



TRABAJO DE GRADO

PROCESO CON LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION PARA
PROYECTOS DE VIVIENDA SOCIAL EN FASE DE ESTRUCTURA

ANDREA PAULINE GUALDRÓN QUIROGA

SONIA YANETH LÓPEZ PÉREZ

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRAS

BOGOTÁ D.C

2020

TRABAJO DE GRADO

PROCESO CON LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION PARA
PROYECTOS DE VIVIENDA SOCIAL EN FASE DE ESTRUCTURA

ANDREA PAULINE GUALDRÓN QUIROGA

SONIA YANETH LÓPEZ PÉREZ

Trabajo de grado presentado para optar al título de Especialista en Gerencia de
Obras

Docente

Ing. GUILLERMO CORTÉS QUINTERO

INGENIERO CIVIL

COORDINADOR AREA DE VIAS Y TRANSPORTE

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRAS

BOGOTÁ D.C

2020



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.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
Introducción	9
1. Generalidades	12
1.1. Línea de Investigación	12
1.2. Planteamiento del Problema	12
1.2.1. Antecedentes del problema	13
1.2.2. Pregunta de investigación	13
1.2.3. Variables del problema	13
1.3. Justificación	14
2. Objetivos	15
2.1. Objetivo general	15
2.2. Objetivos específicos	15
3. Marcos de referencia	16
○ Marco conceptual	16
○ Marco teórico	17
○ Marco jurídico	21
○ Marco geográfico	22
○ Marco demográfico	23
3.1. Estado del arte	23
4. Metodología	31
4.1. Fases del trabajo de grado	35
4.2. Instrumentos o herramientas utilizadas	36
4.3. Población y muestra	36
4.4. Alcances y limitaciones	36
Alcance:	36
5. Productos a entregar	37
6. ENTREGA DE RESULTADOS E IMPACTOS	37
6.1. Como Responde a la pregunta de investigación	38
7. CONCLUSIONES	49
8. BIBLIOGRAFÍA	51

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1 CARTA DE AUTORIZACIÓN DE MANEJO DE INFORMACIÓN	11
FIGURA 2: FASES DE LEAN PROJECT DELIVERY SYSTEM	18
FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN TIEMPOS CASO MEDELLÍN	19
FIGURA 4. DISTRIBUCIÓN ACTIVIDADES TIEMPO CONTRIBUTIVO Y NO CONTRIBUTIVO.....	19
FIGURA 5: UBICACIÓN LA FELICIDAD BOGOTÁ.	22
FIGURA 6. UBICACIÓN PROYECTO SENDA.	22
FIGURA 7: NÚMERO DE PUBLICACIONES LEAN CONSTRUCTION REALIZADAS POR AÑO.	24
FIGURA 8: PAÍSES CON MAYOR NÚMERO DE PUBLICACIONES RELACIONADAS CON FILOSOFÍA LEAN.	28
FIGURA 9: FIRMA AUTORIZACIÓN CONTRATISTA	32
FIGURA 10: FORMATO CONTROL DE RENDIMIENTOS.....	33
FIGURA 11: FORMATO PROGRAMACIÓN INTERMEDIA.....	33
FIGURA 12: FORMATO ACTA DE REUNIÓN - LAST PLANNER	34
FIGURA 13: FORMATO CUMPLIMIENTO DE PROGRAMACIÓN SEMANAL	34
FIGURA 14: FORMATO CALIFICACIÓN PAC.....	35
FIGURA 15 ESTADO MUROS CORTE 21 SEPT 2020.....	38
FIGURA 16 UBICACIÓN ACTUAL DEL ACERO Y FORMALETA.....	39
FIGURA 17 ACERO SIN PROTECCIÓN.....	40
FIGURA 18 DISPOSICIÓN DEL CASETÓN.....	40
FIGURA 19 FORMATO "AUTORIZACIÓN LEAN CONSTRUCTION" DEBIDAMENTE FIRMADO.	41
FIGURA 20 PRIMER FORMATO DE "CONTROL DE RENDIMIENTOS SEMANALES" DILIGENCIADO.	42
FIGURA 21 NUEVA UBICACIÓN DE LA FORMALETA	43
FIGURA 22 TRASLADO DE BURROS DE ACERO PARA MEJOR ACCESO AL MATERIAL	44
FIGURA 23 UBICACIÓN DE MALLA SOBRE ESTIBAS.....	44
FIGURA 24 FORMATO FINAL "AUTORIZACIÓN LEAN CONSTRUCTION"	45
FIGURA 25 FORMATO FINAL "CONTROL DE RENDIMIENTOS SEMANALES"	46
FIGURA 26 FORMATO FINAL "CONTROL DE RENDIMIENTOS SEMANALES POR APARTAMENTO"	46
FIGURA 27 FORMATO FINAL "PROGRAMACIÓN INTERMEDIA"	47
FIGURA 28 FORMATO FINAL "ACTA DE REUNIÓN - LAST PLANNER"	47
FIGURA 29 FORMATO FINAL "FORMATO DE CALIFICACIÓN PAC"	48

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. AUTORES CON MAYOR NÚMERO DE PUBLICACIONES RELACIONADAS CON FILOSOFÍA LEAN Y 2 DE SUS PUBLICACIONES MÁS RECIENTES.	24
TABLA 2 PARTICIPACIONES DE AUTORES EN EL IGLC.....	26
TABLA 3 SEGUIMIENTO A PROGRAMACIÓN TORRE 3 LA SENDA.....	38
TABLA 4 RESUMEN FASES PROYECTO	49

INTRODUCCIÓN

La construcción en Colombia se muestra renuente a los cambios generados por las nuevas herramientas tecnológicas que surgen a nivel mundial para mejorar la productividad y rentabilidad en las obras. Esta reticencia al cambio está principalmente en que las empresas constructoras tienen procesos tradicionales definidos que, en teoría, les han funcionado por años y estos que van desde el diseño, hasta la construcción y entrega de los proyectos. Sin embargo, en construcción de viviendas, se evidencia cada vez más que desde la misma concepción de los presupuestos (en donde se incluyen desperdicios) hasta la puesta en marcha de la obra con sus pedidos de material muchas veces sobredimensionados, que los procesos de control están obsoletos, y que la política no debería ser “construir a cualquier costo”, si no, “construir eficientemente”. Bajo esta última premisa surgen herramientas innovadoras creadas a partir de esta misma necesidad de optimizar recursos y procesos en la construcción siendo una de estas “Lean Construction”.

“Lean construction” está definido idealmente como una “Construcción sin pérdidas”¹, y basa su estructura en el sistema de producción de Toyota implementado en los años 80 en donde su objetivo final es reducir o “eliminar pérdidas en los procesos productivos”² siendo estas pérdidas lo que no agrega valor a la entrega del producto final al cliente. Siguiendo este sistema en el año 1992, Lauri Koskela en su libro “Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción” adapta los conceptos básicos de la “manufactura sin pérdidas”³ a la construcción. Esta aplicación, de acuerdo al autor, se logra mediante la identificación y eliminación de las actividades que no generan valor, mirando así la construcción como un flujo de procesos y no solo como la transformación de procesos.

Para la correcta y práctica aplicación de esta filosofía se deben utilizar herramientas específicas para identificar las pérdidas en construcción siendo estas: 1. La prueba de los 5 minutos para identificación de pérdidas y 2. El “last planner” o ultimo planificador⁴. El propósito del presente trabajo de investigación es generar una propuesta con lineamientos generales de las herramientas enunciadas

¹ CIRIA, L. d. (22 de Julio de 2016). 'LEAN CONSTRUCTION', LA EDIFICACIÓN EFICIENTE LLEGA A LA VIVIENDA: Basado en un método de la industria del automóvil, supone eliminar las pérdidas que se producen durante un proyecto inmobiliario, obteniendo un producto mejor y más barato. El Mundo, pp 5.

² Botero, L. F., y Villa, M. E. (2003). Identificación de Pérdidas en el Proceso Productivo de la Construcción. REVISTA Universidad EAFIT No. 130, 2.

³ Koskela, L. (1992). Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción. Stanford: Universidad de Stanford. 10 p

⁴ Díaz, H. P., Rivera, O. G., y Guerra, J. A. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. AVANCES Investigación en Ingeniería - No. 1, Vol. 11, 37 p

anteriormente, que permita su aplicación en la construcción de vivienda de interés social, tomando como referencia el proyecto en ejecución “La Senda” ubicado en la ciudad de Bogotá específicamente en el sector conocido como “La Felicidad”, en el cual se identifican las oportunidades de mejora en el proyecto y se capacita al personal en obra, con el propósito de que en adelante se aplique la metodología Lean buscando una posible mejora en tiempos de ejecución, teniendo como base la teoría existente con respecto a Lean y sus beneficios en proyectos de estas características.

Figura 1 Carta de Autorización de manejo de información

Bogotá D.C., 26 de Octubre de 2020

Señores:

Universidad Católica de Colombia

Facultad de Ingeniería

Especialización gerencia de obras

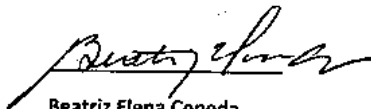
Ref. Autorización manejo de información para fines académicos

Yo Beatriz Elena Cepeda, identificada con C.C. 51.898.731, en mi calidad de gerente de proyecto de la obra La Senda de Constructora Colpatría, autorizo a Andrea Gualdrón con cedula de ciudadanía 1.030.585.841, estudiante del programa Especialización en gerencia de obras, de la Universidad Católica de Colombia, a recolectar datos en sitio y utilizar la información que requiere para el proyecto de grado denominado "Propuesta Para Implementación De La Metodología Lean Construction En Proyectos De Vivienda De Interés Social En La Fase De Estructura". Como condiciones contractuales, el estudiante se obliga a (1) no divulgar ni usar para fines personales la información (documentos, escritos, artículos, cortes de programación y demás materiales) que, con objeto de la relación de trabajo, le fue suministrada; (2) no proporcionar a terceras personas, verbalmente o por escrito, directa o indirectamente, información alguna de las actividades y/o procesos de cualquier clase que fuesen observada en el proyecto durante la duración del proyecto y (3) no utilizar completa o parcialmente ninguno de los productos (documentos, metodología, procesos y demás) relacionados con el proyecto. El estudiante asume que toda la información y el resultado del proyecto serán de uso exclusivamente académico.

El material suministrado por la empresa será la base para la construcción de un estudio de caso. La información y resultado que se obtenga del mismo podrían llegar a convertirse en una herramienta didáctica que apoye la formación de los estudiantes.

En caso de que alguna(s) de las condiciones anteriores sea(n) infringida(s), el estudiante queda sujeto a la responsabilidad civil por daños y perjuicios que cause a Constructora Colpatría, así como sanciones de carácter penal o legal a que se hiciera acreedor

Atentamente,



Beatriz Elena Cepeda

C.C. 51.898.731

Elaboración propia

1. GENERALIDADES

1.1. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Se encuentra enmarcado en investigación, gestión integral y dinámica de las organizaciones empresariales.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente la construcción en el país se está enfocando en la ejecución de viviendas de interés social (VIS), esto porque, a pesar de ser proyectos que en muchas ocasiones no representan las grandes utilidades que se obtienen al construir vivienda no VIS, si son proyectos atractivos por su rapidez de consecución, por su fácil mercadeo y por su mejora en los flujos de caja en las compañías ya que son construcciones de las que se pueden obtener recursos por ventas de manera veloz. Sin embargo, a pesar de las ventajas, este tipo de proyectos también representan un reto a la hora de planearlos y ejecutarlos a bajo costo sin afectar los estándares de calidad y es allí donde la oportunidad de optimizar cualquier proceso cobra un alto valor de interés para las compañías constructoras.

De esta necesidad surgen metodologías que enmarcan todas las necesidades de los proyectos como lo es la “Construcción sin pérdida”⁵ o “Lean Construction” a través de la cual se pueden analizar cuáles actividades generan o no valor a la cadena de producción y permite crear estrategias para optimizar los recursos de manera que al final del ejercicio se puede observar un margen de ganancia en términos de tiempo y menores desperdicios después de aplicada la metodología.

