



**BUAP**

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

Facultad de Ingeniería

Secretaría de Investigación Estudios de Posgrado

**EFICIENCIA DE LA METODOLOGÍA LAST PLANNER COMO  
HERRAMIENTA DE PLANEACIÓN EN EDIFICACIONES**

**TESINA**

Para obtener el grado de:

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA**

**CON OPCIÓN TERMINAL EN CONSTRUCCIÓN**

Presenta:

**ING. DAVID JONATHAN RAMALES MORALES**

Asesor de tesina:

**M.I. CARLOS BUSTOS MOTA**

Puebla, Pue.

Junio 2020



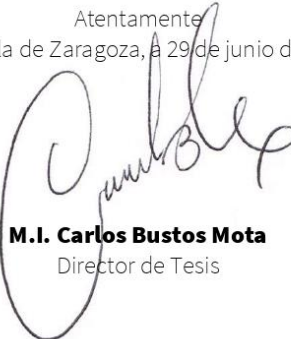
**M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández**

Director de la Facultad de Ingeniería, BUAP  
Presente.

El que suscriben, maestro en ingeniería Carlos Bustos Mota, en calidad de Director de la presente Tesis titulada: "EFICIENCIA DE LA METODOLOGÍA LAST PLANNER COMO HERRAMIENTA DE PLANEACIÓN EN EDIFICACIONES", para obtener el Grado de Ingeniería con Opción Terminal en Construcción, que presenta el Ing. David Jonathan Rames Morales; no tengo inconveniente en autorizar la impresión de la Tesis citada, al cumplir con las revisiones necesarias para su terminación.

Lo que hago de su conocimiento para los efectos académicos a que haya lugar, y sin más por el momento, nos despedimos de usted.

Atentamente  
H. Puebla de Zaragoza, a 29 de junio de 2020



**M.I. Carlos Bustos Mota**  
Director de Tesis

C.c.p. Interesado

## DEDICATORIA

*A mis padres, Pati y Héctor, que me han apoyado  
desde siempre en todo lo que he realizado.  
Sin ellos no habría podido conseguir  
nada de lo que he logrado.*

## AGRADECIMIENTOS

*En primer lugar, agradezco todo a mis padres que me han dado todo en la vida. Siempre he recibido su apoyo incondicional, por los valores que me ha inculcado y sobre todo su amor y cariño.*

*También doy la gracias a mi tío Víctor por apoyarme desde pequeño y sobre todo durante estos últimos años que he estado trabajando con él. A mis padrinos, Rocío y Miguel, que siempre me han ayudado cuando los he necesitado. Además, a mi prima Lolita y a su familia por su afecto y ejemplo de perseverancia.*

*Al Dr. Carlos Bustos Mota asesor de tesina, que ha tenido la amabilidad de compartir su conocimiento, tiempo, experiencia. Gracias también por su comprensión y ayuda durante toda la maestría.*

*A mis amigos Karfer, Karina, Ruth, Xavier, Daniel, Kike, Sergio, Esteban, Ramiro, Armando, Oziel y Samuel ya que cada uno de ellos me ha brindado su apoyo durante todo el proceso. Gracias por su amistad, motivación, compañía y palabras de aliento cuando lo necesite.*

*Y en especial a mi hermano Miguelito, que aunque yo sea mayor, siempre ha sido un ejemplo para mí. Te quiero.*

## INDICE

|   |      |
|---|------|
| RESUMEN Y ABSTRAC .....   | VIII |
| INTRODUCCIÓN .....  | IX   |
| MARCO TEÓRICO.....  | 11   |
| CAPÍTULO I. PLANEACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN .....   | 13   |
| 1.1.- Importancia de la planeación estratégica en la gestión de proyectos para la industria de la construcción..... | 14   |
| 1.2.- Técnicas y metodologías tradicionales de gestión de proyectos .....   | 17   |
| 1.2.1.- Diagrama de Gantt .....   | 19   |
| 1.2.2.- Metodología CPM en construcción .....   | 21   |
| 1.2.3.- Método PERT y ROY.....  | 23   |
| 1.2.4.- Método <i>Work Breakdown Structure</i> .....  | 24   |
| 1.2.5.- Problemas con la planeación tradicional .....   | 25   |
| 1.3.- Nuevos métodos de planeación en la construcción .....   | 27   |
| 1.4.- La filosofía del <i>Lean Construction</i> .....   | 29   |
| 1.4.1.- Antecedentes que promovieron la filosofía .....   | 31   |
| 1.4.2.- <i>Lean production</i> y <i>Lean construction</i> .....   | 32   |
| 1.4.3.- Principios y herramientas del <i>Lean Construction</i> .....  | 35   |
| CAPÍTULO II. LA METODOLOGÍA <i>LAST PLANNER</i> COMO FORMA DE ABORDAR EL <i>LEAN CONTRUCTION</i> .....              | 38   |
| 2.1.- Fundamentos metodológicos de <i>Lean Construction</i> en el <i>Last Planner</i> .....                         | 40   |
| 2.2.- Evolución del <i>Last Planner System</i> .....  | 42   |
| 2.3.- Metodología del sistema <i>Last Planner</i> .....   | 45   |
| 2.3.1.- Programa maestro .....  | 50   |
| 2.3.2.- Planificación intermedia.....   | 52   |
| 2.3.3.-Planificación semanal. ....  | 57   |

