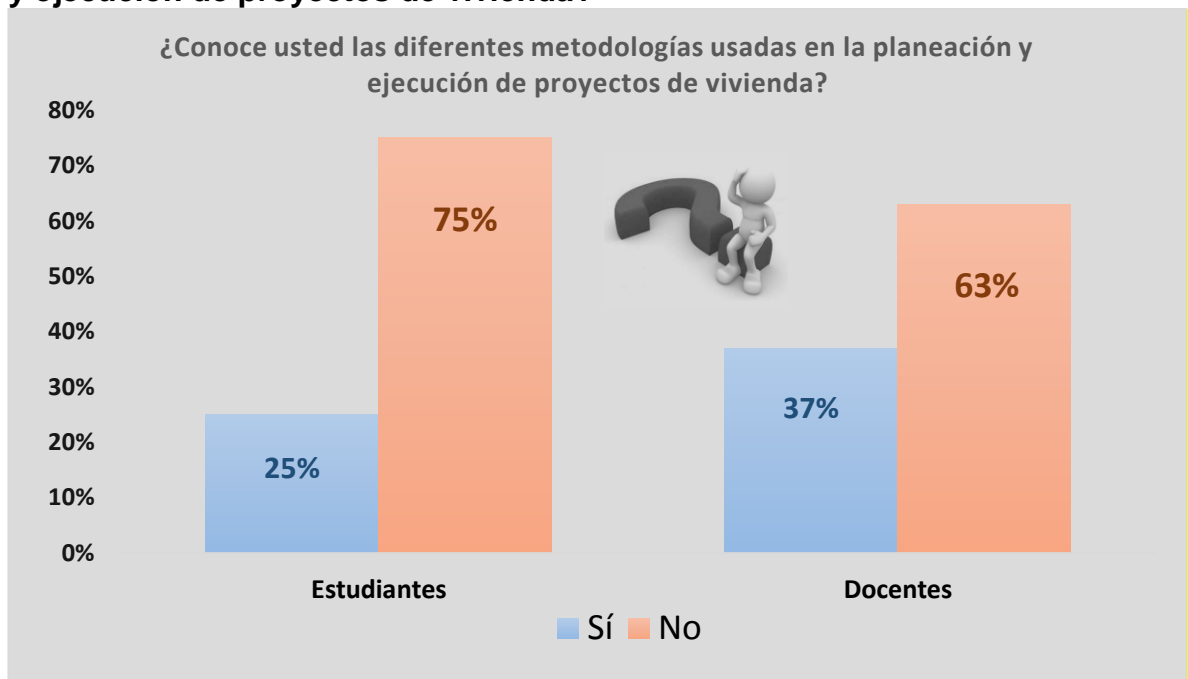
Sí  No

### 3.1.2 Análisis de datos

- **Pregunta 1:** ¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Esta pregunta está orientada a conocer evaluar e identificar que tan relacionada esta un porcentaje de la comunidad ya mencionada, con las metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda. (Véase la Figura 15).

**Figura 15. ¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?**



Fuente. Los Autores.

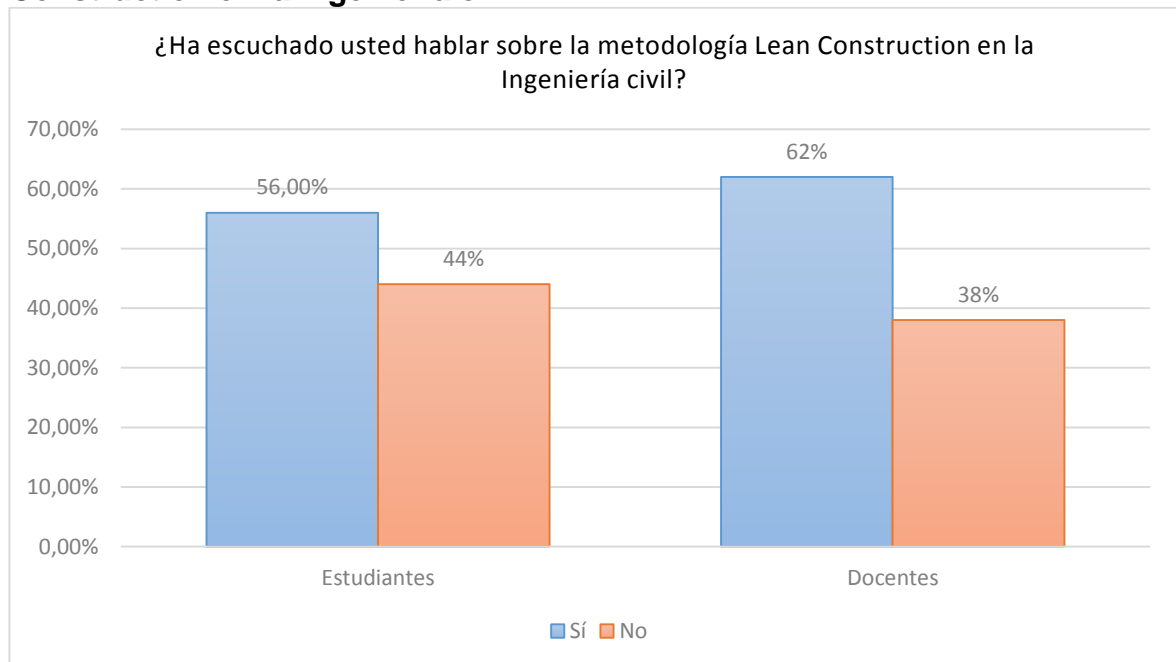
Con base a los resultados obtenidos, se identifica que existe desconocimiento de las metodologías aplicadas para la planeación y ejecución de proyectos de vivienda, teniendo en cuenta que el 69% total de los encuestados, no conocen las diferentes metodologías, siendo los estudiantes quienes presentan mayor desconocimiento con el 75% de los encuestados. Solo el 37% de los docentes reconocen saber sobre estas distintas metodologías al respecto. En caso de los docentes la representación de la falta de conocimiento en las diferentes metodologías es un 63%, esto se debe a su área de especialidad (hidráulica, geotecnia, pavimentos, estructuras, etc.) dentro de los campos de la ingeniería civil.



➤ **Pregunta 2.** ¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

La pregunta se realiza con el fin de evaluar la inclusión o conocimiento de la metodología Lean Construction en la ingeniería civil, para las dos posturas que representan los casos de estudio. Estudiantes en representación de adquisición de conocimientos para su futura vida profesional y docentes como representación profesional en las prácticas ingenieriles (véase la Figura 16).

**Figura 16.** ¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?



Fuente. Los Autores

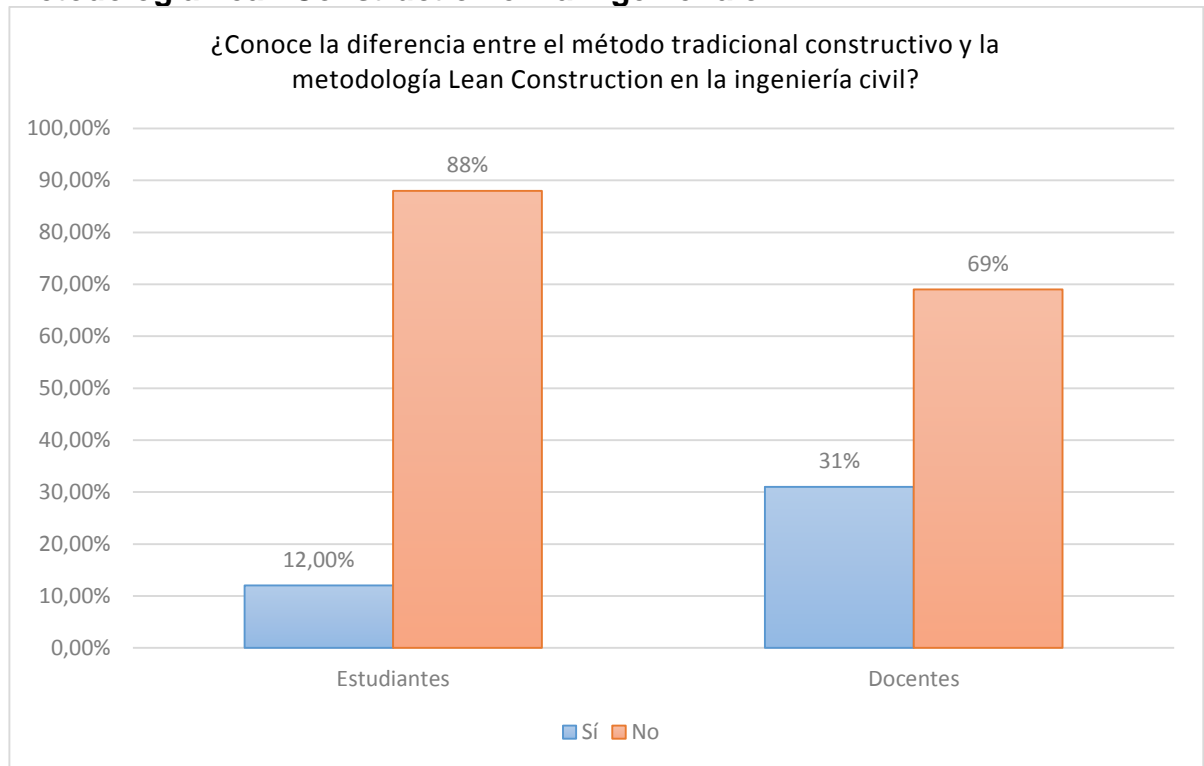
Esta grafica representa que la metodología Lean Construction ha inferido directa o indirectamente en el campo de la ingeniería civil, esto se evidencia en los resultados de más del 55%, aplicado para los dos casos de estudio.

El 56% de los estudiantes establecieron haber escuchado sobre la metodología Lean Construction mediante conferencias o búsqueda de información a nivel personal, mientras que el 44% determino no haber escuchado de esta metodología ni de la inferencia que tenga está en el campo de la ingeniería civil. Por otra parte, los docentes en un porcentaje del 62% han escuchado hablar de esta metodología y el resultado negativo del 38% está relacionado a la falta de interés de hacer esta metodología aplicable a su área de especialidad.

- **Pregunta 3.** ¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

Los resultados que se presentan a continuación son analizados para identificar si en ambos casos de estudio se conoce sobre lo que representan cada una de estas metodologías constructivas en el campo de la ingeniería (véase la Figura 17).