En esta “ganancia” radica la importancia de la implementación de esta metodología ya que como se enuncia anteriormente, los proyectos VIS no siempre representan grandes utilidades en cuestiones de venta directa, pero al optimizar los recursos (humanos y materiales)⁶ se busca volver más rentables estos negocios para que se conviertan en una tendencia entre las empresas constructoras del país y que, como su nombre lo indica, ayuden a solucionar problemáticas de habitabilidad en familias menos favorecidas las cuales buscan en este tipo de proyectos, la oportunidad de cumplir una meta de tener vivienda propia.

⁵ Ciria, L. d. (22 de Julio de 2016). 'LEAN CONSTRUCTION', LA EDIFICACIÓN EFICIENTE LLEGA A LA VIVIENDA: Basado en un método de la industria del automóvil, supone eliminar las pérdidas que se producen durante un proyecto inmobiliario, obteniendo un producto mejor y más barato. El Mundo. 5 p

⁶ Aureliano, Filipe; *et al.* Application of lean manufacturing in construction management. 29th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing. En: Procedia Manufacturing. 2019, Vol 38. Pp 242.

1.2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

La Construcción sin pérdida no es un término nuevo, desde el inicio de su desarrollo en 1992 mediante la adaptación de una “nueva filosofía en producción a la construcción”⁷ por Lauri Koskela, en donde el autor tomaba las principales ideas de la producción sin pérdidas (eliminar procesos que no generan valor) inventada por la empresa automotriz japonesa Toyota en el año 1973, muchas compañías a nivel mundial han implementado con éxito la metodología de trabajo en sus construcciones. Sin embargo, en Colombia la innovación en el sector ha quedado rezagada a razón de procesos establecidos por las constructoras que se han vuelto sistemas de gestión y que requieren una gran inversión de tiempo y personal para cambiarlos.

El caso de estudio del presente documento no es la excepción, La Senda es el quinto proyecto de vivienda de interés social (VIS) desarrollado en paralelo en el sector y por ende en los proyectos anteriores se ha podido evidenciar que la falta de planeación a la hora de realizar una actividad repercute en mayor desgaste del personal en trasiegos⁸ de materiales y en inicios tardíos de la misma y finalmente al no tener aterrizado el proyecto en tiempos por actividad no se han podido optimizar las ejecuciones que se requieren cuando el proyecto presenta atrasos.

Dado lo anterior, se requiere con urgencia buscar una acción de mejora que permita controlar todos los aspectos que han estado afectando los anteriores proyectos y que aporte pautas claras para que las construcciones siguientes sean más organizadas y rentables para la compañía. De estas necesidades surge la aplicación de metodologías como Lean Construction.

1.2.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Empleando la metodología Lean Construction ¿Qué procedimiento podría establecer la constructora para aplicar a sus proyectos de vivienda de interés social?

1.2.3. VARIABLES DEL PROBLEMA

De acuerdo con la problemática presentada y durante el desarrollo del presente estudio, se pueden presentar las siguientes variables:

- Planificación: Debido a la rapidez con la que se deben ejecutar este tipo de proyectos, no se emplea el tiempo debido para planificar estratégicamente la obra, esto quiere decir que cuando el material llega a obra, se va acopiando

⁷ KOSKELA, Lauri. (1992). Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción. Stanford: Universidad de Stanford. Pp 5.

⁸ AZIZ, Remon y HAFEZ, Sherif. (2013). Applying lean thinking in construction and performance improvement. En: Alexandria Engineering Journal, 52, 682 p

“donde se pueda” y no “donde debería”, generando posibles reprocesos que se pueden evitar desde el principio.

- Programación: se ejecuta de forma incorrecta debido a que se toman plantillas de proyectos anteriores y se modifican fechas, no se verifican las particularidades de cada proyecto, lo que puede derivar en atrasos no relacionados con la gestión de obra.
- Personal: El personal a cargo de la realización de las labores se da por mano de obra directa e indirecta (contratistas), por lo cual no cuenta con capacitaciones de buenas prácticas de construcción a los trabajadores de los terceros.

1.3. JUSTIFICACIÓN

En la construcción tradicional de vivienda se evidencia que a lo largo de muchos años el desperdicio se ha normalizado y se ha convertido en parte intrínseca de los procesos constructivos y sus presupuestos, siempre a la hora de planear y diseñar un proyecto se tiene en cuenta que habrá un desperdicio o sobreconsumos y se le asigna un porcentaje a ese gasto adicional que posteriormente se convierte en un indicador para afectar las actividades que tengan relación con estos materiales. Si bien es cierto que en algunas ocasiones este desperdicio no está asociado directamente a la interacción trabajador-material (como es el caso del concreto que se pierde en una tubería de bomba de concreto por nombrar un ejemplo), estos si pueden estar asociados a procesos constructivos que por falta de planeación pueden generar este tipo de situaciones que podrían abolirse si se realiza un plan estratégico de obra desde el inicio. Para generar obras más rentables y eficientes, se debe si no eliminar por completo, por lo menos reducir la concepción del desperdicio como algo normal, y el mismo se debe analizar desde varias dimensiones (tiempo, costo y recurso) ya que no es solo la sobreutilización del material lo que genera pérdidas a la hora de construir.

La implementación de la metodología Lean permite generar de manera progresiva la reducción de los procesos no necesarios⁹, que traen como consecuencia la reducción de mala utilización de materiales. Para lograr con éxito los objetivos que plantea Lean, existen varias herramientas¹⁰ que permiten:

- Evidenciar procesos que son objeto de mejora mediante la herramienta de muestreo de trabajo para categorizar el trabajo realizado por los obreros.
- Planificar de manera eficiente las actividades a realizar y sus predecesoras

⁹ Gračanina, D., Ćirić, D., Lalić, B., Ćurčić, J., & Tasić, N. (2019). The impact of lean improvements on cost-time profile. 29th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing. Limerick, Irlanda. 317 p

¹⁰ Díaz, H. P., Rivera, O. G., & Guerra, J. A. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. AVANCES Investigación en Ingeniería - No. 1, Vol. 11, 37 p

necesarias mediante el Último Planificador o “Last Planner”¹¹

- Verificar mejoras en los procesos mediante una comparación de rendimientos y recursos utilizados antes y después de la implementación de la Construcción Sin Pérdidas.

En aras de cambiar la cultura del “desperdicio” por una que responsablemente integra todos los elementos que componen la construcción con la finalidad de maximizar el valor de los procesos de construcción y reducir el nivel de incertidumbre que se tiene a la hora de ejecutar un proyecto para obtener los resultados esperados en términos de tiempo, costo y calidad¹², el propósito del presente proyecto se centra en generar una propuesta de aplicación de “Lean Construction” para proyectos “VIS”, mediante la identificación de oportunidades de mejora en un caso de estudio, analizando la forma de poner en práctica los pasos teóricos de Lean Construction y esperando como resultado generar una guía aplicable para proyectos de vivienda de interés social. Para ello se estudiará la estructura de la torre 3 del proyecto La Senda el cual se encuentra terminando pilotaje e iniciando cimentación superficial, el final de la estructura está programado para octubre de 2020.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer un proceso para la implementación de la metodología lean construcción en proyectos vivienda de interés social mediante el estudio de oportunidades de mejora en la fase de estructura del proyecto “La Senda”

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recolectar información sobre el estado actual de los procesos constructivos de la etapa de estructura de la torre 3.
- Identificar las mejoras que se pueden generar al proceso constructivo que se usa actualmente aplicando la metodología Lean Construction
- Establecer el procedimiento adecuado para implementar la metodología Lean Construction a los procesos constructivos de la empresa en una guía.

¹¹ Campero, M., & Alarcón, L. F. (2008). Administración de proyectos civiles. Santiago De Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.78 p

¹² Hoyos, M. F., & Botero, L. F. (2018). Evolución e impacto mundial del Last Planner System: una revisión de la literatura. Ingeniería y Desarrollo, 36(1). 199 p

3. MARCOS DE REFERENCIA

○ MARCO CONCEPTUAL

Para poder desarrollar con claridad el tema “Lean Construction” es necesario tener claridad en los algunos conceptos, los cuales se describirán a continuación:

Desperdicio: cantidad de material que no se aprovecha constructivamente debido al mal acopio del mismo, falta de capacitación por parte del personal en el uso de ciertos materiales (ej, pegacor), falta de planeación a la hora de ejecutar (ej, recortes de acero) entre otras acciones que tienen como resultado que el material pedido no pueda ser utilizado el 100%.

Filosofía Lean Construction: sistemas de producción en los que se optimizan recursos, eliminando reprocesos por mala ejecución y calidad de los materiales y mejorando los tiempos de entrega.¹³

Last planer o ultimo planeador: es una herramienta que permite conocer las necesidades de la obra de forma anticipada para poder cumplir con las actividades planeadas¹⁴, el espacio de tiempo de actividades a futuro que se quieran tener en el radar será definido por cada proyecto de acuerdo a sus necesidades.

Proceso constructivo: conjunto de actividades y pasos que se deben realizar para realizar una tarea específica en obra.

Rendimiento: es la relación entre los recursos necesarios para construir una unidad de medida. Por ejemplo, una cuadrilla requirió de 25 hh para pintar 30m² de una fachada, es decir, tuvieron un rendimiento de $25\text{hh}/30\text{m}^2=0.83\text{hh}/\text{m}^2$.¹⁵

Trabajo productivo: tiempo que un trabajador destinar a realizar una actividad del proceso constructivo.

Trabajo contributivo: tiempo dedicado a realizar actividades necesarias para que se realicen las actividades productivas

¹³ Koskela, L. (1992). Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción. Stanford: Universidad de Stanford. 75 p

¹⁴ Campero, M., & Alarcón, L. F. (2008). Administración de proyectos civiles. Santiago De Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile. 406p

¹⁵ Sánchez, A., Rosa, D., & Benavides, P. (2014). Implementación del sistema de lean construction para la mejora de productividad en la ejecución de los trabajos de estructuras en obras de edificación de viviendas. Cusco: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). 20 p

Trabajo no contributivo: tiempo que genera pérdidas, pues no se dedica a trabajar, como el tiempo dedicado a las necesidades fisiológicas.

Velocidad: relación unidad/tiempo, es decir, el tiempo necesario para ejecutar una unidad de medida. El tiempo generalmente se expresa en días, meses o semanas y la unidad de medida puede ser m, m², m³, kg o unidad. Por ejemplo, para construir un m² de muro en mampostería se requiere de 0.5 horas, es decir, tiene una velocidad de $1\text{m}^2/0,5\text{h}=2\text{m}^2/\text{h}$.

Reproceso: es cuando se debe realizar nuevamente un trabajo por errores de ejecución o mala calidad de materiales.

○ MARCO TEÓRICO

La mejora continua y evolución en los procesos constructivos han sido objeto de estudio por parte de varios autores que pretenden modificar la idea tradicional de que construir es meramente una transformación de procesos¹⁶, a partir de esta idea surgen metodologías que esperan aportar herramientas para las compañías en la mejora continua de sus sistemas, una de ellas es precisamente “Lean Construction”, este término fue acuñado por el autor Lauri Koskela en el año 91, adaptando una metodología existente en el sector de la manufactura llamada “Lean Production” y moldeándola acorde a las necesidades de la construcción.