|  |     |
|--|-----|
| 2.4.- Indicadores propios de la metodología <i>Last Planner</i> .....  | 59  |
| 2.5.- Prerrequisitos y restricciones del LPS .....   | 63  |
| CAPÍTULO III. APLICACIÓN DEL SISTEMA <i>LAST PLANNER</i> COMO METODO DE PLANEACIÓN EN LA EDIFICACIÓN MEXICANA .....                          | 65  |
| 3.1.- La industria de la construcción en México .....  | 66  |
| 3.2.- Sistemas de planeación de proyectos de construcción más implementados en México.....   | 70  |
| 3.3.- Implementación de la construcción <i>Lean</i> en México.....   | 74  |
| 3.4.- Capacitación e implementación de metodologías de gestión de proyectos de construcción .....  | 78  |
| 3.5.- LPS aplicado en la programación de obras civiles en México .....   | 81  |
| 3.6.- Ejemplos extranjeros de implementación del LPS .....   | 83  |
| 3.7.- Pérdidas y variabilidad en la industria de la construcción mexicana.....   | 84  |
| CAPÍTULO IV. COMPARATIVA DE LA EFICIENCIA DE MÉTODOS TRADICIONALES DE PLANEACIÓN CONTRA EL SISTEMA <i>LAST PLANNER</i> EN EDIFICACIONES..... | 90  |
| 4.1 Comparación durante el ante proyecto de la obra .....  | 90  |
| 4.2 Aplicación del programa de obra realizado con sistema tradicional y sistema <i>Last Planner</i> .....                                    | 95  |
| 4.3 Comparación control de la obra durante la realización de esta .....  | 99  |
| 4.4 Comparación de tiempo de ejecución de la obra con cada método.....   | 101 |
| 4.5.- Eficiencia de la metodología <i>Last Planner</i> como herramienta de planeación en edificaciones .....                                 | 107 |
| CONCLUSIONES.....  | 112 |
| BILIOGRAFÍA.....   | 114 |

## RESUMEN Y ABSTRAC

El presente trabajo es el proyecto final para obtener el grado de maestro en construcción, consistió en desarrollar una investigación del proceso de planeación en la construcción de edificaciones, comparando el método tradicional, que es el más utilizado en nuestro país, contra la nueva metodología de planeación *Last Planner System* (último planeador) que proviene de la filosofía *Lean Construction*. Estos nuevos métodos forman parte de una nueva tecnología que facilitan todos los procesos constructivos, reduciendo así los costos y el tiempo de ejecución. En este informe se describen los problemas que existen para implementar estas técnicas, pero también ofrecen muchas ventajas que se reflejan en una mejora total en desarrollo de las construcciones.

Una de las conclusiones a la que se llegó fue que para poder implementar esta disciplina es necesario tener la capacidad de abrir nuestro panorama a cosas nuevas, que ya han comprobado su eficacia en otros lugares, y capacitar al personal para que pueda comprender y llevar a cabo su trabajo con calidad al tener una mejora continua en el desarrollo de sus procesos.