**Figura 17. ¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?**



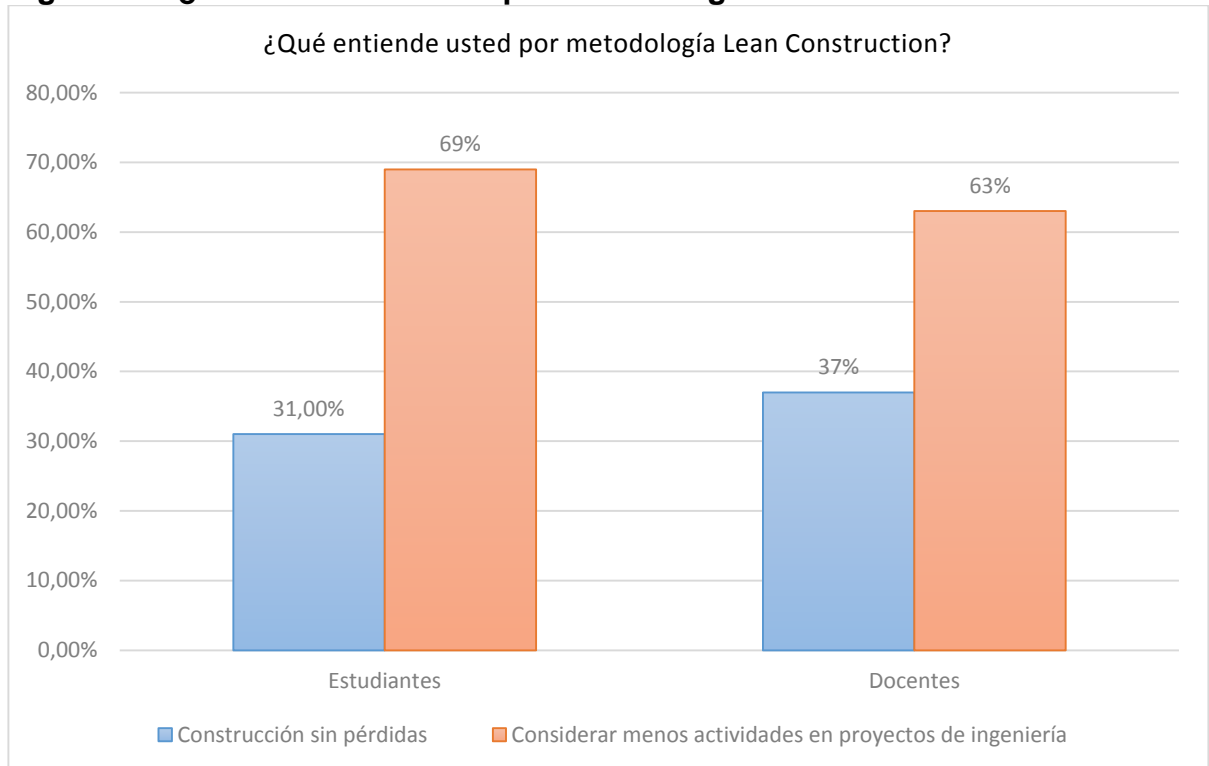
Fuente. Los Autores.

Esta gráfica representa que más del 65% de la muestra encuestada para ambos casos no conoce la diferencia entre el método tradicional constructiva y la metodología Lean Construction, por este motivo se encuentra la necesidad e importancia de conocer sobre las metodologías constructivas.

➤ **Pregunta 4.** ¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Con esta pregunta se pretende analizar para ambos casos de estudio la inferencia que para ellos significa Lean Construction, estableciendo que tengan o no conocimiento sobre esta metodología, su aplicabilidad y significado en la ingeniería civil (véase la Figura 18).

**Figura 18.** ¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?



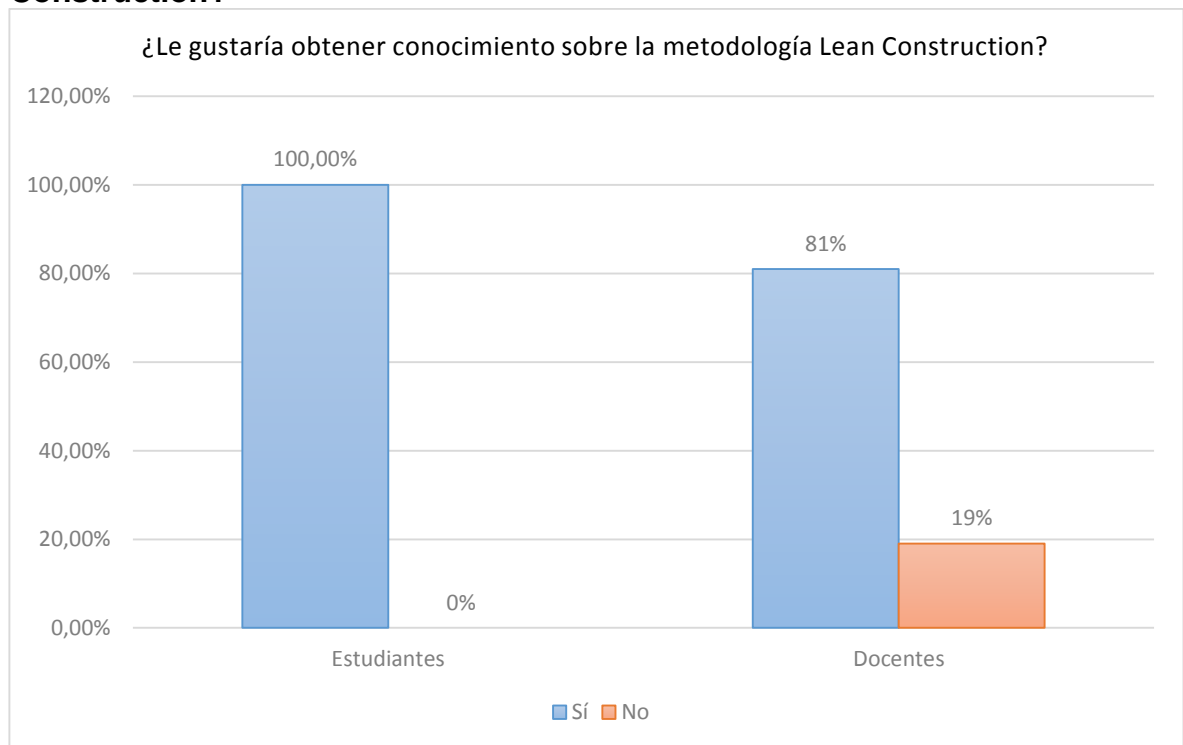
Fuente. Los Autores.

Se puede observar en la gráfica que más del 60% considera que la metodología Lean Construction es la reducción de actividades y menos del 40% considera que es una metodología que permita la construcción sin pérdidas, se establece que en relación con la segunda pregunta (¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?), donde se tiene como resultado que más del 55% han escuchado de esta metodología; aún no tiene claro lo que significa, representa y la aplicabilidad de ella en los ámbitos constructivos dentro de la ingeniería civil para los dos casos de estudios, establecidos.

➤ **Pregunta 5.** ¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Con esta pregunta se pretende analizar si urge la necesidad de integrar la filosofía Lean Construction y sus objetivos en el sector de la construcción en el ámbito ingenieril, lo que será determinada por la respuesta de los casos estudio (véase la Figura 19).

**Figura 19.** ¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?



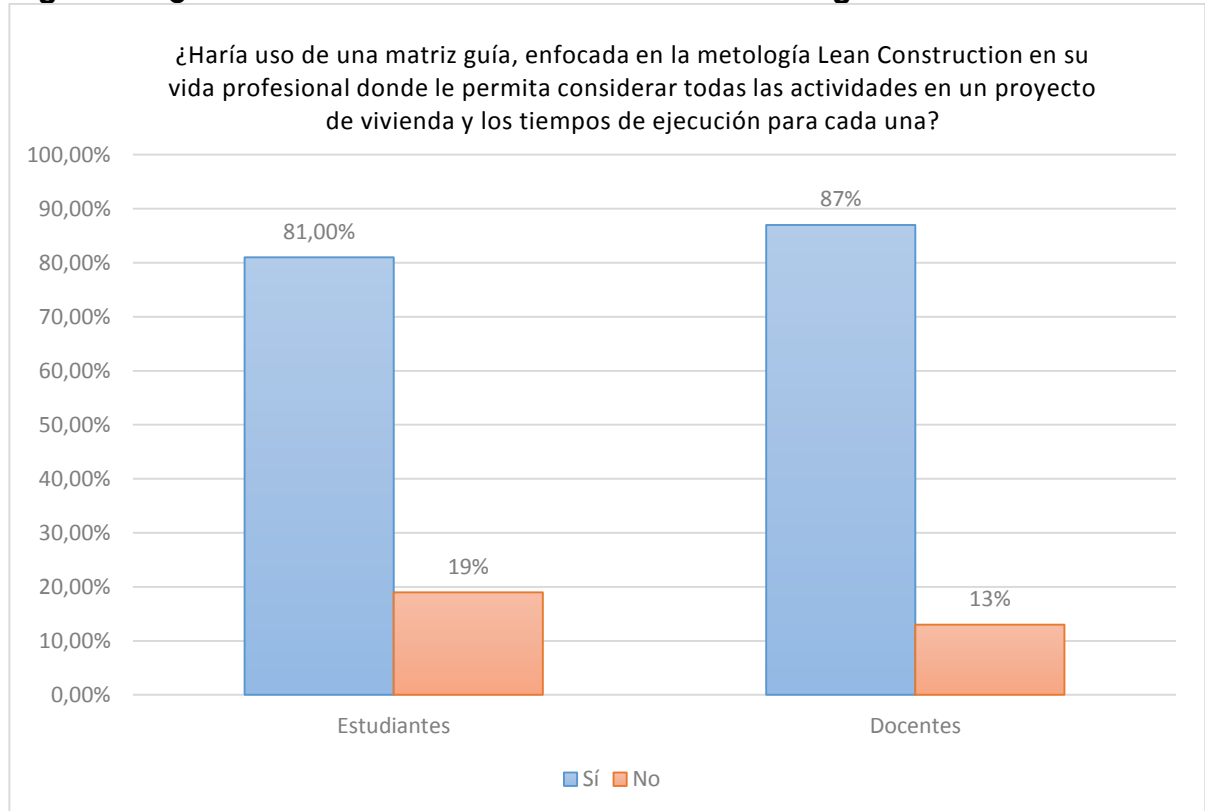
Fuente. Los Autores

Esta grafica señala la importancia de adquirir conocimiento en la metodología Lean Construction, se define por el resultado del 80% de la muestra para ambos casos que quieren adquirir conocimientos en la metodología Lean Construction, siendo en el caso de estudio de los estudiantes los más interesados en conocer esta metodología alcanzando el 100% favorable a la pregunta.