De acuerdo a lo planteado por Koskela, la construcción debe ser vista como flujos¹⁷ y transformaciones de procesos, y no limitarla sencillamente a la entrega de un producto que es el foco principal de “Lean Production”, ya que la manufactura se basa en optimizar y controlar procesos de producción fijos conocidos¹⁸ (inicialmente conocido como Toyota delivery system o TDP) mientras que la ejecución de un proyecto civil la componen procesos cambiantes y en constante movimiento que generan distintos resultados en cada fase del mismo, en este punto el TPD evoluciona para convertirse en Lean Project Delivery Systems (Sistemas de entrega de proyecto sin pérdida) o LPDS¹⁹, que no es otra cosa que la jerarquización de los procesos en cada parte de la concepción de un proyecto

¹⁶ Koskela, L. (1992). Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción. Stanford: Universidad de Stanford. 8 p

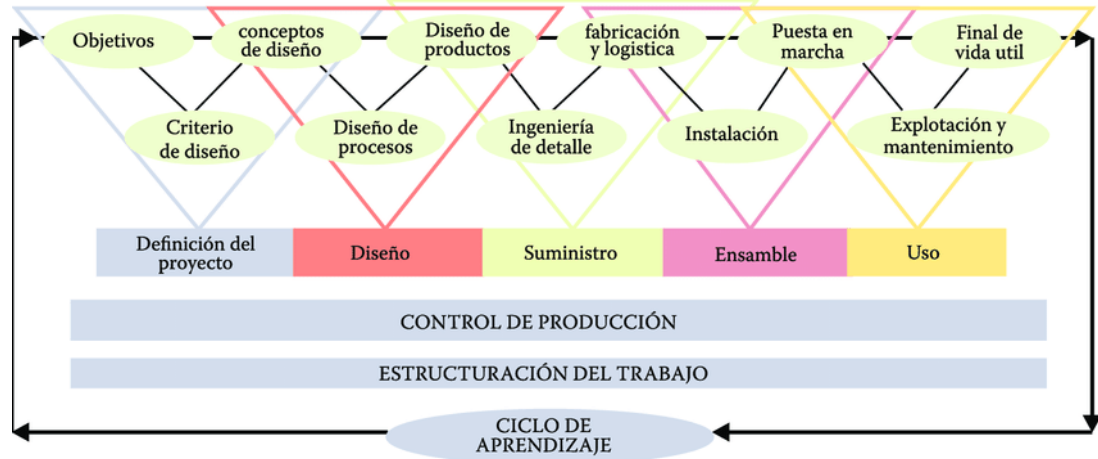
¹⁷ Koskela, L. (1992). Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción. Stanford: Universidad de Stanford. 21 p

¹⁸ Koskela, L., Ferrantelli, A., Niiranen, J., Pikas, E., & Dave, B. (2019). Epistemological Explanation of Lean Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 145, 1 p

¹⁹ Sánchez, A., Rosa, D., & Benavides, P. (2014). Implementación del sistema de lean construction para la mejora de productividad en la ejecución de los trabajos de estructuras en obras de edificación de viviendas. Cusco: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). 27 p

Según el Lean Construction Institute (LCI) existen varias fases que se deben considerar el LPDS y a partir de la cual se construye un modelo secuencial de actividades que se muestran a continuación:

Figura 2: Fases de Lean Project Delivery System



Fuente: Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual²⁰

En cada una de las fases se debe considerar que la meta es tener 0% en cada proceso, siendo las fases de suministro y ensamble (construcción) a las que más se les debe hacer seguimiento y control para evitar las pérdidas tanto en tiempo como en materiales.

Específicamente para la fase de construcción que es el caso de estudio del presente proyecto, la metodología de Lean construction permite identificar, controlar y mejorar las pérdidas en los proyectos en ejecución, esto se hace mediante:

- Medición del desempeño actual mediante muestreo de trabajo: consiste en varias mediciones de la labor de los operarios en cada actividad y agrupa estadísticamente los resultados de los muestreos en 3 categorías²¹:
- Trabajo productivo (TP): tiempo empleado por un operario en ejecutar una actividad específica inherente a la construcción. Este trabajo aporta directamente al cumplimiento de metas
- Trabajo Contributivo (TC): tiempo empleado por un operario para realizar labores de apoyo necesarias para la conversión de materia prima a

²⁰ PORRAS, Hernán, *et al.* Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. En: AVANCES Investigación en ingeniería. Vol 11, nro 1. Pp 46.

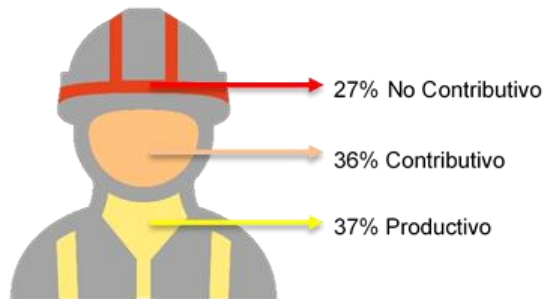
²¹ Botero, L. F., & Villa, M. E. (2003). Identificación de Pérdidas en el Proceso Productivo de la Construcción. REVISTA Universidad EAFIT No. 130, 68 p

actividades productivas. La meta es reducir este tiempo generando estrategias que permitan que los operarios se dediquen netamente a la producción, por ejemplo, evitar el trasiego de material descargando materiales cerca de donde se realizara la actividad.

- Trabajo no contributivo: se considera este tiempo como cualquier actividad que desempeñe el operario que no pueda ser enmarcada en ninguna de las anteriores categorías. Este tiempo se considera perdida.

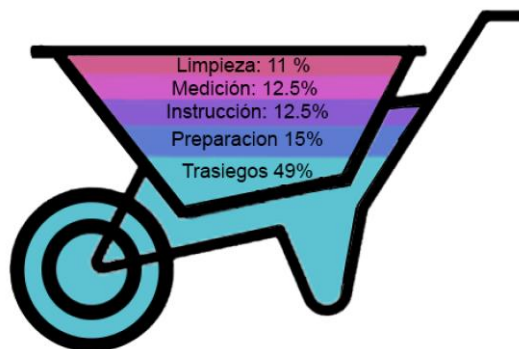
De acuerdo al autor Luis Fernando Botero, la experiencia en Colombia, en un estudio de perdidas realizado en la ciudad de Medellín, muestra que el 63% del tiempo en obra²² no es empleado en actividades productivas, por lo que en ese margen esta la oportunidad de mejora de productividad en los proyectos.

Figura 3. Distribución tiempos caso Medellín



Fuente: L. F. B. Botero y M. E. Á. Villa, «Identificación de Pérdidas en el Proceso Productivo de la Construcción,» *REVISTA Universidad EAFIT No. 130*, pp. 65-78, 2003.
Elaboración Propia

Figura 4. Distribución actividades tiempo contributivo y no contributivo.



²² Botero, L. F., & Villa, M. E. (2003). Identificación de Pérdidas en el Proceso Productivo de la Construcción. *REVISTA Universidad EAFIT No. 130*, 70 p



Elaboración Propia. Fuente: L. F. B. Botero y M. E. Á. Villa, «Identificación de Pérdidas en el Proceso Productivo de la Construcción,» *REVISTA Universidad EAFIT No. 130*, pp. 65-78, 2003.

El identificar y clasificar las pérdidas de cada proyecto permite investigar la raíz de cada una de ellas y verificar las oportunidades de mejora para transfórmalas en tiempo productivo sin afectar la calidad de vida del trabajador.

- Control de la programación futura mediante el ultimo planeador: esta herramienta en principio se asemeja a la forma tradicional de gerencia de proyectos en términos de planear, ejecutar y controlar²³, sin embargo, su gran diferencia radica en que la programación no es vista como un todo, si no como la sucesión de facciones de procesos futuros cercanos que deben ser tenidos en cuenta hoy para evitar retrasos en los mismos. En esta herramienta evalúa los prerrequisitos²⁴ para ejecutar las actividades y plantea una ecuación entre tres diferentes estados de la planificación²⁵ que son: lo que se DEBE hacer, lo que SE HARÁ y lo que se PUEDE ejecutar en el proyecto, teniendo en cuenta que las organizaciones deben flexibilizar los procesos para su implementación, y que además debería evolucionar para involucrar actividades a largo plazo también²⁶. Para evaluar de manera adecuada estos tres estados y arrojar un resultado optimo en la implementación de la herramienta de esto se utilizan tres tipos de planificación diferentes: el Plan Maestro, el Plan Intermedio o lookahead²⁷ y el Plan Semanal descritos a continuación:

- El primero es aquel que define las tareas que “deben” hacerse para ejecutar el

²³ Koskela, L., & Howell, G. (2002). The theory of project management- explanation to novel methods. Proceedings of the 10th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Gramado, Brasil. 5 p

²⁴ Ballard, H. G. (2000). The Last Planner System of production control. Salford: Tesis doctoral, School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham. 36 p

²⁵ Díaz, H. P., Rivera, O. G., & Guerra, J. A. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. *AVANCES Investigación en Ingeniería*, Vol.11. 9p

²⁶ Ballard, G., & Vaagen, H. (2017). Project flexibility and lean construction. Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. 592 p

²⁷ Ballard, H. G. (2000). The Last Planner System of production control. Salford: Tesis doctoral, School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham. 39 p

100% del proyecto, este también define alcances y plazos establecidos fijando hitos para cumplir los mismos²⁸

- El segundo se deriva el plan maestro y toma espacios de tiempo específicos definidos por el gerente de cada proyecto que varían de entre 3 hasta 10 semanas delante de la fecha de corte, en este programa se revisan las actividades que requieren algún grado de preparación para ejecutarse y estos prerrequisitos se asignan como “restricciones”, de este análisis se genera un plan de acción para que el día que se tenga que ejecutar dicha actividad, no tenga ninguna restricción para su inicio²⁹
- El tercero y último comprende una revisión detallada de lo que se ejecutara en corte tiempo (1 semana) y en este plan intervienen todos los involucrados en la consecución de actividades (contratistas, maestros, residentes, etc.), aquí se generan estrategias para cumplir las actividades programadas y se verifican las razones de no cumplimiento de alguna.

Finalmente, luego de aplicar estos tres pasos de planeación, en el último nivel de planeación (semanal) nace un documento de seguimiento llamado “porcentaje de actividades cumplidas” o “PAC” que se calcula tomando el número de actividades realizadas en la semana dividido el número de actividades programadas de la semana³⁰, de esta forma se verifica la efectividad del ultimo planeador en anticiparse a los requerimientos de obra.

○ MARCO JURÍDICO

En Colombia no existe ningún documento expedido por el gobierno que obligue a las compañías a aplicar LEAN CONSTRUCTION como parte de sus proyectos por lo que no aplica la investigación jurídica para el presente proyecto de grado.

El proyecto está ubicado en la zona designada como “Plan Parcial La Felicidad” el cual fue aprobado mediante la “Resolución de Viabilidad No. 1037 de 2007”³¹ y ha sido modificado en tres ocasiones, en la actualidad la resolución vigente es la “Resolución de Viabilidad 3022 de 2019”

²⁸ Fernández, A. D., Cárdenas, L. F., & Armiñana, E. P. (2011). La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador. *Revista de Obras Públicas*, 158. 38p

²⁹ Botero, L. F., & Villa, M. E. (2005). Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción. *Ingeniería y Desarrollo*, 17. 151p

³⁰ Botero, L. F., & Villa, M. E. (2005). Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción. *Ingeniería y Desarrollo*, 17. 152p

³¹

○ MARCO GEOGRÁFICO

El proyecto se desarrolla mediante un caso de estudio, que corresponde a la construcción del proyecto “Senda – La Felicidad” el cual se encuentra ubicado en la Calle 22D # 72A-00, a continuación, se esquematiza la ubicación:

Figura 5: Ubicación La Felicidad Bogotá.



Elaboración Propia

Figura 6. Ubicación Proyecto Senda.



Elaboración Propia

○ MARCO DEMOGRÁFICO

De acuerdo a los objetivos del presente proyecto, el caso de estudio es la construcción del edificio La Senda, por lo que no se involucra un marco demográfico específico. Es importante resaltar que esta edificación de interés social una vez terminada dará hogar a 384 familias de estrato medio.

3.1. ESTADO DEL ARTE

En la construcción siempre se ha buscado la forma de optimizar los recursos, ya sea económicos, tiempo o materiales, en cuanto a tiempo ya se conoce la historia de Henry Ford, que fue quien popularizó la producción en cadena que aplicó en el ensamblaje del Ford T. Aunque esta metodología es aplicable a la construcción para reducir tiempos en la programación eliminando actividades que no dan valor a la línea de producción o realizando actividades de forma paralela, actualmente se emplean metodologías más eficientes como la metodología LEAN Construction, tanto, que el Centro de Excelencia en Gestión de la Producción (GEPUC) desarrolló en 2016 el manual “LEAN Construction: Manual Práctico de Herramientas de Mejoramiento de Construcción”³² con la intención de aumentar la productividad, mejorar la calidad y reducir los accidentes en la industria de la construcción.