*The present record is the final project to obtain master's degree in construction, it consisted of developing an investigation of the planning process in the construction of buildings, comparing the most used method in our country against the new planning methodology Last Planner System, it belongs to Lean Construction philosophy. These new methods are part of a new technology that facilitate all construction processes, so it could reduced costs and execution time. This report describes the problems that exist to implement these techniques, but also that offer many advantages that are reflected in a total improvement in construction development.*

*One conclusions was reached was that in order to implement this discipline it is necessary to have the ability to break our prospect to new things, which have already proven their effectiveness in other sites, and to train staff so that they can understand and take It carries out their work with quality by having continuous improvement in the development of their processes.*

## INTRODUCCIÓN

La situación actual de la industria de la construcción exige nuevas herramientas y tecnologías que le permitan ser más rentables, esto se manifiesta cuando el ingeniero civil se enfrenta desafíos poco comunes en los procesos constructivos, ya sea en tiempo de término de la obra pero manteniendo la calidad de la misma optimizando el proceso, así como los recursos que tiene a su disposición, situación que se logrará a través de una adecuada gestión, supervisión, ejecución y control de los proyectos, y para ello, surge la filosofía *Lean Construction*, que se basa en cero pérdidas, esta filosofía ha sido planteada en otras industria dando excelentes resultados.

Así es como surge el *Last Planner System*, uno de los referentes principales de la filosofía *Lean Construction* que busca controlar la variabilidad asegurando el cumplimiento de las actividades tal como se planearon desde el principio tomando en cuenta la filosofía de construcción sin pérdidas.

Lamentablemente es una metodología que puede considerarse de reciente creación, cuya implementación enfrentará una serie de obstáculos que si no se logra dar una correcta difusión de sus beneficios y virtudes, podría tardar aún más en ser parte de la gran mayoría de procesos de programación de obras, es por esto que con el objetivo de dar soluciones y expandir la difusión de metodologías innovadoras a la industria de la construcción, se desarrolla la presente investigación, estructurada en cuatro capítulos, comenzando con un marco teórico cuyo objetivo es el de abordar el tema de la planeación y del peso que tiene en la gestión de proyectos en la industria de la construcción.

Haciendo un análisis de las metodologías y técnicas tradicionales como el diagrama de Gantt y la Ruta Crítica, resaltando sus beneficios, pero sobre todo las limitaciones que presenta, para posteriormente presentar al lector la filosofía del *Lean Construction* y una breve reseña del camino que ha tenido que atravesar esta ideología para poder colocarse entre las preferidas en la diferentes industrias a través del *Lean Production*; para el

segundo capítulo se aborda uno de los referentes principales del *Lean Construction* que es el *Last Planner System*.

En el tercer capítulo se analizan los fundamentos metodológicos del LPS, su evolución y los elementos que lo constituyen, así como los indicadores que permiten hacer las debidas mediciones que permitan verificar la efectividad del modelo, para finalmente abordar los conceptos de prerrequisitos y sobre todo de restricciones, éstos últimos más importantes, ya que son aquellos que evitan que la obra llegue a su meta en cuanto a tiempo y costos. Para el tercer apartado se abordará el marco contextual, que en México, a pesar de ser limitada, existen varias organizaciones que coadyuvan en la difusión de esta metodología, buscando que su implementación cada vez sea mayor.

Para el cuarto y último capítulo se realiza ya una comparativa en diferentes conceptos que forman parte de la programación de cualquier obra, en primer lugar el ante proyecto, después el programa de obra realizado, el tema del control de la obra y finalmente el factor tiempo de ejecución, cabe aclarar que la metodología con la que compara el LPS en este capítulo es el de la Ruta Crítica, tomando en consideración diferentes trabajos de implementación, por lo que se toman en cuenta diferentes ópticas y vertientes que sirven para comparar los resultados de varias implementaciones a nivel internacional.

A través de esto último se va a lograr presentar un compendio de restricciones, complicaciones, observaciones, sugerencias en el proceso de implementación de la metodología de *Last Planner System*, lo que coadyuvará no solo en un entendimiento teórico, sino en materia de aplicación práctica.

## MARCO TEÓRICO

La industria manufacturera ha sido el modelo por seguir en la aplicación de las innovaciones que se han realizado en la construcción. La producción Industrial actual ha tenido un gran impacto con el desarrollo de nuevas metodologías como *Lean Production* o Producción Sin Pérdidas. Uno de los ejemplos más notables es el de la industria automovilística (Ballard, 2000).

Al tomar como referencia el modelo de *Lean Production*, a principios de los 90, el *International Group of Lean Construction* (IGLC) desarrolla un nuevo referencial teórico denominado *Lean Construction* o Construcción Sin Pérdidas. Este nuevo sistema de construcción fue propuesto por Koskela (1992). En esta metodología existen herramientas que tiene por objeto reducir pérdidas, mediante el proceso de planeación. Una de estas herramientas de planificación y control fue diseñada por Ballard (Ballard, 2000) denominado *Last Planner System* (LPS) o Sistema del Último Planificador.