- **Pregunta 6.** ¿Haría uso de una matriz guía, enfocada en la metodología Lean Construction en su vida profesional donde le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

A continuación, se observará si en ambos casos de estudio, estarían dispuestos a implementar y usar una matriz enfocada en la metodología Lean Construction (véase la Figura 20).

**Figura 20. ¿Usaría una matriz enfocada en la metodología Lean Construction?**

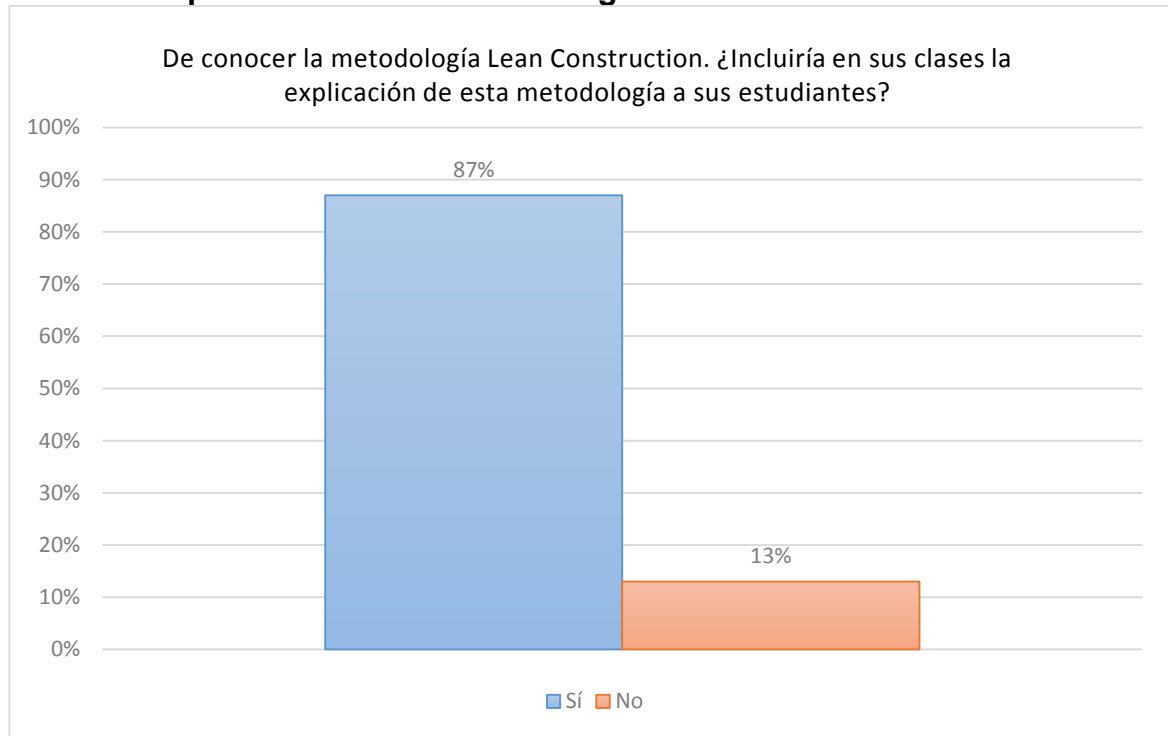


Fuente. Los Autores

Se observa el alto interés por utilizar una herramienta que les permita evaluar el proceso y el rendimiento en un proyecto de vivienda, más del 80% en los dos casos de estudio harían uso de una matriz, la respuesta negativa al uso de una matriz enfocada el Lean Construction para proyectos de vivienda oscila entre el 10% y el 20% para los dos casos de estudio, debido a esto consideramos que este porcentaje a la respuesta negativa de debe al interés de especialización de la rama ingenieril para ambos casos.

- **Pregunta 7.** De conocer la metodología Lean Construction. ¿Incluiría en sus clases la explicación de esta metodología a sus estudiantes?

**Figura 21.** De conocer la metodología Lean Construction. ¿Incluiría en sus clases la explicación de esta metodología a sus estudiantes?



Fuente. Los Autores.

Esta pregunta fue realizada específicamente al caso de estudio para docentes, con objeto de saber si consideran importante la metodología Lean Construction y si estarían dispuestos explicar esta metodología en sus clases para ampliar conocimientos de sus estudiantes, lo que tuvo como resultado que el 87%, de la muestra harían este ejercicio representando a 14 de los 16 docentes encuestados.

En otro orden el 13% que representa a 2 de los 16 docentes encuestados, no harían este ejercicio en sus clases, este resultado fue cuestionado. Concluyendo así, que no explicarían esta metodología en sus clases por que no representa valor e importancia en su área de especialidad. (véase la Figura 21).

## 3.2 ENTREVISTA.

Se realizó una encuesta a un oficial de obra con el fin de obtener y recolectar información respecto al método tradicional de cómo se lleva la planeación y ejecución en la obra de un proyecto de vivienda. El oficial encuestado (MAURICIO PEÑA), respondió una serie de preguntas, con respecto a sus respuestas se efectúa el análisis e interpretación que permite evaluar e identificar situaciones que afecten el rendimiento durante la ejecución de un proyecto de vivienda unifamiliar bajo la metodología tradicional. (Véase anexo 2.)

### 3.2.1 Desarrollo de la entrevista.

- ¿Considera usted algún tipo de planeación para la ejecución del proyecto de una vivienda unifamiliar?

Rta/: La planeación que yo realizo es en tiempo de meses, la persona que me contrata establece un tiempo de entrega y yo determino si en ese tiempo puedo cumplir el trabajo, normalmente la construcción de una vivienda unifamiliar de un (1) piso es de aproximadamente tres (3) meses.

- ¿Tiene usted planeado el número de ayudantes con los que va a trabajar desde que lo contratan para realizar la ejecución de un proyecto de vivienda unifamiliar?

Rta/: Si, generalmente trabajo con ocho (8) ayudantes; claro, esto depende de la vivienda y la complejidad de la construcción que se vaya a realizar.

- ¿Tiene usted algún orden de actividades para ejecutar un proyecto de vivienda unifamiliar?

Rta/: No, las actividades se hacen por día, es decir llegamos nos organizamos, les digo a mis trabajadores: "El día de hoy debemos terminar la placa de contra piso" y así se hace todos los días.

- ¿Tiene usted en consideración cuánto tarda realizando cada tarea para cumplir al final del día la actividad?

Rta/: No, mi objetivo es una actividad por día, cuanto tardemos en cada tarea para cumplirla no es relevante para mí, lo importantes es al final del día haber cumplido la actividad.

- ¿Lleva usted una guía o elemento que le permita evaluar el rendimiento de la obra que realiza?

Rta/: No, yo sé que el trabajo lo debo realizar en tres (3) meses, entonces si veo que voy atrasado, entonces al día no asigno una sola actividad, se asignan dos; entonces divido mi cuadrilla de trabajo, son ellos los que deben realizar mayor esfuerzo y dedicación para cumplir las dos actividades del día o llegado el caso debo contratar más ayudantes, pero generalmente eso no se hace.

- ¿Qué actividades realiza usted en la ejecución de un proyecto de vivienda unifamiliar generalmente?

Rta/: Hago un reconocimiento del área, cimentación, estructura, cubierta y los acabados.

- ¿Conoce usted detalladamente las tareas que se deben ejecutar para cada una de las actividades y los tiempos que interfieren realizar cada una de ellas?

Rta/: No, no las conozco todas en su totalidad, las tradicionales. Para el tiempo de cada una de ellas no llevo registro.

- ¿Considera usted que llevar un registro de tiempos en la ejecución de cada tarea le ayudaría para ver el rendimiento de su obra contra el tiempo que estipulo de entrega final de ella?

Rta/: Si, un registro de tiempos y de rendimiento lo usaría, pues me facilitaría en dar orden a las actividades, además de que sería un soporte para mostrarle a quien me contrato como ha avanzado la obra y si se cumpliría la finalización de la obra para el tiempo estimado además de permitirme a mi evaluar el trabajo de mis ayudantes.

### **3.2.2 Análisis de información**

Con base a las respuestas y la información obtenida mediante la realización de la encuesta, se encuentra la deficiencia que se tiene en el método tradicional constructivo para ejecutar las actividades en un proyecto de vivienda, además no se cuenta con la toma de tiempos para las tareas respectivas de cada actividad lo que influye directamente en el rendimiento de la obra en cuestión de tiempo de entrega, también se puede observar como la inclusión de una herramienta guía que cumpla con parámetros de actividades y la evaluación de rendimiento en obra, beneficiaría a todo el grupo de trabajo en un proyecto de vivienda (Ingeniero, oficial de obra, ayudantes... etc)



### 3.3 FORMULACIÓN MATRIZ GUÍA

Se plantea el formato de la matriz guía enfocada en metodología Lean Construction con base a cinco (5) actividades primordiales en un proyecto de vivienda unifamiliar.

- Preliminares
- Cimentación
- Estructura
- Cubierta
- Acabados

#### 3.3.1 Diseño matriz Lean Construction.

En el esquema para la formulación de la matriz Lean Construction se evidencia la representación de la actividad en forma gráfica e información contemplada en las dos metodologías para la comparación y análisis de sus resultados claves en cuestiones de rendimiento de la ejecución de obra. (véase la tabla 3 y véase la figura 22).