Para tener una idea del impacto que genera la metodología o filosofía Lean en la construcción es importante conocer las diferentes investigaciones que se han hecho al respecto³³, por lo que se hace la revisión en SCOPUS, una de las bases de datos bibliográficas más completas, iniciando la búsqueda con las palabras “Lean” y “construction”, obteniendo resultados a partir del año 1930, pero teniendo en cuenta que esta metodología fue fundada por Koskela en 1992, se aplica el filtro a partir de esta fecha, pero es realmente en el año 2003 en el que se ve que las publicaciones enfocadas en LEAN Construction aumentan significativamente, para un total de 2,564 publicaciones hasta la fecha.

³² ALARCÓN, Luis; SALVATIERRA, José; RODRÍGUEZ, Ignacio y LAGOS Camilo. Lean construction: Manual Práctico de Herramientas de Mejoramiento de Construcción. Santiago de Chile, 78 p

³³ Babalola, O., Ibem, E. O., & Ezema, I. C. (2019). Implementation of lean practices in the construction industry: A systematic review. *Building and Environment*, 148(1), 34-43.

Figura 7: Número de publicaciones Lean construction realizadas por año.



Elaboración propia

En el siguiente cuadro se presentan los 5 autores con mayor número de publicaciones y 3 de sus publicaciones más recientes.

Tabla 1. Autores con mayor número de publicaciones relacionadas con Filosofía Lean y 2 de sus publicaciones más recientes.

Autor	# Total publicaciones	Título	Conclusiones
Glenn Ballard	87	Competing construction management paradigms	Continuamente se presentarán choques entre las prácticas tradicionales y las nuevas prácticas propuestas, pero se demostrarán los beneficios que se obtienen al ser aplicadas; así mismo, alrededor del mundo se están realizando numerosas investigaciones sobre los diferentes temas de Lean Construction ³⁴
		Exploring the relationship between lean design methods and C & D waste reduction: Three case studies of hospital projects in California	Se puede reducir la cantidad de materiales tomando decisiones en la etapa de diseño que no afecten las necesidades o requerimientos cliente, como es disminuir la altura libre o la reducción del acero en todo el edificio sin afectar las cuantías ³⁵ .

³⁴ BALLARD, Glenn y HOWELL, Gregory. Competing construction management paradigms. *Lean Construction Journal*. 2004, Vol 1, nro 1. 44 p.

³⁵ BURCU, Sangil; ARROYO, Paz y BALLARD, Glenn. Explorando la relación entre los métodos de diseño lean y la reducción de residuos de construcción y demolición: tres estudios de caso de proyectos hospitalarios en California. *Ingeniería de Construcción*. 2016, Vol 31, nro 3. Pp

Autor	# Total publicaciones	Título	Conclusiones
Lauri Koskella	81	Evaluating Social Housing Retrofit Options to Support Clients' Decision Making—SIMPLER BIM Protocol	El uso de software BIM permite crear diferentes planes de ejecución para los proyectos y alinearlos con el Last Planner apoyando la planificación y control de la construcción ³⁶ .
		Lean thinking in the highways construction sector: motivation, implementation and barriers	Las principales barreras que se presentan en este tipo de proyectos son: el conocimiento insuficiente, el control insuficiente del flujo de valor y la visión limitada de las técnicas ³⁷
Iris Tommelein	69	Understanding the role of “tasks anticipated” in lookahead planning through simulation	Se debe mejorar la forma en que se planifican las tareas identificando las restricciones y a su vez eliminándolas, así, anticipándose a las tareas. Así, al invertir en la planificación anticipada, se pueden obtener dividendos al reducir la duración del proyecto ³⁸
		Management cybernetics as a theoretical basis for lean construction thinking	Al usar herramientas como la visualización repetitiva de un proceso constructivo, las soluciones que se dan para una empresa no se pueden aplicar a otra, aunque se cree poder lograr esto con sistemas cibernéticos ³⁹

Elaboración propia

A nivel internacional se encuentran diferentes organizaciones enfocadas en profundizar en la filosofía LEAN, las más reconocidas son: el Lean Enterprise Institute (LEI), que constantemente realizan investigaciones, talleres y publicaciones para la práctica LEAN, teniendo como misión “Make things better, through lean thinking and practice”; también está el “Lean Construction Institute” que es una

³⁶ TZORTZOPOULOS, Patricia; MA, Ling; SOLIMAN, Joao y KOSKELA, Lauri. Evaluating Social Housing Retrofit Options to Support Clients' Decision Making—SIMPLER BIM Protocol. *Sustainability*. 2019, Vol 11. Pp 18.

³⁷ TEZEL, Algan; KOSKELA, Lauri y AZIZ, Zeeshan. Lean thinking in the highways construction sector: motivation, implementation and barriers. *Production Planning and Control*. 2018, Vol 29, nro 3. Pp 264.

³⁸ HAMZEH, Farook; SAAB, Issa; TOMMELEIN, Iris y BALLARD, Glen. Understanding the role of “tasks anticipated” in lookahead planning through simulation. *Automation in Construction*. 2015, Vol 49. Pp 25.

³⁹ STEINHAEUSSER, Tobias; ELEZI, Fatos; TOMMELEIN, Iris y LINDEMANN, Udo. Management cybernetics as a theoretical basis for lean construction thinking. *Lean Construction Journal*. 2015. Pp 01-14.

organización cuya misión es “transformar una industria de diseño y construcción a través del pensamiento, las herramientas y las técnicas Lean”.

Pero el grupo que tiene mayor influencia a nivel internacional es el International Group for Lean Construction (IGLC por sus siglas en inglés), que es una red que estudia nuevos métodos para desarrollar productos y mejorar la gestión en la construcción, la arquitectura e ingeniería. Este grupo se destaca de los demás por realizar anualmente una conferencia anual en la que participan importantes personalidades en el tema. A continuación, se presenta un cuadro en el que se listan las últimas participaciones en el IGLC que han hecho los autores relacionados anteriormente.

Tabla 2 Participaciones de autores en el IGLC

Autor	Año pub	Título	Resumen
Glenn Ballard	2020	Designing as a Court of Law	Este artículo sugiere revisar las teorías de diseño para implementar la competencia de ideas, pues los autores consideran que la competencia está estructurada en diferentes prácticas de diseño, todo esto a través de metáforas de un tribunal. ⁴⁰
	2019	Results of indicators from the linguistic action perspective in the Last planner® system	Los autores proponen aplicar estudios de casos en reuniones de planificación semanales y determinar los valores recomendados para mejorar la comunicación y lograr la implementación adecuada de Last Planner® system ⁴¹
	2019	An active caring approach through psychological safety in construction projects	La seguridad psicológica en los trabajadores puede afectar su desempeño, por lo que se deben estudiar los factores que afectan esta seguridad psicológica, proporcionando condiciones que den seguridad al trabajador y mitigando las condiciones inseguras ⁴²
Lauri Koskella	2020	From checklists to design process support systems: Initial framing	La premisa de este informe es que todo proceso de diseño está propenso a errores. Para hacer estos disminuyan, se basan en realizar una lista de

⁴⁰ KOSKELA, Lauri; ARROYO, Paz y BALLARD, Glenn. Designing as a Court of Law. *26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*. 2018. 622 p

⁴¹ SALAZAR, Luis; RETAMAL, Fabián; BALLARD, Glenn; ARROYO, Paz y ALARCÓN, Luis. Results of indicators from the linguistic action perspective in the Last planner® system. *27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*. 2019. 1259 p

⁴² GÓMEZ, Sulyn; BISHOP, Bryan; BALLARD, Glenn; SAENZ, Mario y TOMMELEIN, Iris. An active caring approach through psychological safety in construction projects. *27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*. 2019. Pp 1046.

Autor	Año pub	Título	Resumen
			verificación para monitorear los procesos BIM, pero lo ideal es que esta se pueda estandarizar y así mejorar el trabajo facilitando la comunicación y coordinación y transferir conocimientos entre proyectos ⁴³
	2018	Source of waste on construction site: a comparison to the manufacturing industry	En este estudio se comparan las fuentes de desperdicio que se generan en la construcción con la manufactura (otro sector que aplica la metodología Lean), como conclusión, en la construcción se generan dos tipos de desperdicios, el primero se da por la comunicación entre especialistas y el segundo por la gestión de recursos y operaciones en el sitio de trabajo, por lo que no se deben agrupar, peor si es necesario dar una solución a los primeros antes que eliminar los segundos ⁴⁴
	2019	Theory of quality management: ITS origins and history	Existe la percepción de que la calidad como enfoque gerencial ha perdido su atractivo en las últimas dos décadas. Así que se ha presentado el argumento de que las debilidades de los fundamentos teóricos y filosóficos de la calidad han contribuido a esta falta de atracción, junto con la evidencia de apoyo. ⁴⁵
Iris Tommelein	2018	Towards Facility Management participation in design: A UCSF case study	En este estudio se refleja la necesidad de que el Facility Manager esté presente desde una etapa temprana de diseño de las instalaciones, esto para evitar diferencias entre los requisitos de diseño y los del FM, quien en muchos casos aboga por la facilidad de mantenimiento. Logrando esto se evitan procesos reiterativos de diseño y una entrega temprana ⁴⁶

⁴³ PIKAS, Ergo; KOSKELA, Lauri; OEHMEN, Josef y BHARGAV, Dave. From checklists to design process support systems: Initial framing. *27th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction (IGLC)*. 2019. 92 p

⁴⁴ MURATA, Koichi; TEZEL, Algan; KOSKELA, Lauri y TZORTZOPOULOS, Patricia. Source of waste on construction site: a comparison to the manufacturing industry. *26th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction (IGLC)*. 2018. 979 p

⁴⁵ KOSKELA, Lauri; TEZEL, Algan y PATEL, Viranj. Theory of quality management: ITS origins and history. *27th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction (IGLC)*. 2019. 1388 p

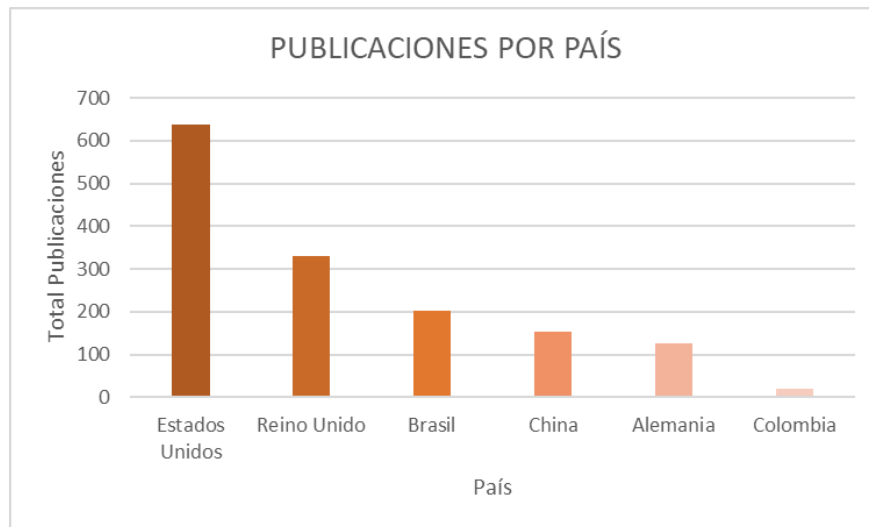
⁴⁶ BASCOUL, Audrey; TOMMELEIN, Iris; TILLMANN, Patricia y MUXEN, Scott. Towards Facility

Elaboración Propia

A nivel nacional, se ha visto que diferentes constructoras han implementado la metodología LEAN con éxito, entre estas están Apiros, Amarilo, Arpro Arquitectos Ingenieros, Bioconstrucciones de Colombia, Construcciones Arrecife, Constructora Bolívar, Constructora Capital Bogotá, Corac Construcciones, Cusezar, Desarrolladora de Zonas Francas, Grecon Ingenieros, IC Constructora, Ingeurbe, Marval, Organización Construmax, Proksol, Prodesa, Triada y Urbanizadora Santafé de Bogotá Urbansa. Tal ha sido el éxito que estas constructoras han tenido, que en el año 2015 Lauri Koskela y Camacol⁴⁷ las reconocieron por la implementación de esta metodología.

En comparación con otros países Colombia está muy por debajo en cuanto al número de publicaciones que se han hecho sobre filosofía Lean, y la mayoría de estas publicaciones no han sido citadas por otros autores.

Figura 8: Países con mayor número de publicaciones relacionadas con Filosofía Lean.



Elaboración propia

También se debe tener en cuenta que las universidades incentivan la divulgación de esta y otras metodologías a través de los trabajos de grado, como sucede en la Universidad Católica de Colombia en la especialización de Gerencia de Obras, en la cual se han presentado diferentes trabajos de grado en los que se ha implementado la metodología Lean en diferentes constructoras o evaluando las

Management participation in design: A UCSF case study. 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). 2018. 513 p

⁴⁷ Ardila, N. R. (11 de 09 de 2008). Estrategias para la gestión en el sector constructor. Recuperado el 01 de 05 de 2019, de <https://search-proquest-com.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/docview/334430257?accountid=45660>

mejoras que se han evidenciado al aplicar la metodología Lean. Algunos de estos trabajos son:

Autores	Título	Año publicación	Resumen
- Valeria del Sol Palomino Clavijo - José José Díaz Figueroa	Mejora del control de obra en proyectos de edificaciones, mediante la experiencia en dirección de obra y la herramienta Lean Construcción	2020	Se evalúa de manera cualitativa la metodología Lean Construcción y se plantean unas propuestas de mejoramiento con respecto a la experiencia de unos ingenieros civiles a través de una encuesta y la sistematización de las preguntas basadas en Costo y Tiempo de los proyectos de obra en Colombia ⁴⁸
- Víctor Fabián Lobatón Mora	Implementación de la metodología lean construcción para la optimización de recursos en la empresa arquitectura y construcciones S.A.S	2020	Se analiza y estudia la metodología LC como herramienta a utilizar y guía para la generación de la propuesta final para lograr disminuir los desperdicios y sobras en la empresa. ⁴⁹
- Jessica Julliet Luna Quiñonez - Tatiana Lisveth Parra Rodríguez	Diseño de metodología LEAN CONSTRUCTION bajo lineamientos gerenciales para la optimización de recursos en la empresa ARDISEK	2019	Se realiza la estructuración de un diseño gerencial que involucre la metodología LEAN CONSTRUCTION y la guía PMBOK 6 ED para la ejecución y desarrollo de proyectos en la empresa ARDISEK, buscando mejorar y optimizar los procesos al interior de ARDISEK mediante la implementación de planeación estratégica, manejo de habilidades y estrategia comercial ⁵⁰

⁴⁸ PALOMINO, Valeria del Sol y DÍAZ, José José. Mejora del control de obra en proyectos de edificaciones, mediante la experiencia en dirección de obra y la herramienta Lean Construcción. Trabajo de grado Gerencia de obras. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. 2020. 2 p.

⁴⁹ LOBATÓN, Víctor Fabián, Implementación de la metodología lean construcción para la optimización de recursos en la empresa arquitectura y construcciones S.A.S. Trabajo de grado Gerencia de obras. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. 2020. 49 p.

⁵⁰ LUNA, Jessica Julliet y PARRA, Tatiana Lisveth. Diseño de metodología LEAN CONSTRUCTION bajo lineamientos gerenciales para la optimización de recursos en la empresa ARDISEK. Trabajo de grado Gerencia de obras. Bogotá D.C.: Universidad

Autores	Título	Año publicación	Resumen
Nelson Fabián Cepeda Álvarez	Modelo conceptual para la creación de una empresa constructora bajo el enfoque Building Information Modeling y Lean Construction caso de estudio Sogamoso – Boyacá	2019	Se recopiló información para medir el comportamiento del mercado de las empresas que prestan el servicio de construcción en Sogamoso - Boyacá para identificar las necesidades de los usuarios del servicio ⁵¹
<ul style="list-style-type: none"> - Diego Aranguren - Oscar Quiroga - Edgar Solano - Carlos Ortiz 	Evaluación de la aplicación de la metodología Last Planner en proyectos de interés prioritario utilizando herramientas informáticas	2018	Se busca evaluar uno de los sistemas de programación y control más a la vanguardia en el sector de la construcción en la actualidad, denominado, “Last Planner” el cual es una herramienta creada bajo la filosofía “Lean Construction” y basado en “Lean Manufacturing” y en el “Toyota Production System” ⁵²

Elaboración propia

Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. 2019. 8p.

⁵¹ CEPEDA, Nelson Fabián. Modelo conceptual para la creación de una empresa constructora bajo el enfoque Building Information Modeling y Lean Construction caso de estudio Sogamoso – Boyacá. Trabajo de grado Gerencia de obras. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. 2019. 43 p.

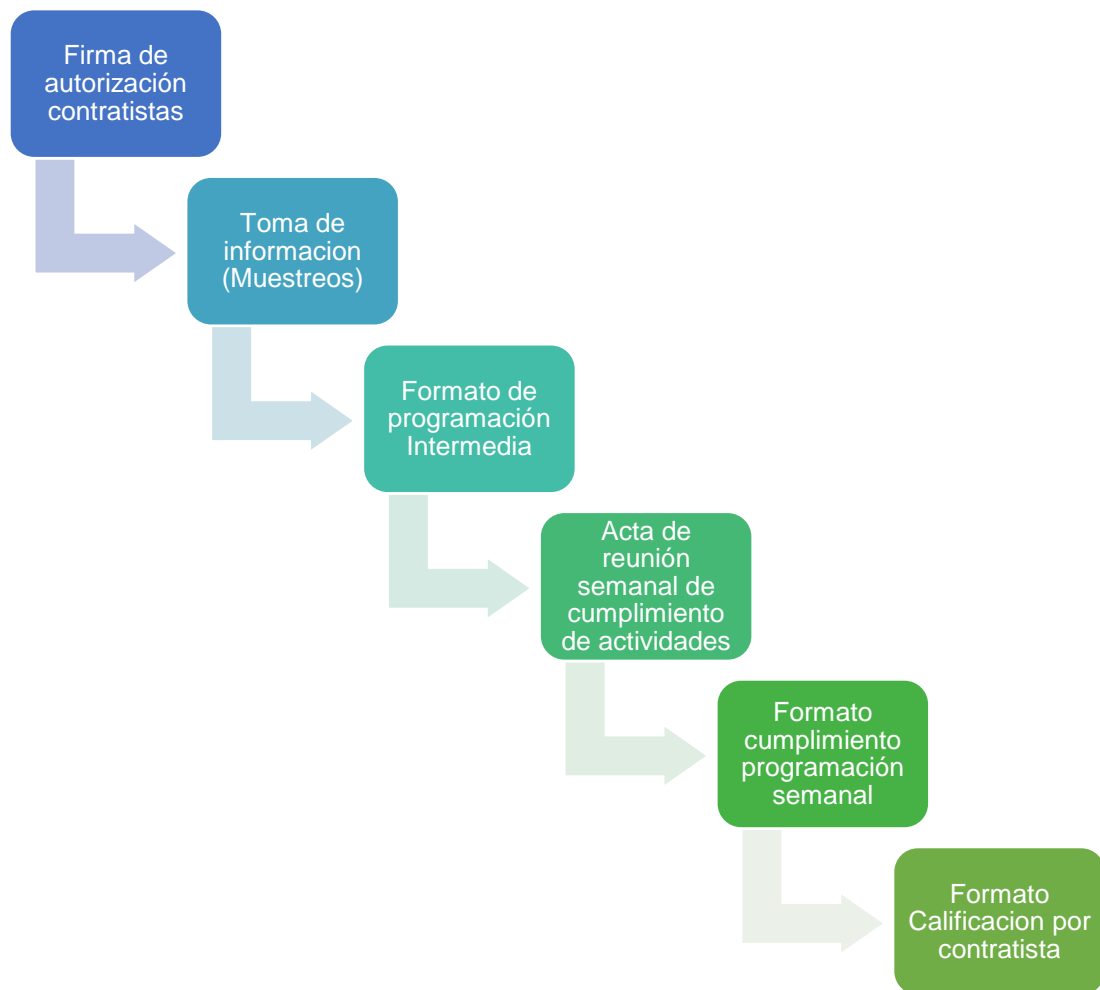
⁵² ARANGUREN, Diego; QUIROGA, Oscar; SOLANO, Edgar y ORTIZ Carlos. Evaluación de la aplicación de la metodología Last Planner en proyectos de interés prioritario utilizando herramientas informáticas. Trabajo de grado Gerencia de obras. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. 2019. 5 p.

4. METODOLOGÍA

Este proyecto se enfoca en analizar las oportunidades de mejora que se pueden dar en obra con el fin de utilizar las herramientas que ofrece Lean Construction para generar una propuesta de aplicación de la metodología.

Al formar parte de un proceso de mejora continua para la construcción, este proyecto cuenta con el aval y apoyo de la gerencia de obra para su ejecución.

Para lograr una revisión integral del estado actual del proyecto se realizan una serie de formatos que harán parte de la propuesta para implementar la metodología Lean Construction en el proyecto, y se desarrolla con base en los esquemas propuestos por Glenn Ballard en su tesis "*The Last Planner System of production control.*" Las fases que componen el presente trabajo son reconocimiento de sitio, recolección de datos y análisis de datos. A continuación se esquematiza el proceso de diligenciamiento de formatos basados en la teoría que componen la propuesta a presentar:



c. Análisis de datos y Producto:

Posterior a la revisión en conjunto con la obra de las oportunidades de mejora, se levantó registro fotográfico de las acciones que la obra decidió adoptar. Siguiendo los requisitos indicados por parte de la obra, se modificaron los formatos y se desarrolló el documento guía de implementación de la metodología el cual se entregó de manera formal al proyecto.

4.2. INSTRUMENTOS O HERRAMIENTAS UTILIZADAS

- Recopilación de datos: se realizó un muestreo del estado actual del proyecto en términos de rendimientos (cortes de programación), se verificó el estado de la estructura para inicio de seguimiento.
- Análisis de datos: con la información recopilada se determinaron las áreas susceptibles de mejora en los procesos del proyecto.
- Recopilación de requisitos: en conjunto con el personal en obra se revisan los formatos para generar un listado de posibles mejoras a los formatos para su fácil diligenciamiento en obra
- Reuniones: A través de las reuniones o mesas de trabajo se socializaron los resultados del análisis de datos, se explicó en detalle la metodología “Lean Construction”.
- Toma de decisiones: con base en la recopilación de datos y requisitos, se generó un procedimiento de implementación de la metodología para incluir en la guía.

4.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

Población: Proyecto La Senda - La Felicidad

Muestra: 1 de 4 torres que componen el proyecto, se traduce en el 25% de la población.

4.4. ALCANCES Y LIMITACIONES

ALCANCE:

Este proyecto genera las pautas para la aplicación de la metodología Lean Construction en la construcción de proyectos de vivienda de interés social a través de una guía compuesta por formatos. Para implementar esta filosofía de construcción, se realiza análisis en un caso de estudio que es una obra actualmente

está en ejecución.

LIMITACIONES:

- La principal limitante de este proyecto es que desarrollo únicamente en la fase de estructura, por lo que el producto a entregar sólo hace referencia a esta fase y los procesos que esta conlleve.
- La segunda limitante es que se prohibiera nuevamente por parte del distrito o la empresa el acceso a la obra por el estado de emergencia presentado debido al virus SARSCov-19; esta situación no se presentó debido al cambio de horarios de trabajo que propuso el distrito para continuar con la normalidad en el sector de la construcción.