**Tabla 3. Actividades constructivas**

Metodología Lean Construction		Metodología Tradicional
Cerramiento	Clavar estacas	Descapote, nivelación, campamento
	Medir	
	Amarar el hilo	
Descapote y Limpieza	Extracción de troncos y raíces	
	Retiro de vegetación superficial	
	Retiro y transporte de vegetación fuera de la obra	
	Determinación de nivel de referencia 0	
Campamento	Elección de sitio de campamento y depósito	
	Medir	
	Clavar de parales	
	Colocación de polisombra	
Instalaciones provisionales	Punto de energía eléctrica	
	Punto de abastecimiento de agua	
Trazado	Verificación de ejes	Excavación, acero de refuerzo,
	Trazo de vigas	
Excavación	Excavar	

	Retiro y transporte de material de excavación al depósito	colocación del concreto
Solado	Colocación de polietileno	
	Fabricación de concreto pobre	
	Transporte de concreto pobre	
	Colocación de concreto pobre	
	Verificación de espesor	
Acero de Refuerzo (Longitudinal y transversal) Zapatas	Paneles (Fabricación, curado, colocación)	
	Colocación de hierro	
	Verificación del acero	
Vaciado de concreto	Concreto premezclado	
	Colocación	
	Vibrado	
	Curado	
Viga de amarre	Colocación de acero de refuerzo longitudinal y transversal sobre el muro	Estructura y contra piso
	Colocación de concreto	
	Desencofrado	
	Curado	
Columnas	Colocación acero longitudinal y transversal	
	Colocación formaleta	
	Traslado del concreto	
	Vaciado del concreto	
	Vibrado del concreto	
	Secado	
	Retiro de formaleta	
Mampostería	Traslado de material desde el punto de entrega a punto de construcción	
	Fabricación mortero de pega	
	Ubicar referencias de nivel	
	Levantamiento del muro	
	Curado	
Piso Primario	Nivelación del terreno	
	Colocación de recebo	
	Compactación	
	Instalación malla electro soldada	



**Figura 23. Formato diseño de la matriz**

TÍTULO DE ACTIVIDAD INICIAL							
Actividad constructiva	REPRESENTACIÓN DE ACTIVIDADES						
	FOTOGRAFÍAS DE LAS ACTIVIDADES						
Sistema tradicional	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES QUE SE ENCUENTRAN EN LA METODOLOGÍA TRADICIONAL	Unidad	Cantidad	N° Trabajadores	Tiempo [días]	Productividad [m2/día]	Rendimiento [día/m2]
		[M2, M3, ML]	N	N	N	CANTIDAD/TIEMPO	1/PRODUCTIVIDAD
Metodología LEAN	ACTIVIDADES CONTEMPLADAS POR LA POR LA METODOLOGÍA LEAN COSTRUCTION						
	Actividad	Sub-actividad	Cantidad	N° Trabajadores	Tiempo [días]	Productividad	Rendimiento
	ACTIVIDAD 1	Sub-actividad 1.1.	CANTIDAD EN [M2,M3,ML]	N	N	CANTIDAD/TIEMPO	1/PRODUCTIVIDAD
		Sub-actividad 1.2.	CANTIDAD EN [M2,M3,ML]	N	N	CANTIDAD/TIEMPO	1/PRODUCTIVIDAD
		Sub-actividad 1.3.	CANTIDAD EN [M2,M3,ML]	N	N	CANTIDAD/TIEMPO	1/PRODUCTIVIDAD
	ACTIVIDAD 2	Sub-actividad 2.1.	CANTIDAD EN [M2,M3,ML]	N	N	CANTIDAD/TIEMPO	1/PRODUCTIVIDAD
		Sub-actividad 2.2.	CANTIDAD EN [M2,M3,ML]	N	N	CANTIDAD/TIEMPO	1/PRODUCTIVIDAD
		Sub-actividad 2.3.	CANTIDAD EN [M2,M3,ML]	N	N	CANTIDAD/TIEMPO	1/PRODUCTIVIDAD
		Sub-actividad 2.4.	CANTIDAD EN [M2,M3,ML]	N	N	CANTIDAD/TIEMPO	1/PRODUCTIVIDAD
	<b>TOTAL</b>		CANTIDAD EN [M2,M3,ML]	N	N	CANTIDAD/TIEMPO	1/PRODUCTIVIDAD

Fuente. Los Autores

### 3.3.2 Preliminares

Comprende a las actividades necesarias que representan la adecuación del terreno donde se va ejecutar el proceso de construcción, además se contemplan las actividades dispuestas para cada metodología. (Véase la tabla 4 y véase la Figura 23).


**Tabla 4. Actividades preliminares**

Metodología Lean Construction		Metodología Tradicional
Cerramiento	Clavar estacas	
	Medir	
	Amarar el hilo	
Descapote y Limpieza	Extracción de troncos y raíces	
	Retiro de vegetación superficial	

	Retiro y transporte de vegetación fuera de la obra	Descapote, nivelación, campamento
	Determinación de nivel de referencia 0	
Campamento	Elección de sitio de campamento y depósito	
	Medir	
	Clavar de parales	
	Colocación de polisombra	
Instalaciones provisionales	Punto de energía eléctrica	
	Punto de abastecimiento de agua	

Fuente. Los Autores

**Figura 24. Formato matriz actividades preliminares.**

I - PRELIMINARES								
Actividad constructiva	Localización y replanteo							
								
Sistema tradicional	Descapote y nivelación.	Unidad	Cantidad	N° Trabajadores	Tiempo [días]	Productividad [m2/día]	Rendimiento [día/m2]	
Metodología LEAN	Cerrramiento, limpieza, descapote, campamento, instalciones provisionales.							
	Actividad	Sub-actividad	Cantidad	N° Trabajadores	Tiempo [días]	Productividad	Rendimiento	
	Cerramiento	Clavar estacas						
		Medir						
		Amarar el hilo						
	Descapote y Limpieza	Extracción de troncos y raíces						
		Retiro de vegetación superficial						
		Retiro y transporte de vegetación fuera de la obra						
		Determinación denivel de referencia 0						
	Campamento	Elección de sitio de campamento y depósito						
		Medir						
		Clavar de parales						
		Colocación de polisombra						
	Instalaciones provisionales	Punto de energía eléctrica						
		Punto de abastecimiento de agua						
<b>TOTAL</b>								

Fuente. Los Autores

### 3.3.3 Cimentación

La cimentación comprende la base de sostenibilidad de la construcción y contempla primordialmente las actividades de los cimientos según las especificaciones técnicas. (véase la tabla 5 y véase la figura 24)

**Tabla 5. Actividades de cimentación**

Metodología Lean Construction		Metodología Tradicional
Trazado	Verificación de ejes	Excavación, acero de refuerzo, colocación del concreto
	Trazo de vigas	
Excavación	Excavar	
	Retiro y transporte de material de excavación al depósito	
Solado	Colocación de polietileno	
	Fabricación de concreto pobre	
	Transporte de concreto pobre	
	Colocación de concreto pobre	
	Verificación de espesor	
Acero de Refuerzo (Longitudinal y transversal) Zapatas y Columnas	Panelas (Fabricación, curado, colocación)	
	Colocación de hierro	
	Verificación del acero	
Vaciado de concreto	Concreto premezclado	
	Colocación	
	Vibrado	
	Curado	

Fuente. Los Autores

**Figura 25. Formato matriz actividades de cimentación.**

		II - CIMENTACIÓN					
Actividad constructiva							
	Sistema tradicional	Excavación, Acero de refuerzo, colocación de concreto	Unidad	Cantidad	N° Trabajadores	Tiempo [días]	Productividad [m3/día]
Metodología LEAN	Trazado, excavación, solado, acero de refuerzo, colocación de concreto.						
	<b>Actividad</b>	<b>Sub-actividad</b>	<b>Cantidad en M3</b>	<b>N° Trabajadores</b>	<b>Tiempo [días]</b>	<b>Productividad [m3/día]</b>	<b>Rendimiento [día/m3]</b>
	Trazado	Verificación de ejes					
		Trazo de vigas					
	Excavación	Excavar					
		Retiro y transporte de material de excavación al depósito					
	Solado	Colocación de polietileno					
		Fabricación de concreto pobre					
		Transporte de concreto pobre					
		Colocación de concreto pobre					
		Verificación de espesor					
	Acero de Refuerzo (Longitudinal y transversal) Zapatas y Columnas	Panelas (Fabricación, curado, colocación)					
		Colocación de hierro					
		Verificación del acero					
	Vaciado de concreto	Concreto premezclado					
Colocación							
Vibrado							
Curado							
<b>TOTAL EN OBRA</b>							

Fuente. Los Autores

### 3.3.4 Estructura


Contempla las actividades necesarias que permitan la ejecución del proyecto bajo los lineamientos requeridos como los de diseño arquitectónico y diseño estructural. (véase la tabla 6 y véase la Figura 25).

**Tabla 6. Actividades Estructurales**

Metodología Lean Construction		Metodología Tradicional
<b>Viga de amarre</b>	Colocación de acero de refuerzo longitudinal y transversal sobre el muro	Estructura y contra piso
	Colocación de concreto	
	Desencofrado	
	Curado	
<b>Columnas</b>	Colocación acero longitudinal y transversal	
	Colocación formaleta	
	Traslado del concreto	
	Vaciado del concreto	
	Vibrado del concreto	
	Secado	
	Retiro de formaleta	
<b>Mampostería</b>	Traslado de material desde el punto de entrega a punto de construcción	
	Fabricación mortero de pega	
	Ubicar referencias de nivel	
	Levantamiento del muro	
	Curado	
<b>Piso Primario</b>	Nivelación del terreno	
	Colocación de recebo	
	Compactación	
	Instalación malla electro soldada	
	Colocación del concreto	
	Nivelación del concreto	
	Vibrado del concreto	
	Fraguado y Curado	

Fuente. Los Autores.

Figura 26. Formato matriz de actividades estructurales

Actividad constructiva		III - ESTRUCTURA						
								
Sistema tradicional	Contra piso, mampostería y Vigas	Unidad	Cantidad	N° Trabajadores	Tiempo [día]	Productividad [m3/día]	Rendimiento [día/m3]	
	Metodología LEAN	Vigas de amarre, columnas, mampostería, piso primario						
Actividad		Sub-actividad	Cantidad en M3	N° Trabajadores	Tiempo [día]	Productividad [m3/día]	Rendimiento [día/m3]	
Viga de amarre		Colocación de acero de refuerzo longitudinal y transversal sobre						
		Colocación de concreto						
		Desenformado						
		Curado						
Columnas		Colocación acero longitudinal y transversal						
		Colocación formaleta						
		Traslado del concreto						
		Vaciado del concreto						
		Vibrado del concreto						
		Secado						
		Retiro de formaleta						
Mampostería		Traslado de material desde el punto de entrega a punto de fabricación						
		Fabricación mortero de pega						
		Ubicar referencias de nivel						
		Levantamiento del muro						
		Curado						
Piso Primario		Nivelación del terreno						
		Colocación de recebo						
		Compactación						
		Instalación malla electro soldada						
		Colocación del concreto						
		Nivelación del concreto						
		Vibrado del concreto						
	Fraguado y Curado							
<b>TOTAL</b>								

Fuente. Los Autores



### 3.3.5 Cubierta


Es el conjunto de elementos que se utilizan para cubrir la parte superior de la vivienda contra la lluvia, calor, frio etc. (véase la tabla 7 véase la Figura 26).

**Tabla 7. Actividades para Cubierta**

Metodología Lean Construction		Metodología tradicional
Estructura metálica	Colocación de listones de apoyo	Colocación de perfiles y tejado
	Listones de amarre	
	Soldadura	
Colocación de tejas	Transporte de material al punto	
	Ubicación y colocación de tejas	
	Amarre	
	Verificación	

Fuente. Los Autores

**Figura 27. Formato matriz de actividades para cubierta.**

IV- Cubierta							
Actividad constructiva							
	Sistema tradicional	Colocación de perfiles y tejado	Unidad	Cantidad	N° Trabajadores	Tiempo [día]	Productividad [m2/día]
Metodología LEAN	fijación de la estructura en madera, verificación de pendientes, armado de tejas, amarre y proceso final de instalado.						
	Actividad	Sub-actividad	Cantidad en m	N° Trabajadores	Tiempo [h]	Productividad	Rendimiento (%)
	Estructura metálica	Colocación de listones de apoyo					
		Listones de amarre					
		Soldadura					
	Colocación de tejas	Tranporte de material al punto					
		Ubicación y colocación de tejas					
		Amarre					
Verificación							
TOTAL							

Fuente. Los Autores

### 3.3.6 Acabados


Conjunto de actividades y elementos constructivos que atribuye a la terminación de la construcción de la vivienda proporcionando satisfacción visual y de habitabilidad. (véase la tabla 8 y véase Figura 27).

**Tabla 8. Actividades para acabados**

Metodología Lean Construction		Metodología tradicional
Muros	Mezcla	Acabos y enchapes
	Pañete para muros	
	varios	
	Estuco	
	Pintura	
Pisos	Mortero de nivelación	
	Pegante para piso	
	Enchapes piso, baño, cocina	
	Colocación baldosa	
	Boquillas	

Fuente. Los Autores.

**Figura 28. Formato matriz de actividades para acabados**

V- Acabados							
Actividad constructiva							
	Sistema tradicional	Acabados de muros y pisos.	Unidad	Cantidad	N° Trabajadores	Tiempo [días]	Productividad [m2/día]
Metodología LEAN	Enchapes de muros, pisos, estuco, pintura, enchapes y boquilla.						
	Actividad	Sub-actividad	Cantidad en M	N° Trabajadores	Tiempo [h]	Productividad [m2/día]	Rendimiento [día/m2]
	Muros	Mezcla					
		Pañete para muros					
		varios					
		Estuco					
		Pintura					
	Pisos	Mortero de nivelación					
		Pegante para piso					
		Enchapes piso, baño, cocina					
Colocación baldosa							
Boquillas							
TOTAL							

Fuente. Los Autores

#### 4. IMPLEMENTACIÓN DE LA MATRIZ EN CASO DE ESTUDIO

El desarrollo e importancia del uso de la matriz parte de la necesidad mediante el análisis realizado a los grupos consultados, donde se ratifica el gusto por emplear nuevas herramientas que proporcionan facilidad de uso sin poseer determinado conocimiento. Con base a lo anterior se hace recolección de información adicional a una tercera persona (Ingeniero Lean) que nos permite llevar a cabo un óptimo desarrollo de la matriz, en cuanto a los requerimientos, actividades y determinación de los tiempos de ejecución. El anterior procedimiento está apoyado por la metodología DELPHI, (véase anexo 3). Así mismo para emplear la matriz se realiza una visita en la etapa de ejecución de la construcción de una vivienda, (véase anexo 4) donde se contemplan su descripción, caracterización y especificaciones técnicas que nos permiten realizar un análisis comparativo entre la metodología tradicional y la metodología Lean Construction, donde se evalúa el rendimiento de ejecución de obra garantizando el uso e importancia de la matriz. (véase anexo 5).

##### 4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Proyecto de vivienda unifamiliar está ubicado en la Calle 146ª N° 92-54, localidad de Suba de la ciudad de Bogotá, Cundinamarca. (véase Figura 29).

**Figura 29. Localización de la vivienda**



Fuente. Los Autores





El sistema estructural de la vivienda está compuesto por mampostería confinada constituido por muros con ladrillo y ladrillo estructural pegados con mortero y confinados por sistemas de concreto reforzado como columnas. (Véase Figura 31.)

**Figura 31. Sistema estructural (Mampostería confinada)**



Fuente. Los Autores

El sistema de cubierta cuenta con unas placas onduladas metálicas galvanizadas, soportadas en una estructura metálica. (véase Figura 32.)

**Figura 32. Cubierta**



Fuente. Los Autores

Los acabados son: enchapes para muros y pisos, pintura, cerámica. (véase Figura 33.)

**Figura 33. Acabados**



Fuente. Los Autores.

## 4.2 APLICACIÓN DE LA MATRIZ

Con el fin de realizar la comparación objetiva entre la metodología tradicional y la metodología Lean Construction, se toma como punto de comparación el tiempo de ejecución de actividades constructivas. En la metodología tradicional se usa como tiempo el especificado por el oficial de obra, la metodología Lean Construction tendrá el tiempo especificado con base a la optimización en la planeación de actividades.


### 4.2.1 Preliminares

**Figura 34. Seguimiento de obra, actividades preliminares.**

Actividad	Cantidad [M2]	#Hombres	Horas								Tiempo [Día]	
			1	2	3	4	5	6	7	8		
Clavar estacas	128	3	3									0,13
Medir		3	3									0,13
Amarar el hilo		2	2									0,13
Extracción de troncos y raíces		3		3	3	3						0,38
Retiro de vegetación superficial		2		2	2	2						0,38
Retiro y transporte de vegetación fuera de la obra		1		1	1	1						0,38
Determinación denivel de referencia 0		2		2	2	2						0,38
Elección de sitio de campamento y depósito		2					2					0,13
Medir		2					2					0,13
Clavar de parales		2					2	2	2	2		0,50
Colocación de polisombra		2					2	2	2	2		0,50
Punto de energía eléctrica		2						2	2	2		0,38
Punto de abastecimiento de agua		2						2	2	2		0,38
<b>TOTAL</b>		<b>128</b>	<b>8</b>									<b>3,88</b>

Fuente. Los Autores

**Figura 35. Matriz solución, actividades preliminares.**

I - PRELIMINARES						
Actividad constructiva	Localización y replanteo					
						
Sistema tradicional	Descapote y nivelación.	Unidad	Cantidad	Tiempo [días]	Productividad [m <sup>2</sup> /día]	Rendimiento [día/m <sup>2</sup> ]
		M2	128	5	25,6	0,039
Metodología LEAN	Cerramiento, limpieza, descapote, campamento, instalaciones provisionales.					
	Actividad	Sub-actividad	Cantidad en M2	Tiempo [días]	Productividad	Rendimiento
	Cerramiento	Clavar estacas	128	0,125	1024,0	0,001
		Medir		0,125	1024,0	0,001
		Amarar el hilo		0,125	1024,0	0,001
	Descapote y Limpieza	Extracción de troncos y raíces		0,375	341,3	0,003
		Retiro de vegetación superficial		0,375	341,3	0,003
		Retiro y transporte de vegetación fuera de la obra		0,375	341,3	0,003
		Determinación denivel de referencia 0		0,375	341,3	0,003
	Campamento	Elección de sitio de campamento y depósito		0,125	1024,0	0,001
		Medir		0,125	1024,0	0,001
		Clavar de parales		0,500	256,0	0,004
		Colocación de polisombra		0,500	256,0	0,004
	Instalaciones provisionales	Punto de energía eléctrica		0,375	341,3	0,003
		Punto de abastecimiento de agua		0,375	341,3	0,003
	<b>TOTAL</b>			<b>128</b>	<b>3,875</b>	<b>33,032</b>

Fuente. Los Autores.

➤ **Resultados.**

Metodología tradicional

Unidad: m<sup>2</sup>  
 Cantidad: 128  
 N° Trabajadores: 8  
 Tiempo [días]: 5  
 Productividad [m<sup>2</sup> /días]: 25.6  
 Rendimiento [días/m<sup>2</sup>]: 0.039

Metodología Lean Construction

Unidad: m<sup>2</sup>  
 Cantidad: 128  
 N° Trabajadores: 8  
 Tiempo [días]: 3.8  
 Productividad [m<sup>2</sup>/días]: 33.391  
 Rendimiento [días/m<sup>2</sup>]: 0.030



## 4.2.2 Cimentación

Figura 36. Seguimiento de obra, actividades de cimentación

Actividad	Cantidad [M3]	#Hombres								Tempo [Día]	Horas								#Hombres	Tempo [Día]	Cantidad	Tiempo																
		1	2	3	4	5	6	7	8		1	2	3	4	5	6	7	8					1	2	3	4	5	6	7	8								
Verificación ejes	3	3	3	3	3					0,5																											0,50	128,00
Trazado	3			3	3	3	3	0,5																													0,50	128,00
Excavación	4	4	4	4	4	4	4	1	1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	0,92																	2,92	128,00
Transporte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1																	3,00	128,00	
Colocación de polietileno										2	2	2						0,25																	0,25	128,00		
Fabricación de concreto pobre																			3	3	3														0,25	128,00		
Transporte de concreto pobre																			2	2	2														0,25	128,00		
Colocación de concreto pobre																			2	2	2														0,25	128,00		
verificación de espesor	128																		1	1	1														0,25	128,00		
Paneles (Fabricación y colocación)																			1	1	1	1	1	1	1	1									0,75	128,00		
Colocación de hierro																			6	6	6	6	6	6	6	6									0,75	128,00		
verificación de acero																			1	1	1	1	1	1	1	1									0,75	128,00		
Concreto premezclado																			1	1	1	1	1	1	1	1									0,75	128,00		
Colocación																			5	5	5	5	5	5	5	5									0,75	128,00		
Vitrado																			2	2	2	2	2	2	2	2									0,75	128,00		
Curado																			8																0,25	128,00		
<b>TOTAL</b>																																		<b>13,92</b>	<b>128,00</b>			

Fuente. Los Autores.