5. PRODUCTOS A ENTREGAR

Los productos que se entregaron de acuerdo a este trabajo de investigación son:

- El procedimiento propuesto representado en un diagrama de flujo acompañado de una guía que contendrá los diferentes formatos que se deben usar para la implementación de la metodología “lean construction” y sus instrucciones de diligenciamiento. Esta guía fue entregada al gerente del proyecto de forma impresa y digital.

6. ENTREGA DE RESULTADOS E IMPACTOS

La pregunta de investigación es abordada de la siguiente forma:

- Recopilación de datos del estado actual del proyecto La Senda con el fin de analizar cuál es el procedimiento adecuado para implementar la metodología “Lean Construction” de acuerdo a los requerimientos de mejora que se evidenciaron durante el estudio.
- Después de analizados los datos, se verifica si los formatos y el orden propuesto en el presente trabajo son los adecuados para generar el guía para implementación de la metodología en obra.
- Se genera un flujograma y guía para aplicación de la metodología “Lean Construction” que el proyecto podrá utilizar para realizar seguimiento a las actividades en obra y que en adelante se podrá implementar en proyectos de similares características al estudiado en el presente trabajo

6.1. COMO RESPONDE A LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

RECONOCIMIENTO:

De acuerdo al corte de programación realizado el 21 de septiembre de 2020, la torre 3 tiene programado un 0% de muros de primer piso vs un 25% ejecutado, esto indica que la actividad esta adelantada, por lo que realizar el análisis en esta torre, es una excelente oportunidad para mantener dicho adelanto en las actividades sucesoras mejorando los procesos que se evidencien en la siguiente fase del presente proyecto.

Tabla 3 Seguimiento a programación Torre 3 La Senda

TORRE 3	7/09/2020		14/09/2020		21/09/2020	
	4%	5%	5%	6%	6%	7%
Preliminares	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Localización Y Plataforma De Pilotaje	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Cimentación Torre 3	48%	63%	61%	93%	74%	99%
Pilotaje	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Descabece Pilotes	55%	100%	80%	100%	100%	100%
Recalce Pilotes	33%	33%	61%	100%	89%	100%
Placa Cim. Torre	15%	35%	27%	85%	39%	100%
Replanteo Interior 1	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Replanteo Interior 2	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Estructura Torre 3	0%	0%	0%	0%	0%	1%
Estructura	0%	0%	0%	0%	0%	2%
Muro Losa Nivel 1	0%	0%	0%	0%	0%	25%

Elaboración propia

Figura 15 Estado Muros corte 21 sept 2020



Fuente propia

RECOLECCIÓN DE DATOS:

Levantamiento de obra:

i. Oportunidades de mejora

En el primer recorrido de obra realizado el 14 de septiembre de 2020 se evidencia que la torre 1 de la obra La Senda se encuentra finalizando etapa de cimentación e iniciando etapa de estructura, se evidencian oportunidades de mejora que podrían contribuir a mejorar el rendimiento de las fundidas, las cuales se mencionan a continuación:

- Ubicación del acero y formaleta:

Figura 16 Ubicación actual del acero y formaleta



Fuente propia

Problemática: Se evidencia que el acopio de acero y formaleta no están ubicados cerca de la zona de fundida, el trasiego del material deberá ser realizado por el personal en obra o por la torre grúa lo que constituye un mayor tiempo contributivo de la actividad tanto para la mano de obra como para el equipo, este tiempo debe reducirse para aumentar el tiempo productivo.

Oportunidad de mejora: Se sugiere a la obra ubicar el acero y la formaleta en inmediaciones de las fundidas para evitar largos trasiegos por parte del personal y mejorar el rendimiento de armado de muros y placas.

- Ausencia de protección de malla para placas y muros:

Figura 17 Acero sin protección



Fuente propia

Problemática: La disposición correcta de materiales garantiza que a la hora de fundir se cumpla a cabalidad con las especificaciones técnicas y de calidad que exige una construcción de este tipo, en las fotografías se evidencia malla en estado de oxidación y puesta sin protección en terreno natural lo que puede ocasionar alteraciones en la composición interna de la malla que puede afectar la calidad de los muros y placas del proyecto y demoras en las fundidas por procesos adicionales de limpieza para cumplimiento de norma.

Oportunidad de mejora: Se sugiere a la obra cubrir el material con polietileno y en lo posible ubicar estibas bajo el acero para evitar corrosión y reprocesos de limpieza.

- Casetón dispuesto incorrectamente

Figura 18 Disposición del casetón



Fuente propia

Problemática: En el recorrido se pudo apreciar que el casetón de guadua está dispuesto en desorden y sobre el terreno natural, dada la naturaleza de este

material, el estado actual en el que se encuentra puede llevar a rupturas del mismo lo que puede repercutir en mayores gastos por reemplazo de casetón y mayores tiempos por no disponer del material en el momento en el que se requiera.


Oportunidad de mejora: Se sugiere a la obra organizar el casetón en orden de puesta para evitar demoras por parte del personal en la búsqueda de los elementos necesarios para las fundidas y así mejorar los tiempos de armado de placa.

ii. Reuniones con el personal

El 29 de septiembre se realizaron acercamientos con el personal en obra en donde se les presentaron los formatos y se solicitó que iniciaran el diligenciamiento de algunos para iniciar proceso de seguimiento:

El primer formato a diligenciar fue la “autorización lean construction”, se tomó como base los contratistas de Estructura, instalaciones eléctricas e instalaciones hidráulicas. Se le explico al encargado de cada actividad la metodología y lo que se pretende con la misma que es aumentar el rendimiento de las actividades evidenciando las mejoras que se puedan realizar al proceso. Por temas de coordinación, el director y el gerente no estuvieron presentes en dicha socialización, sin embargo, informaron que para la siguiente visita que se programe asistirán y firmarán los formatos que les correspondan.

Figura 19 Formato "Autorización Lean Construction" debidamente firmado.


FT-LC-01

Todo es Posible

Fecha: 29-sep-2020 Ciudad: Bogotá D.C.

Obra: La Senda

AUTORIZACIÓN LEAN CONSTRUCTION

Por medio del presente formato se autoriza a aplicar a realizar las mediciones de productividad que se consideren necesarias y a cumplir los compromisos fijados en las reuniones semanales de "Last Planner", entendiéndose que el no cumplimiento de los mismos acarreará tareas en obra adicionales que se establezcan durante cada reunión.

CONTRATISTA	ACTIVIDAD CONTRATISTA	NOMBRE ENCARGADO	DOCUMENTO ENCARGADO	CARGO ENCARGADO	FIRMA
BOGUSQUE	Estructura	Jessica Moreno	80.875.906	Directora de Proyecto	<i>[Firma]</i>
ELIQUER	Estructura	Cristian Piedra	10.19.043.697	Asesor de Proyecto	<i>[Firma]</i>
Forma Hija	Inst. Hidráulica	Jose Enriquez	19.401.229	Gerente de Proyecto	<i>[Firma]</i>
DE Electricidad	eléctrica	Jidia Parrodo	50.568.891	Gerente de Proyecto	<i>[Firma]</i>

En constancia de lo aquí consignado y en nombre del contratante firma

DIRECTOR DEL PROYECTO

GERENTE DEL PROYECTO

Pendientes Firmas de Director y gerente.

Fuente propia

Figura 20 Primer formato de "Control de rendimientos semanales" diligenciado.

COLPATRIA
COMERCIAL
Todo es posible

FT-1C-02

CONTROL DE RENDIMIENTOS SEMANALES

FECHA	ACTIVIDAD	UNIDAD	DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	PERSONAL A CARGO DE LA ACTIVIDAD	FECHA HORA INICIO	FECHA HORA FIN	TIEMPO CONTRIBUTIVO (TC)	TIEMPO NO PRODUCTIVO (TNP)	CANTIDAD PROGRAMADA SEMANA	CANTIDAD EJECUTADA SEMANA
29-07-20	Trabaja en el sitio	APD	Trabaja en el sitio	J. P. S. S. S. P.	08-07-20	24-07-20	3 horas / día	45 min / día	8000	8000
29-07-20	Trabaja en el sitio	APD	Trabaja en el sitio	J. P. S. S. S. P.	08-07-20	24-07-20	2 horas	45 min / día	8000	8000
29-07-20	Trabaja en el sitio	APD	Trabaja en el sitio	J. P. S. S. S. P.	24-07-20	24-07-20	1 hora	32 min / día	8000	8000
29-07-20	Trabaja en el sitio	APD	Trabaja en el sitio	J. P. S. S. S. P.	01-08-20	01-08-20	—	—	8000	8000
29-07-20	Trabaja en el sitio	APD	Trabaja en el sitio	J. P. S. S. S. P.	03-08-20	03-08-20	—	—	8000	8000

El tiempo productivo se determina tomando la cantidad de horas de la actividad y restando el TC y el TNP

TC → informado x personal de obra
TNP → observado el día de la visita.

Diligenciado x
Luis Fernando Barrón

Fuente propia

iii. Recopilación de requisitos formatos:

Durante el acercamiento al personal el 29 de septiembre de 2020, la obra manifestó que, aunque los formatos son acordes con el proceso de obra, se podrían mejorar para hacer su diligenciamiento más sencillo, en mesa de trabajo de 05 de octubre de 2020 se consolidaron las observaciones que se enuncian a continuación:

- En el formato "CONTROL DE RENDIMIENTOS DIARIOS" se solicita modificar la periodicidad del mismo, convirtiéndolo en "CONTROL DE RENDIMIENTOS SEMANALES", se deberá dejar las columnas de "CANTIDAD PROGRAMADA Y EJECUTADA DÍA" la cual quedará formulada para que proratee el rendimiento semanal esperado y el ejecutado
- Se acuerda con el personal en obra que las mediciones se realizaran en unidades de apartamentos ya que la programación se encuentra por pisos. Como acción de mejora se propone la creación de un formato adicional en donde si la obra así lo requiere se podrá diligenciar con mayor nivel de detalle cada actividad por apartamento, este formato será complementario al control

de rendimientos semanales y su estructura será a modo de check list. La obra solicita que a pesar de que el alcance del presente proyecto es solo la fase de estructura, se incluya en el formato de “RENDIMIENTOS SEMANALES POR APARTAMENTO” las actividades de obra gris y acabados para que el formato pueda ser utilizado en cualquier momento del proyecto.

- En el formato “PROGRAMACIÓN INTERMEDIA”, se solicita cambiar el nombre del numeral 5 (Atraso aprox. por Restricciones [días]) por “Atraso aprox. por predecesoras [días]” ya que la palabra restricciones se repite más adelante en el formato y se puede prestar para confusión
- Se sugiere agregar al formato “ACTA DE REUNIÓN - LAST PLANNER” una columna de cumplimiento para eliminar el formato “FORMATO CUMPLIMIENTO PROGRAMACIÓN SEMANAL” ya que se repite la misma información.

ANÁLISIS DE DATOS

i. Registro oportunidades de mejora

Luego de la visita inicial el 21 de septiembre de 2020, se realizó seguimiento el 29 de septiembre y el 05 de octubre de 2020 en donde se evidenciaron las siguientes acciones de mejora adoptadas por la obra:

Figura 21 Nueva ubicación de la formaleta



Fuente propia

Figura 22 Traslado de burros de acero para mejor acceso al material



Fuente propia

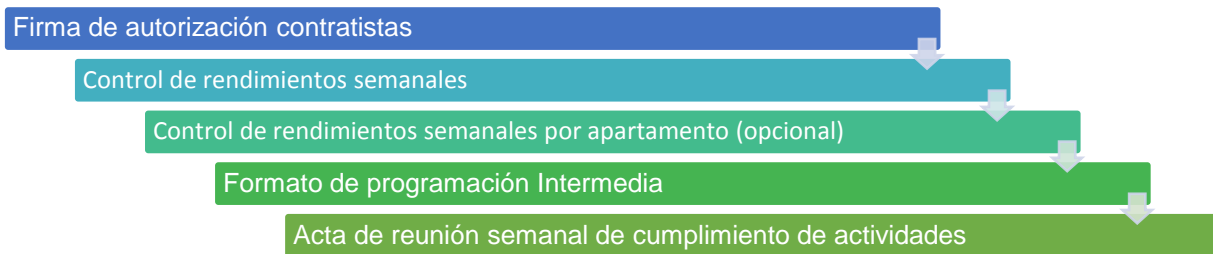
Figura 23 Ubicación de malla sobre estibas



Fuente propia

RESULTADO PROCEDIMIENTO PARA IMPLEMENTACIÓN LEAN CONSTRUCTION

Después de realizada la conciliación de formatos con la obra se genera un nuevo flujograma de procesos en el que evidencian las mejoras realizadas a partir de la recopilación de requisitos realizada a la obra:



Así mismo a los formatos se les aplicaron las modificaciones solicitadas dando el siguiente resultado:

Figura 24 Formato final "Autorización Lean Construction"


FT-LC-01

Fecha: _____ Ciudad: _____

Obra: _____

AUTORIZACIÓN LEAN CONSTRUCCIÓN

Por medio del presente fomato se autoriza a aplicar a realizar las mediciones de productividad que se consideren necesarias y a cumplir los compromisos fijados en las reuniones semanales de "Last Planner", entendienddo que el no cumplimiento de los mismos acarrearara tareas en obra adicionales que se estableceran durante cada reunión.

(1) CONTRATISTA	(2) ACTIVIDAD CONTRATISTA	(3) NOMBRE ENCARGADO	(3) DOCUMENTO ENCARGADO	(3) CARGO ENCARGADO	(4) FIRMA


En constancia de lo aquí consignado y en nombre del contratante fima

DIRECTOR DEL PROYECTO

GERENTE DEL PROYECTO

Elaboración propia

Figura 29 Formato final "Formato de calificación PAC"

	FORMATO CALIFICACION PAC			FT-LC-06
	Fecha Revisión:			
(1) Contratista	(2) Actividades	(3) Calificación (1 si cumplio el 100% - 0 si no)	(4) Promedio Contratista	(5) Calificación (OK > 75% - NO < 74%)

Elaboración propia

7. CONCLUSIONES

- En la fase de recolección de información sobre el estado actual de los procesos constructivos de la etapa de estructura del proyecto La Senda se pudo evidenciar que existen áreas susceptibles de mejora para lograr mejores resultados en los tiempos de ejecución, estas son ignoradas por el personal en obra ya que se acostumbra a pensar que como las cosas funcionan como siempre se han hecho, no hay necesidad de analizar ni mejorar nada.
- Al identificar y recopilar las oportunidades de mejora, se generó un canal de comunicación con los responsables de construcción, quienes reconocieron que con acciones relativamente sencillas (como ubicar el acero cerca de la estructura) se podría eliminar el tiempo de trasiegos y mejorar el rendimiento de armado de los contratistas. Estas acciones son la base de la metodología lean que busca optimizar tiempos y recursos mediante una planeación adecuada de la obra y un análisis constante del avance del proyecto para mantener en el radar todas las posibles causas de retrasos y adelantarse a ellas para que no se materialicen.
- Se obtuvo una respuesta favorable por parte de la obra a la hora de presentar el procedimiento inicial de “Lean Construction” ya que, al haber generado puntos de mejora en sitio, se logró evidenciar la importancia de implementar nuevas metodologías en la construcción, de esta manera se trabajó en conjunto con el personal del proyecto diligenciando los formatos de campo.
- Se recopilaron requisitos identificando las necesidades del proyecto para mejorar los formatos, como resultado se obtuvo un procedimiento adecuado para implementar la metodología Lean Construction. se redactó la guía para proyectos VIS y se realizó entrega formal al proyecto de la misma para su uso en adelante.

En el siguiente cuadro se presentan de manera resumida las mejoras obtenidas en el proceso de elaboración del presente trabajo:

Tabla 4 Resumen Fases Proyecto

FASE	PROCESO	RESULTADO
Recolectar información	Se realizó verificación de estado del proyecto (avance) y seguimiento in situ a la fase de estructura evidenciando áreas susceptibles de mejora en obra	<ul style="list-style-type: none"> - Proyecto adelantado de acuerdo a programación - Mayores tiempos de ejecución por mala disposición de materiales de construcción - Deterioro de materiales por malas condiciones de acopio

Identificar Mejoras	Se verificaron las áreas susceptibles de mejora y se generaron una serie de sugerencias para implementar. Posteriormente se procede a socializar resultados y presentar la propuesta metodológica de implementación de "Lean Construction"	<ul style="list-style-type: none"> -Se sugiere reubicar formaleta para evitar trasiegos y mejorar tiempos de armado (Implementado) - Se verifica las condiciones del acero y se sugiere ubicar los burros lo más cercano posible a la estructura (Implementado) - Se sugiere ubicar malla electrosoldada sobre estibas para evitar deterioro del material y posibles reprocesos y sobre costos (Implementado) - Se socializa con obra los formatos "Lean" y se diligencian los formatos escogidos por el proyecto como ejemplo
Implementación de metodología	Se recopilaron datos de las necesidades de obra para ajuste de formatos,	-Los formatos se adaptan al levantamiento de requisitos y se redacta la guía.

Elaboración propia

El procedimiento adecuado para la para la implementación se puede observar en el **ANEXO 1**.

Como anotación final se tiene que cuando habla de construcción sin pérdidas se abarcan diferentes aspectos, uno de estos es el tiempo, el cual fue el objeto de estudio del presente proyecto, sin embargo "Lean Construction" es una metodología compleja que puede ser implementada desde la planeación del proyecto definiendo las rutas más adecuadas de descargue de materiales y en la ejecución del proyecto para análisis de desperdicio de materiales, por lo que se sugiere tomar el presente documento como punto de partida para nuevos documentos que pretendan estudiar la metodología Lean más a profundidad.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, Luis; Salvatierra, José; Rodríguez, Ignacio; Lagos, Camilo;. (2017). *Lean Construction: Manual Práctico de Herramientas de Mejoramiento de Construcción*. Santiago.
- Aranguren, Diego; Quiroga, Oscar; Solano, Edgar Y Ortiz Carlos. Evaluación de la aplicación de la metodología Last Planner en proyectos de interés prioritario utilizando herramientas informáticas. Trabajo de grado Gerencia de obras. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. 2019. 5 p.
- Ardila, N. R. (11 de 09 de 2008). *Estrategias para la gestión en el sector constructor*. Recuperado el 01 de 05 de 2019, de <https://search-proquest-com.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/docview/334430257?accountid=45660>.
- Aureliano, F. d., Costa, A. A., Júnior, I. F., & Rodrigues, R. A. (2019). Application of lean manufacturing in construction management. *29th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing*. Limerick, Irlanda.
- Aziz, R. F., & Hafez, S. M. (2013). Applying lean thinking in construction and performance improvement. *Alexandria Engineering Journal*, 52, 679-695.
- Babalola, O., Ibem, E. O., & Ezema, I. C. (2019). Implementation of lean practices in the construction industry: A systematic review. *Building and Environment*, 148(1), 34-43.
- Ballard, G., & Howell, G. (2004). Competing construction management paradigms. *Lean Construction Journal*, 38-45.
- Ballard, G., & Howell, G. (2004). Competing construction management paradigms. *Lean Construction Journal*, 1(1), 38-45.
- Ballard, G., & Vaagen, H. (2017). Project flexibility and lean construction. *Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 589-596.
- Ballard, H. G. (2000). *The Last Planner System of production control*. Salford: Tesis doctoral, School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham.
- Bascoul, A & Tommelein, I. Visualizing daily on-site space use. 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). 2017, Vol 2. Pp 597.
- Bascoul, A; Tommelein, I; Tillmann, P & Muxen, S. Towards Facility Management participation in design: A UCSF case study. 26th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction (IGLC). 2018. Pp 505-513.
- Botero, L. F., & Villa, M. E. (2003). Identificación de Pérdidas en el Proceso Productivo de la Construcción. *REVISTA Universidad EAFIT No. 130*, 65-78.
- Botero, L. F., & Villa, M. E. (2005). Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción. *Ingeniería y Desarrollo*, 17, 148-159.
- Campero, M., & Alarcon, L. F. (2008). *Administración de proyectos civiles*. Santiago De Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.

- Cepeda, Nelson Fabián. Modelo conceptual para la creación de una empresa constructora bajo el enfoque Building Information Modeling y Lean Construction caso de estudio Sogamoso – Boyacá. Trabajo de grado Gerencia de obras. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. 2019. 43 p.
- Ciria, L. D. (22 De Julio De 2016). 'Lean Construction', La Edificación Eficiente Llega A La Vivienda: Basado en un método de la industria del automóvil, supone eliminar las pérdidas que se producen durante un proyecto inmobiliario, obteniendo un producto mejor y más barato. *El Mundo*, pág. 5.
- Díaz, H. P., Rivera, O. G., & Guerra, J. A. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. *AVANCES Investigación en Ingeniería - No. 1, Vol. 11*, 32-53.
- Fernández, A. D., Cárdenas, L. F., & Armiñana, E. P. (2011). La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador. *Revista de Obras Públicas*, 158, 34-44.
- Gómez, S; Bishop, B; Ballard, G; Saenz, M & Tommelein, I. An active caring approach through psychological safety in construction projects. 27th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction (IGLC). 2019. Pp 1037-1048.
- Gračanina, D., Ćirić, D., Lalić, B., Ćurčić, J., & Tasić, N. (2019). The impact of lean improvements on cost-time profile. *29th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing*. Limerick, Irlanda.
- Hamzeh, F; Saab, I; Tommelein, I & Ballard, G. Understanding the role of “tasks anticipated” in lookahead planning through simulation. *Automation in Construction*. 2015, Vol 49. Pp 18-26.
- Hoyos, M. F., & Botero, L. F. (2018). Evolución e impacto mundial del Last Planner System: una revisión de la literatura. *Ingeniería y Desarrollo*, 36(1), 188-214.
- Koskela, L. (1992). *Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción*. Stanford: Universidad de Stanford.
- Koskela, L; Arroyo, P & Ballard, G. Designing as a Court of Law. 26th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction (IGLC). 2018. Pp 614-624.
- Koskela, L., & Howell, G. (2002). The theory of project management- explanation to novel methods. *Proceedings of the 10th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Gramado, Brasil.
- Koskela, L., Ferrantelli, A., Niiranen, J., Pikas, E., & Dave, B. (2019). Epistemological Explanation of Lean Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 145, 1-10.
- Koskela, L; Tezel, A & Patel, V. Theory of quality management: ITS origins and history. 27th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction (IGLC). 2019. Pp 1381-1390.
- Luna, Jessica Juliet Y Parra, Tatiana Lisveth. Diseño De Metodología Lean Construction Bajo Lineamientos Gerenciales Para La Optimización De Recursos En La Empresa Ardisek. Trabajo De Grado Gerencia De Obras. Bogotá D.C.: Universidad Católica De Colombia. Facultad De Ingeniería.

2019. 8p.
- Planeacion, S. D. (n.d.). *Secretaria Distrital De Planeacion - Plan Parcial La Felicidad*. Retrieved 10 28, 2020, from <http://www.sdp.gov.co/gestion-territorial/planes-parciales-de-desarrollo/planes/la-felicidad>
- Martínez, E; Tommelein, I & Alvear, A. Integration of lean and information technology to enable a customization strategy in affordable housing. 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). 2017, Vol 2. Pp 95-102.
- Murata, K; Tezel, A; Koskela, L & Tzortzopoulos, P. Source of waste on construction site: a comparison to the manufacturing industry. 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). 2018. Pp 973-981.
- Pikas, E; Koskela, L; Oehmen, J & Bhargava, D. From checklists to design process support systems: Initial framing. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). 2019. Pp 83-96.
- Salazar, L; Retamal, F; Ballard, G; Arroyo, P Y Alarcón, L. Results of indicators from the linguistic action perspective in the Last planner® system. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). 2019. Pp 1241-1250.
- Sánchez, A., Rosa, D., & Benavides, P. (2014). *Implementación del sistema de lean construction para la mejora de productividad en la ejecución de los trabajos de estructuras en obras de edificación de viviendas*. Cusco: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- Steinhaeusser, T; Elezi, F; Tommelein, I & Lindemann, U. Management cybernetics as a theoretical basis for lean construction thinking. *Lean Construction Journal*. 2015. Pp 01-14.
- Tezel, A., Koskela, L., & Aziz, Z. (2017). Lean construction in small-medium enterprises (SMES): an exploration of the highways supply chain. *Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 2, 845-851.
- Tezel, A; Koskela, L & Aziz, Z. Lean thinking in the highways construction sector: motivation, implementation and barriers. *Production Planning and Control*. 2018, Vol 29, nro 3. Pp 247-269.
- Tzortzopoulos, P; Ma, L; Soliman, J Y Koskela, L. Evaluating Social Housing Retrofit Options to Support Clients' Decision Making—SIMPLER BIM Protocol. *Sustainability*. 2019, Vol 11. Pp 1-21.