**Figura 37. Matriz solución, actividades de cimentación.**

Actividad constructiva	II - CIMENTACIÓN							
								
Sistema tradicional	Excavación, Acero de refuerzo, colocación de concreto		Unidad	Cantidad	Tiempo [días]	Productividad [m3/día]	Rendimiento [día/m3]	
			M3	128,00	15,00	8,53	0,12	
Metodología LEAN	Trazado, excavación, solado, acero de refuerzo, colocación de concreto.							
	Actividad	Sub-actividad	Cantidad en M3	Tiempo [días]	Productividad [m3/día]	Rendimiento [día/m3]		
	Trazado	Verificación de ejes	128	0,5	256,00	0,00		
		Trazo de vigas		0,5	256,00	0,00		
	Excavación	Excavar		2,916666667	43,89	0,02		
		Retiro y transporte de material de excavación al depósito		3	42,67	0,02		
	Solado	Colocación de polietileno		0,25	512,00	0,00		
		Fabricación de concreto pobre		0,25	512,00	0,00		
		Transporte de concreto pobre		0,25	512,00	0,00		
		Colocación de concreto pobre		0,25	512,00	0,00		
	Acero de Refuerzo (Longitudinal y transversal) Zapatas y Columnas	Verificación de espesor		0,25	512,00	0,00		
		Panetas (Fabricación, curado, colocación)		0,75	170,67	0,01		
		Colocación de hierro		0,75	170,67	0,01		
	Vaciado de concreto	Verificación del acero		0,75	170,67	0,01		
		Concreto premezclado		0,75	170,67	0,01		
		Colocación		0,75	170,67	0,01		
		Vibrado		0,75	170,67	0,01		
		Curado		0,25	512,00	0,00		
	<b>TOTAL EN OBRA</b>			<b>128</b>	<b>12,91666667</b>	<b>9,91</b>	<b>0,10</b>	

Fuente. Los Autores

➤ **Resultados**

Metodología tradicional

Unidad: m<sup>2</sup>  
 Cantidad: 128  
 N° Trabajadores: 8  
 Tiempo [días]: 15  
 Productividad [m<sup>2</sup> /días]: 8.53  
 Rendimiento [días/m<sup>2</sup>]: 0.12

Metodología Lean Construction

Unidad: m<sup>2</sup>  
 Cantidad: 128  
 N° Trabajadores: 8  
 Tiempo [días]: 13  
 Productividad [m<sup>2</sup> /días]: 9.91  
 Rendimiento [días/m<sup>2</sup>]: 0.10







➤ **Resultados**

Metodología tradicional

Unidad: m<sup>2</sup>  
 Cantidad: 108  
 N° Trabajadores: 8  
 Tiempo [días]: 15  
 Productividad [m<sup>2</sup> /días]: 7,23  
 Rendimiento [días/m<sup>2</sup>]: 0.013

Metodología Lean Construction

Unidad: m<sup>2</sup>  
 Cantidad: 108  
 N° Trabajadores: 8  
 Tiempo [días]: 8  
 Productividad [m<sup>2</sup> /días]: 13,57  
 Rendimiento [días/m<sup>2</sup>]: 0.07

**4.2.5 Acabados**

**Figura 44. Seguimiento de obra, actividades de acabados**

Actividad	Cantidad [M3]	Horas								Tiempo [Día]	Horas								Tiempo [Día]	Horas								Tiempo [Día]
		#Hombres									#Hombres									#Hombres								
		1	2	3	4	5	6	7	8		1	2	3	4	5	6	7	8		1	2	3	4	5	6	7	8	
Mezcla	109	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	1		
Pañete para muros		3	4	4	4	4	4	4	4	1,3	3	4	4	4	4	4	4	1	4	3	3	3	3	3	3	0,75		
varios		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Estuco		2								0								1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Pintura		2								0																		
Mortero de nivelación		3								0																		
Pegante para piso		3								0																		
Enchapes piso, baño, cocina		3								0																		
Colocación baldosa		2								0																		
Boquillas		1								0																		
<b>TOTAL</b>	<b>109</b>								<b>3,3</b>								<b>3</b>								<b>3,75</b>			

Fuente. Los Autores.

**Figura 45. Seguimiento de obra, actividades de acabados**

Actividad	#Hombres	Horas								Tiempo [Día]	#Hombres	Horas								Tiempo [Día]	#Hombres	Horas								Tiempo [Día]		
		#Hombres										#Hombres										#Hombres										
		1	2	3	4	5	6	7	8			1	2	3	4	5	6	7	8			1	2	3	4	5	6	7	8			
Mezcla	3	3	3	3	3	3	3	3	1								2	2	2	2	2	2	2	2	1							
Pañete para muros	3	3	3	3	3	3	3	3	1								3	3	3	3	3	3	3	3	1							
varios	1	1	1	1	1	1	1	1	1								1	1	1	1	1	1	1	1	1							
Estuco	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3	2																
Pintura									2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1								
Mortero de nivelación									3	3	3	3	3	3	3	1	3	1	1	1	1			0								
Pegante para piso																1,5	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	
Enchapes piso, baño, cocina																2	2	2	2	2	2	2	2	1	3	3	3	3	3	3	1	
Colocación baldosa																2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	
Boquillas																								1	1	1	1	1	1	1	1	
<b>TOTAL</b>									<b>4</b>							<b>4</b>								<b>4</b>							<b>4</b>	

Fuente. Los Autores

**Figura 46. Matriz solución, actividades de acabados.**

V- Acabados							
Actividad constructiva							
	Sistema tradicional	Acabados de muros y pisos.	Unidad	Cantidad	Tiempo [días]	Productividad [m2/día]	Rendimiento [día/m2]
			M2	109	36	3,027777778	0,330275229
Metodología LEAN	Enchapes de muros, pisos, estuco, pintura, enchapes y boquilla.						
	Actividad	Sub-actividad	Cantidad en M	Tiempo [h]	Productividad	Rendimiento (%)	
	Muros		Mezcla	109	4,00	27,25	0,04
			Pañete para muros		4,42	24,68	0,04
			varios		4,00	27,25	0,04
			Estuco		3,00	36,33	0,03
			Pintura		2,00	54,50	0,02
	Pisos		Mortero de nivelación		1,17	93,43	0,01
			Pegante para piso		2,00	54,50	0,02
			Enchapes piso, baño, cocina		2,00	54,50	0,02
			Colocación baldosa		1,00	109,00	0,01
		Boquillas	1,00		109,00	0,01	
TOTAL			109		24,58	4,43	0,23

Fuente. Los Autores.

➤ **Resultados**

Metodología tradicional

Unidad: m<sup>2</sup>  
 Cantidad: 109  
 N° Trabajadores: 8  
 Tiempo [días]: 36  
 Productividad [m<sup>2</sup> /días]: 3.02  
 Rendimiento [días/m<sup>2</sup>]: 0.33

Metodología Lean Construction

Unidad: m<sup>2</sup>  
 Cantidad: 109  
 N° Trabajadores: 8  
 Tiempo [días]: 24  
 Productividad [m<sup>2</sup> /días]: 4.43  
 Rendimiento [días/m<sup>2</sup>]: 0.23

**Figura 47. Matriz resumen**

ACTIVIDADES	Metodología tradicional			Metodología Lean Construction		
	Días	Productividad	Rendimiento	Días	Productividad	Rendimiento
Preliminares	5,000	25,600	0,039	3,875	33,032	0,030
Cimentación	15,000	8,533	0,117	12,917	9,910	0,101
Estructura	30,000	4,267	0,234	18,179	7,041	0,142
Cubierta	15,000	7,239	0,138	8,000	13,573	0,074
Acabados	36,000	3,028	0,330	24,583	4,434	0,226
<b>TOTAL</b>	<b>101,000</b>	<b>48,667</b>	<b>0,859</b>	<b>67,554</b>	<b>67,990</b>	<b>0,572</b>

Fuente. Los Autores

### ➤ **Análisis**

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede evidenciar la importancia y uso de la metodología *Lean Construction*, soportada con los datos que indican una menor cantidad de días en la realización de cada actividad constructiva, lo que conlleva a una reducción de costos de personal. También, al hacer una correcta distribución del personal en obra se aumenta la productividad diaria de cada obrero u oficial solicitado; y finalmente, en cuanto al rendimiento se puede observar que se necesitan menos hombres para realizar la misma cantidad de trabajo en comparación al sistema tradicional.

A partir del uso de la matriz guía se muestra que haciendo uso de la metodología tradicional este proyecto descrito anteriormente tendrá una duración de 101 días, y con el enfoque Lean aproximadamente 68 días lo que significa que, usando la metodología Lean se tendrá una reducción de 33 días que en porcentaje equivale al 32.67%

Se evidencia por medio de los resultados que la metodología tradicional cuenta con una productividad de 48,667 a diferencia de la metodología Lean que representa una productividad de 67,990 donde se aprecia una diferencia porcentual del 13,4% que indica la eficiencia del recurso humano realizando una determinada cantidad de obra al día, por tal motivo se identifica que relación en cuanto al rendimiento del recurso humano para la realización de actividades en la metodología tradicional es un 0,859 en comparación con un 0,572 en la metodología Lean Construction donde el recurso humano es optimizado debido a su distribución, así se pueden realizar determinadas actividades en un menor tiempo.