ANEXO 1



PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION PARA PROYECTOS DE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN LA FASE DE ESTRUCTURA



ELABORADO POR: Ing. Sonia Yaneth López Pérez
Ing. Andrea Pauline Gualdrón Quiroga

Introducción

Lean Construction" está definido idealmente como una "Construcción sin pérdidas" y basa su filosofía en el sistema de producción de Toyota implementado en los años 80 en donde su objetivo es reducir o "eliminar pérdidas en los procesos de producción" siendo estas pérdidas lo que no agrega valor a la entrega del producto final al cliente. Siguiendo este sistema en el año 1992, Lauri Koskela en su libro "Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción" donde adapta los conceptos básicos de la "manufactura sin pérdidas".

Esta propuesta integra los lineamientos generales de la metodología Lean Construction, permitiendo su aplicación en la construcción de vivienda de interés social, tomando como referencia el proyecto en ejecución "La Senda" ubicado en la ciudad de Bogotá específicamente en el sector conocido como "La Felicidad", en el cual se identificaron las oportunidades de mejora en el proyecto.

Justificación

En aras de cambiar la cultura del "desperdicio" por una que responsablemente integre todos los elementos que componen la construcción con el fin de maximizar el valor de los procesos constructivos y reducir el nivel de incertidumbre que se tiene a la hora de ejecutar un proyecto para obtener los resultados esperados en términos de tiempo, costo y calidad, el propósito de esta guía se centra en generar una propuesta de aplicación de la metodología "Lean Construction" para proyectos "VIS", mediante la identificación de oportunidades de mejora en un caso de estudio.

Objetivo

Presentar un proceso para la implementación de la metodología Lean Construction en proyectos de vivienda de interés social mediante el estudio de oportunidades de mejora en la fase de estructura del proyecto.

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRAS
551458—551460



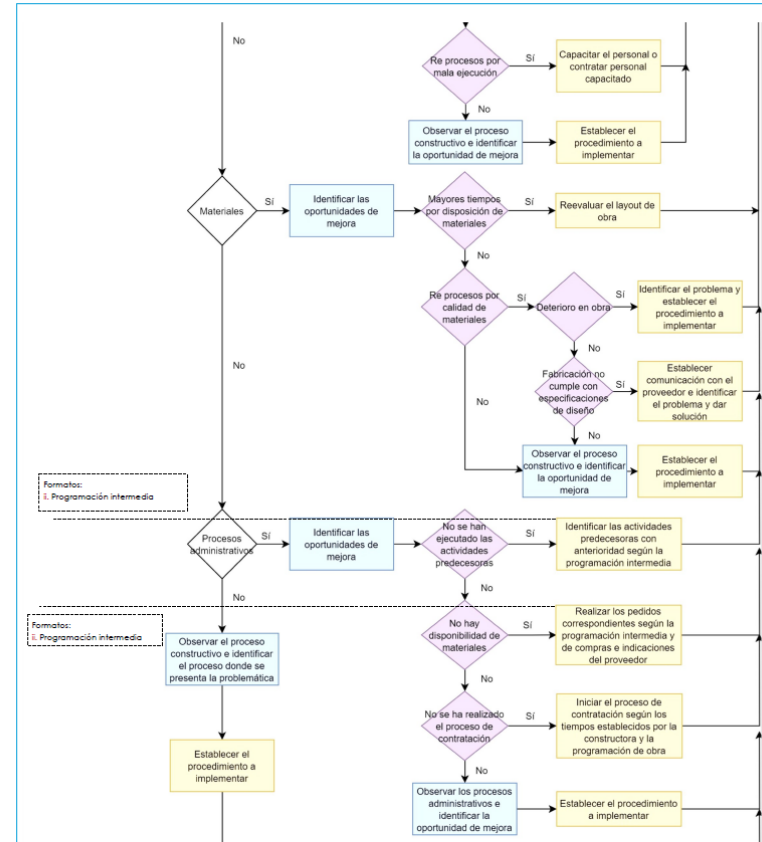
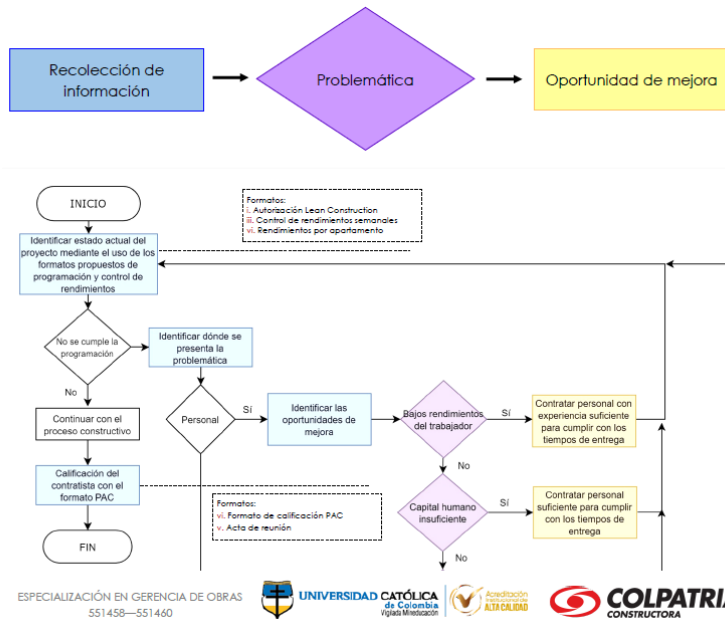
UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada por el Ministerio de Educación



Procedimiento

El procedimiento propuesto para la implementación de la metodología Lean Construction en la constructora Colpatría para proyectos de Vivienda de Interés Social se desarrolló como resultado de un proceso de observación que se realizó en el proyecto La Senda, por lo que se hace énfasis en las oportunidades de mejora que se presentaron durante la ejecución de la primera fase de construcción, dando a entender que estas no son las únicas que se pueden presentar y sí se pueden identificar otras problemáticas y dar solución a estas.

Aunque se ve como un proceso largo, se podría considerar que consta de tres pasos que se repiten continuamente.



Para lograr la correcta implementación de la metodología y el procedimiento propuesto, este se debe complementar con el uso de varios formatos para la recolección de información.

iii. CONTROL DE RENDIMIENTOS SEMANALES

Este formato es el primer paso para la implementación de la metodología, en él se realizará el muestreo de trabajo para determinar acciones a tomar, la periodicidad será semanal.



FT-LC-02

CONTROL DE RENDIMIENTOS SEMANALES

(1) ACTIVIDAD	(2) DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	(3) UNIDAD DE MEDIDA	(4) PERSONAL A CARGO DE LA ACTIVIDAD	(5) FECHA INICIO	(5) FECHA FIN	(6) TIEMPO CONTRIBUTIVO (TC)	(7) CANTIDAD PROGRAMADA SEMANA	(8) CANTIDAD EJECUTADA SEMANA	(9) CANTIDAD PROGRAMADA DÍA	(10) CANTIDAD EJECUTADA DÍA
1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10

- (1) Actividad que se va a realizar, por ejemplo, columnas en concreto reforzado
- (2) Información más detallada sobre la actividad, por ejemplo, los ejes en los que se van a trabajar, materiales a utilizar
- (3) Unidad en la que se va a medir la actividad, por ejemplo, un, m, m2, m3, Kg, entre otras, según lo indique la programación
- (4) Trabajador responsable o encargado de ejecutar la actividad
- (5) Fecha de inicio y fin en los que se ejecuta la actividad
- (6) Tiempo que el trabajador dedica a realizar las actividades necesarias para que se realicen las actividades productivas
- (7) Cantidad que se programa para que el contratista ejecute durante la semana
- (8) Cantidad ejecutada durante la semana por parte del contratista
- (9) Cantidad que se programa para que el contratista ejecute durante un día
- (10) Cantidad ejecutada durante el día por parte del contratista



iv. RENDIMIENTOS POR APARTAMENTO

Este formato nos permite llevar control del rendimiento de los trabajadores por apartamento y por actividad, pues funciona a manera de check list, garantizando que se evalúen todas las actividades.

FECHA	ACTIVIDAD (check list)	UNIDAD	CONTRATISTA A CARGO DE LA ACTIVIDAD	FECHA INICIO	FECHA FIN	TIEMPO CONTRIBUTIVO (TC)	CANTIDAD PROGRAMADA SEMANA	CANTIDAD EJECUTADA SEMANA	CANTIDAD PROGRAMADA DÍA	CANTIDAD EJECUTADA DÍA
	Estructura y obra gris									
	Muro	M2								
	Pisca	M2								
	Banera-asido	M2								
	Mampostería Fachada e interna	M2								
	Tendido tubería	M								
	Protecciones	M								
	Sonido de tubería	M								
	Alambrado	M								
	Instalación aparatos	UN								
	Tendido tubería presión	M								
	Protecciones Hidrosanitarias	UN								
	Instalación de (x) sanitarios	M								
	Acabados									
	Pavos Baños	M2								
	Escaleras Baños	M2								
	Instal. puertas de paso y acceso-país	UN								
	Instal. Aparatos sanitarios	UN								
	Instal. Mesón cocina y lavadero	UN								
	Maneta y Asador blanca	M2								

- (1) Fecha en la que se ejecuta la actividad
- (2) Actividad que se va a realizar
- (3) Unidad en la que se va a medir la actividad
- (4) Contratista responsable o encargado de ejecutar la actividad
- (5) Fecha de inicio y fin en la que se ejecuta la actividad
- (6) Tiempo que el trabajador dedica a realizar las actividades necesarias para que se realicen las actividades productivas
- (7) Cantidad que se programa para que el contratista ejecute durante la semana
- (8) Cantidad ejecutada durante la semana por parte del contratista
- (9) Cantidad que se programa para que el contratista ejecute durante un día
- (10) Cantidad ejecutada durante el día por parte del contratista



¿CÓMO SÉ QUE LO ESTOY HACIENDO BIEN?

El primer paso para darnos cuenta que lo estamos haciendo bien, es cuando los tiempos de la programación de obra se están cumpliendo.



¿PUEDO SEGUIR SIN RECOLECTAR INFORMACIÓN?



Cuidado! el hecho de que se esté cumpliendo la programación no implica que se pueda dejar de recolectar información, pues las condiciones de obra no son constantes y pueden afectar nuevamente los tiempos de ejecución. Se debe tener en cuenta que a medida que avanza la obra la disposición de los materiales cambia y los contratistas no cuentan siempre con los mismos

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE DILIGENCIAR LOS FORMATOS?

La información que se consigna en estos formatos es importante durante el proceso constructivo porque se puede procesar inmediatamente permitiendo analizar y detectar errores y oportunidad de mejora. También es importante para definir procesos de análisis y control de las actividades estableciendo buenas prácticas de construcción. Además, sirve como banco de información para quienes realizan la línea base de los proyectos.



¿POR QUÉ LEAN CONSTRUCTION ES IMPORTANTE PARA LA GERENCIA DE OBRAS?



Esta metodología nos permite construir procesos de seguimiento y control de calidad optimizando los diferentes recursos y permitiendo hacer el seguimiento a diferentes proyectos sin importar la complejidad en el proceso constructivo, lo que se asemeja en el Pmbok a "La triple restricción", en la cual se busca un equilibrio entre presupuesto, tiempo de ejecución y calidad del producto.