## CONCLUSIONES

- El desarrollo de este trabajo de grado permitió proyectar una mejora en el desarrollo del proyecto de una vivienda unifamiliar a nivel de planeación y ejecución mediante el uso de la metodología Lean Construction.
- Con base a los tiempos de planeación y ejecución suministrados por el oficial de obra el cual hace uso de la metodología tradicional y los datos según el profesional y experto en metodología Lean Construction, se realizó una comparación entre la eficiencia de cada una de las metodologías, la cual dio como resultado que con el uso de Lean se evidencia una notable disminución en los días de ejecución del proyecto, una mayor productividad diaria de mano de obra y así como se indica en la matriz, un valor menor en el rendimiento lo que significa que una óptima distribución del recurso humano permite realizar una cantidad de actividad en menor tiempo, donde se logra reflejar la optimización de tiempos aumentado productividad y rendimiento en el proyecto.
- Si bien este proyecto da los resultados esperados de mejoras en cuanto a la planeación y ejecución con el uso de nuevas metodologías, se puede indicar que en obras de mayor escala se podrá notar aún más la diferencia y eficiencia durante toda la etapa constructiva lo cual garantizará una notable mejora en el tiempo de entregas.
- De acuerdo con los resultados obtenidos en el trabajo de campo se evidenció la dificultad para que los oficiales de obra cambien el tipo de metodología usada en la planeación de cada proyecto, por ello es importante una educación en cuanto a la implementación y uso de nuevas metodologías y programas como la matriz guía que puedan colaborar en pro de mejorar la idea de construcción en el país.
- Mediante este trabajo se pretende contribuir a que tanto los oficiales de obra, los ingenieros y en general cualquier tipo de persona pueda tener una idea clara de cuanto puede tardar cada una de las actividades necesarias para la realización de una vivienda unifamiliar.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir con este tipo de trabajo con el fin de ampliar la lista de actividades en proyectos de vivienda y así tener una mayor cantidad de detalles que complementen la matriz guía de planeación y ejecución, con el fin de estar más competitivos frente a otras Universidades.
- Es necesario que la Universidad brinde espacios adicionales de profundización en cuanto al uso de metodologías útiles y competentes en el mercado como es el caso de la metodología Lean Construction.
- Para una futura construcción de vivienda unifamiliar se recomienda el uso de esta herramienta con el fin de cumplir cada uno de los parámetros dados y dar seguimiento y control de obra.
- Se recomienda realizar estudios y prácticas extra-académicas que contribuyan al mejoramiento profesional.
- Se recomienda ampliar la información para futuras investigaciones realizando entrevistas a más oficiales de obra, como también más personas relacionadas en el medio, ingenieros de diferentes campos, ingenieros expertos en la metodología Lean Construction, además de considerar opiniones en la industria como empresas y constructoras.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] AGUILANDO MARTINEZ, Dulce Maria . Estrategias de Gestion de servivios TI. [en línea]. Bogotá. [Citado 9 septiembre, 2018.] Disponible en Internet: <URL: <http://villegasagui.blogspot.com/2015/03/15-ciclo-de-vida-de-los-proyectos-de-ti.html>>
- [2] ALRESSHIDI, Eissa; MOURSHED, Monjur; REZGUI, Yacine;. Requirements Engineering,[en línea]. London: [Citado 15 septiembre, 2018]. Disponible en internet < <https://link.springer.com/article/10.1007/s00766-016-0254-6>>
- [3] ARQUINETPOLIS. Review: Funciones y uso de ArchiCAD [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 8 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <http://arquinetpolis.com/review-archicad-000107/>>
- [4] ARTIEDA MONGE, Tirso. Estudio de los métodos de representación de diagramas espacio tiempo en obras lineales. Santander: Universidad Cantabria. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Modalidad trabajo de grado, 2014.
- [5] ARTIS GESTION DE PROYECTOS. Movimiento de tierra y excavaciones [en línea]. Bogotá: Wordpress [citado 10 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <https://movimientosdetierra.wordpress.com/definicion-movimientos-de-tierra/>>
- [6] AVILÉS MARAMBIO, Mauricio Andrés. Diseño de un sistema de gestión de calidad para obras de construcción de viviendas sociales. Santiago de Chile: universidad Andrés Bello. Facultad de Ingeniería. Modalidad trabajo de grado, 2013.
- [7] BALLMER , Steve. 2007. Microsoft Office Project Conference. [en línea]. Seattle, Washington [Citado 10 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <https://web.archive.org/web/20090220032601/http://www.microsoft.com/Presspass/exec/steve/2007/10-30OPConferenceBallmer.msp>>
- [8] BERIGUETE DE LEON, Awilda Carolina. Actividades de la gestión de proyectos: iniciación, planificación, ejecución, control y cierre [en línea]. Madrid: Escuela de Organización Industrial [citado 9 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.eoi.es/blogs/awildacarolinaberiguete/2011/12/16/actividades-de-la-gestion-de-proyectos-iniciacion-planificacion-ejecucion-control-y-cierre/>>

- [9] BLOG POT. el Ciclo PHVA planear-hacer-verificar-actuar [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 9 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.blog-top.com/el-ciclo-phva-planear-hacer-verificar-actuar/>>
- [10] CERVANTES, Julio. Planeacion y control [en línea]. México: Universidad de la America Puebla [citado 22 febrero, 2018]. Disponible en Internet: <URL: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/mgc/perez\\_c\\_jc/capitulo1.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mgc/perez_c_jc/capitulo1.pdf)>
- [11] CHAIN, Nassir y CHAIN, Reinaldo. Preparación y evaluación de proyectos. Bogotá: Mc Graw Hill, 2008.
- [12] COMISIÓN NACIONAL PARA EL DESARROLLO DE LOS PUEBLOS INDÍGENAS. Definición de proyecto [en línea]. México: La Comisión [citado 8 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: [http://www.cdi.gob.mx/jovenes/data/gestion\\_de\\_proyectos.pdf](http://www.cdi.gob.mx/jovenes/data/gestion_de_proyectos.pdf)>
- [13] DALLASEGA, Patrick; RAUCH, Erwin; FROSOLINI, Marco., Buildings, [en línea]. Bolzano. [Citado 15 Septiembre, 2018]. Disponible en internet <URL: <https://www.mdpi.com/2075-5309/8/3/38>>
- [14] DIARIO EL TIEMPO. Lean Construction' va en 18 empresas [en línea]. Bogotá: El Tiempo [citado 22 febrero, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/DR-915183>>
- [15] DINERO. 2015. Solidas expectativas de crecimiento para la vivienda en Colombia [en línea]. Dinero.com [Citado 11 septimbre de 2018.] Disponible en Internet: <URL: <https://www.dinero.com/economia/articulo/solidas-expectativas-crecimiento-para-vivienda-colombia/216063>>
- [16] DURAMA SOFTWARE. 5 Fases Básicas de Gestión de Proyectos [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 9 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <http://darumasoftware.com/gestion/5-fases-basicas-de-gestion-de-proyectos/>>
- [17] GIDO, Jack y CLEMENTS, James. Administración exitosa de proyectos. 5 ed. México: Cengage Learning, 2012.
- [18] GREEN, S. D. Human Resource Management Journal [en línea]. Hong Kong: [citado 15 septiembre, 2018] Disponible en internet <URL: <https://hub.hku.hk/bitstream/10722/168789/1/Content.pdf?accept=1>>
- [19] HAUGHEY, Duncan. Breve historia sobre la administración de proyectos [en línea]. Bogotá: Lider de Proyecto [citado 8 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: >

[http://www.liderdeproyecto.com/manual/breve\\_historia\\_sobre\\_la\\_administracion\\_de\\_proyectos.html](http://www.liderdeproyecto.com/manual/breve_historia_sobre_la_administracion_de_proyectos.html)>

[20] IBM KNOWLEDGE CENTER. Planificación y gestión de proyectos [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 8 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: [https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSFCZ3\\_10.5.0/com.ibm.tri.doc/ppm/c\\_planning\\_and\\_managing\\_projects.html](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSFCZ3_10.5.0/com.ibm.tri.doc/ppm/c_planning_and_managing_projects.html)>

[21] INGENIERÍA CIVIL. ¿Qué es Lean Construction? [en línea]. Bogotá: Blogspot [citado 20 abril, 2018]. Disponible en Internet: <URL <http://soy-ingeniero-civil.blogspot.com/2009/04/lean-construction.html>>

[22] LEAN CONSTRUCTION ENTERPRISE. ¿Qué es Lean Construction? [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 9 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.leanconstructionenterprise.com/documentacion/lean-construction>>

[23] ----- . Lean Construction Enterprise [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 22 febrero, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.leanconstructionenterprise.com/documentacion/historia-del-sector>>

[24] MARIÑO, Juan José. Reflexiones sobre el papel de la Ingeniería Civil en la evolución del medio ambiente en Colombia. En: Revista de ingeniería. Noviembre – diciembre, 2007. vol. 26.

[25] MARTÍNEZ RIBÓN, Jhonattan Guillermo Tercero. Propuesta de metodología para la implementación de la Filosofía Lean (Construcción Esbelta) en proyectos de construcción [en línea]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia [citado 22 febrero, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.bdigital.unal.edu.co/10578/1/940698.2011.pdf>>

[26] MATTOS, Aldo y VALDERRAMA, Fernando. Métodos de planificación y control de obras. Barcelona: Reverté, 2014.

[27] MONSALVE, Angelica. Construcciones [en línea]. Bogotá: IDIGER. Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático [citado 22 abril, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.idiger.gov.co/rconstrucciones>>

[28] NORIEGA, Jorge. Trayectoria crítica programación y control de proyectos y obras. 9 ed. Bogotá: Bhandar, 2008.

[29] OBS BUSINESS SCHOOL. 2016. Project Management. Microsoft Project: Todo lo que un director de proyectos debe conocer. [en línea]. Barcelona [Citado 10 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <<https://www.obs-edu.com/int/blog->

project-management/herramientas-esenciales-de-un-project-manager/microsoft-project-todo-lo-que-un-director-de-proyectos-debe-conocer.>

[30] PEÄMAA, Ossi; LARSSON, Johan; ERICKSON, Erick;. Journal Of Mangement In Engineering, [en línea]. Ontario. [citado 15 septiembre de 2018]. Disponible en internet: <<https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29ME.1943-5479.0000619>>

[31] PORRAS DÍAZ, Hernán; SÄNCHEZ RIVERA, Omar Giovanni y GALVIS GUERRA, José Alberto. Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. En: Avances Investigación en Ingeniería. Junio – julio, 2014. vol. 11, no. 1.

[32] PRAKASH, Arul; RAJESH, P; PRAKASH, Fleming; International Journal Of Applied Engineering Research. [en línea]. India: [Citado 15 septiembre, 2018]. Disponible en internet <URL: [https://www.ripublication.com/ijaer18/ijaerv13n6\\_199.pdf](https://www.ripublication.com/ijaer18/ijaerv13n6_199.pdf)>

[33] PREBOLLEDO, Gustavo. Gestión, calidad y agregación de valor en información [en línea]. Bogotá: Slideshare [citado 8 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <https://es.slideshare.net/mangora7 /mmm-14002662>>

[34] PRICE WATER HOUSE COOPERS. Tendencias de construcción [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 23 abril, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <https://www.pwc.com/mx/es/industrias/proyectos-capital/archivo/2013-12-tendencias-construccion.pdf>>

[35] REVISTA DINERO. Gerencia de proyectos [en línea]. Bogotá: La Revista [citado 8 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <https://www.dinero.com/edicion-impresa/management/articulo/gerencia-proyectos/35519>>

[36] SALLABERRY, Carlos. La calidad en la industria de la construcción [en línea]. Palermo: Universidad de Palermo [citado 22 febrero, 2018]. Disponible en Internet: <URL: [https://www.grupoconstruya.com/actividades /docs/calidad\\_UP.pdf](https://www.grupoconstruya.com/actividades /docs/calidad_UP.pdf)>

[37] SANCHEZ AVILA, Mario. Razón pública [en línea]. Bogotá: Razón pública [citado 22 abril, 2018.] Disponible en Internet: <URL: <https://www.razonpublica.com/ index.php/econom%C3%ADa-y-sociedad/6995-la-infraestructura-fisica-en-colombia-deficiencias-y-principales-desafios.html>>

[38] SIDNEY, Levy. Adminitración de proyectos de construcción. México: Mac Graw - Hill, 2002.

[39] SLAVIN, A., SINEKO, S, YOSHIN, N. The Evolutionary Development of the Methodology of Operational Planning of Construction Production Journal. [en línea]. Moscow. : [citado 15 septiembre, 2018] Disponible en internet <<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/365/6/062040/pdf>>

[40] THOMPSON BALDIVIEZO, Janneth Mónica. Concepto de Proyecto [en línea]. Bogotá: Promonegocios [citado 9 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <https://www.promonegocios.net/proyecto/concepto-proyecto.html>>

[41] UNACEM. Guía para preparar el terreno antes de iniciar una construcción [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 9 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <https://maestros.com.co/asi-se-hace/guia-preparar-terreno-iniciar-una-construccion/>>

[42] ZAPATA, Patricio. Conceptos Fundamentales de Archicad [en línea]. Bogotá: Graphisoft [citado 8 septiembre, 2018]. Disponible en Internet: <URL: <http://blog.graphisoft.lat/conceptos-fundamentales-de-archicad/>>

## **ANEXOS**

- Anexo 1. Encuestas realizadas.
- Anexo 2. Entrevista oficial de obra, (Medio de audio – en CD).
- Anexo 3. Entrevista Ingeniero Lean.
- Anexo 4. Registro fotográfico.
- Anexo 5. Matriz (Medio electrónico – en CD).
- Anexo 6. Plano arquitectónico de caso de estudio.



## ANEXO 1 - ENCUESTAS REALIZADAS



Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para docentes.  
Yulieith Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: Mariol Nemocon Ruiz.

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí  No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

Sí  No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas  
 Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí  No

De conocer la metodología Lean Construction. ¿Incluiría en sus clases la explicación de esta metodología a sus estudiantes?

Sí  No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí  No

Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para docentes.  
Yulieith Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: Jaime Diaz

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí  No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

Sí  No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas  
 Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí  No

De conocer la metodología Lean Construction. ¿Incluiría en sus clases la explicación de esta metodología a sus estudiantes?

Sí  No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí  No

Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para docentes.  
Yulieth Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: Abel Barrera

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí  No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

Sí  No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas  
 Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí  No

De conocer la metodología Lean Construction. ¿Incluiría en sus clases la explicación de esta metodología a sus estudiantes?

Sí  No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí  No

Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para docentes.  
Yulieth Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: Jesus Carlos Hernandez

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí  No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

Sí  No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas  
 Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí  No

De conocer la metodología Lean Construction. ¿Incluiría en sus clases la explicación de esta metodología a sus estudiantes?

Sí  No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí  No

Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para docentes.  
Yulieth Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: Juan G Bastidas M

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí  No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

Sí  No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas  
 Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí  No

De conocer la metodología Lean Construction. ¿Incluiría en sus clases la explicación de esta metodología a sus estudiantes?

Sí  No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí  No

Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para docentes.  
Yulieth Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: Diego A Pulgarin

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí  No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

Sí  No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas  
 Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí  No

De conocer la metodología Lean Construction. ¿Incluiría en sus clases la explicación de esta metodología a sus estudiantes?

Sí  No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí  No



Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para docentes.  
Yulieith Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: NEIRO SILVA ROTAS

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí  No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

Sí  No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

- Construcción sin pérdidas  
 Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí  No

De conocer la metodología Lean Construction. ¿Incluiría en sus clases la explicación de esta metodología a sus estudiantes?

Sí  No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí  No

Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para docentes.  
Yulieith Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: Abraham Ruiz Vásquez

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí  No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

Sí  No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

- Construcción sin pérdidas  
 Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí  No

De conocer la metodología Lean Construction. ¿Incluiría en sus clases la explicación de esta metodología a sus estudiantes?

Sí  No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí  No

Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para docentes.  
Yulieth Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: Henry Córdoba

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí  No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas  
 Considerar menos actividades en los proyectos de Ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí  No

De conocer la metodología Lean Construction. ¿Incluiría en sus clases la explicación de esta metodología a sus estudiantes?

Sí  No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí  No

Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para docentes.  
Yulieth Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: LEONARDO E. LINARES BAHAMONDE

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí  No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas  
 Considerar menos actividades en los proyectos de Ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí  No

De conocer la metodología Lean Construction. ¿Incluiría en sus clases la explicación de esta metodología a sus estudiantes?

Sí  No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí  No

Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para docentes.  
Yulieth Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: Jucia Rdz

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí  No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas  
 Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí  No

De conocer la metodología Lean Construction. ¿Incluiría en sus clases la explicación de esta metodología a sus estudiantes?

Sí  No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí  No

Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para docentes.  
Yulieth Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: JAIME FOLSECA CORTES

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí  No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas  
 Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí  No

De conocer la metodología Lean Construction. ¿Incluiría en sus clases la explicación de esta metodología a sus estudiantes?

Sí  No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí  No



Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para docentes.  
Yulieth Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: Heberto Rincón Rodríguez

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí  No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

Sí  No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas  
 Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí  No

De conocer la metodología Lean Construction. ¿Incluiría en sus clases la explicación de esta metodología a sus estudiantes?

Sí  No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí  No

Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para docentes.  
Yulieth Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: Victor Manuel Daza

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí  No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

Sí  No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas  
 Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí  No

De conocer la metodología Lean Construction. ¿Incluiría en sus clases la explicación de esta metodología a sus estudiantes?

Sí  No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí  No

Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para estudiantes.  
Yulieth Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: Oscar David Anas

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí  No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

Sí  No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas  
 Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí  No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí  No

Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para estudiantes.  
Yulieth Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: Natalia Anas

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí  No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

Sí  No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas  
 Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí  No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí  No

Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para estudiantes.  
Yulieth Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: Gilberto Sanabria V.

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí  No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

Sí  No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas  
 Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí  No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí  No

Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para estudiantes.  
Yulieth Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: Ana María Chusco

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí  No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

Sí  No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas  
 Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí  No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí  No



Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para estudiantes.  
Yulieth Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: Felipe Hernández Joci

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí  No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

Sí  No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas  
 Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí  No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí  No

Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para estudiantes.  
Yulieth Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: Jehyson A. Pérez

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí  No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

Sí  No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas  
 Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí  No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí  No

Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para estudiantes.  
Yulieth Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: Valentina Urueña

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí  No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

Sí  No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas  
 Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí  No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí  No

Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para estudiantes.  
Yulieth Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: Sergio Maldonado

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí  No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí  No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

Sí  No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas  
 Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí  No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí  No

Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para estudiantes.  
Yulieth Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: Jonathan Mera

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

 Sí No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

 Sí No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

 Sí No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas

Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

 Sí No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

 Sí No

Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para estudiantes.  
Yulieth Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: Nicolas Lopez Castillo

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

 Sí No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

 Sí No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

 Sí No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas

Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

 Sí No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

 Sí No



Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para estudiantes.  
Yulieth Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: Sergio Andres Tellez Gomez

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí

No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí

No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

Sí

No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas

Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí

No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí

No

Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para estudiantes.  
Yulieth Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: Daniel Aneles

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí

No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí

No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

Sí

No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas

Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí

No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí

No

Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para estudiantes.  
Yulieth Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: Miguel Angel Castillo R

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí

No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí

No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

Sí

No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas

Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí

No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí

No

Universidad Católica de Colombia.  
Metodología Lean Construction  
Encuesta para estudiantes.  
Yulieth Avendaño y Jessika Ruiz

Nombre: Luis Sebastian Torres O.

¿Conoce usted las diferentes metodologías usadas en la planeación y ejecución de proyectos de vivienda?

Sí

No

¿Ha escuchado usted hablar sobre la metodología Lean Construction en la Ingeniería civil?

Sí

No

¿Conoce la diferencia entre el método tradicional constructivo y la metodología Lean Construction en la ingeniería civil?

Sí

No

¿Qué entiende usted por metodología Lean Construction?

Construcción sin pérdidas

Considerar menos actividades en los proyectos de ingeniería.

¿Le gustaría obtener conocimiento sobre la metodología Lean Construction?

Sí

No

¿Haría uso de una matriz guía, en su vida profesional que le permita considerar todas las actividades en un proyecto de vivienda y los tiempos de ejecución para cada una?

Sí

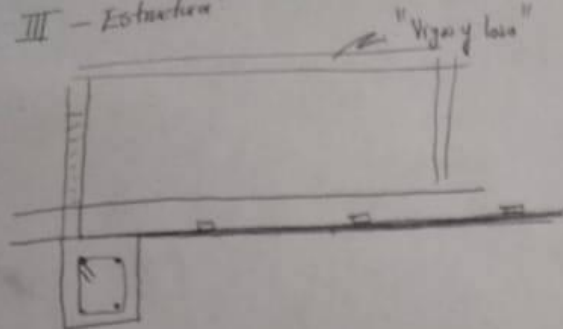
No



ANEXO 2 - ENTREVISTA OFICIAL DE OBRA.  
(CD)

## ANEXO 3 - ENTREVISTA INGENIERO LEAN

III - Estructura



II

lessi

3.2 Maquetaria

- Replanteo
- Fabricación Marco de ppa
- colocación del ladrillo
- Verificación del "plano"

3.1 Lazo ~~de~~ ~~concreto~~ o Piso primario

3.1.1 Nivelación del terreno (e)

Colocación prueba (e=5cm)  
Compactación

3.1.3 Colocación de concreto

- 3.3 Columnas -
- colocación Arco longitudinal y transversal. Pag 30
  - Colocación de formaleria
  - Vertido de concreto
  - Vibrado del concreto
  - Curado del concreto
  - Desenformado y Acero

3.5 = 3.2.

3.6 =

\* 3.4 Lazo de entopiso y vigas de Arco

Colocación de la formaleria para Lazo y Vigas

Colocación del Arco de Refuerzo

Vertido del concreto - vibrado

Curado

Desenformado

5.3 - actividades constructivas (56)

3.4 - Viga de Amorc.

3.5 columnas de colatas

3.6 vigas de colatas.

#### IV CUBIERTA

4.1 Estructura en Madera  
- Colación

4.2 Colocación de Tejas

#### V Acabados

5.1 <sup>Muros</sup> Mortero para Muros

5.1.1 Estuco para Muros

5.1.2 Pintura para Muros

5.2 PISOS

5.2.1 Mortero de Unión

5.2.2 Pegante

5.2.3 Colación baldosa

- Boquilla

5.2.4 Enchapes (Bono Cemento y Pato)

## ANEXO 4 - REGISTRO FOTOGRÁFICO.

















































## ANEXO 5 – MATRIZ (CD)

**ANEXO 6 - PLANO ARQUITECTÓNICO DE  
CASO DE ESTUDIO.**