Este sistema, toma la base de un enfoque jerárquico de mando y control en la gestión de proyectos. Donde se busca optimizar el proyecto al minimizar el tiempo y el costo necesario para ejecutar cada tarea de manera independiente (Pons, 2014).

La planificación tradicional con los métodos de ruta crítica no controla la variabilidad. En cambio, el LP puede entenderse como un mecanismo de transformación al agregar un componente de control de la producción a la gestión tradicional de proyectos. Esto gracias al desarrollo de planes de trabajos semanales a través de asignaciones. De esta manera, la organización de la obra es previsible, ya que se cuenta con una mejor secuencia de trabajo y se optimiza el tiempo en los procesos.

Durante los últimos años, investigadores han unido esfuerzos para investigar las implicaciones de la producción, sin pérdidas en la construcción. Ellos han compartido sus experiencias para sugerir nuevos enfoques, para avanzar hacia una nueva teoría de

producción en la construcción (Alarcón L. , 2007). Tal es el caso del arquitecto colombiano Luis Botero, en conjunto con Camacol, ha dado capacitaciones a importantes empresas constructoras en su país, sobre el tema de LPS. Gracias a estas investigaciones se han obtenido mejoras en los tiempos de entrega y reducción de costos.

## CAPÍTULO I. PLANEACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN

La administración de proyectos es un elemento propio de la gestión que se enfoca al desarrollo de actividades secuencialmente organizadas, con el objetivo de obtener un producto, servicio o en general un resultado, según Torres (2014), la administración de proyectos es la práctica y teoría requeridas para cumplir los objetivos y alcanzar las metas de los proyectos, visualizados por los administradores de proyectos con el propósito de generar resultados esperados en las organizaciones. Se puede considerar que un proyecto tiene vida cuando es concebido, planeado, ejecutado, controlado, monitoreado y cerrado durante un periodo determinado, de modo que cuenta con un ciclo de vida que mientras mejor definido se encuentre, mayor será la rentabilidad<sup>1</sup>.

Como consecuencia de lo anterior, en este primer capítulo será necesario abordar uno de los elementos primordiales en cualquier gestión de proyecto, ya sea en la industria de la construcción o en cualquier otra: La Planeación Estratégica, misma que sienta las bases estructurales en cualquier diseño de proyecto que se pretenda emprender. Además de esto, será importante analizar las técnicas y metodologías que se han venido utilizando previo a la filosofía *Lean Construction*, con el objetivo de englobar una serie de problemas o carencias propias de dichas metodologías.

Para finalmente presentar las nuevas metodologías y cómo es que éstas se guían en base a la filosofía del *Lean Construction*, contemplando una breve reseña de eventos históricos que han dado pie a implementar esta filosofía en las metodologías de planeación de proyectos en la construcción, complementar sus principios y herramientas más importantes con las que cuenta el Ingeniero Civil, y en general todos aquellos beneficiarios de un proyectos bien planeado en cuanto a recursos y a tiempo programado.

---

<sup>1</sup> Beneficios que se han obtenido o se pueden obtener de una inversión que hemos realizado previamente.

## **1.1.- Importancia de la planeación estratégica en la gestión de proyectos para la industria de la construcción**

La planeación resulta ser una de las funciones más importantes del proceso administrativo, Sierra Gómez (2012) la define como el proceso para determinar los objetivos y estrategia de un proyecto, así como la secuencia de actividades y su calendarización, los recursos y la organización requeridos para su realización. Como consecuencia, su importancia radica en que integra planeación de fechas para la realización de actividades, tomando en cuenta que se emplean recursos que implican costos en cada una de las etapas del proyecto, formando en su conjunto un presupuesto base para el logro de objetivos y resultados a los que se compromete todo el equipo de trabajo.

Según Serpell y Alarcón (2001), existen administradores renuentes a una planeación por falta de tiempo o porque consideran que pueden manejar las situaciones a medida que se originan, llevando muchas veces al fracaso del proyecto. Angeli Gutiérrez (2017) comenta que en la industria de la construcción cada proyecto tiene asociado una fecha de inicio y término, las cuales se deben cumplir por contrato, donde llevarlo a cabo en el plazo correspondiente es fundamental para tener las ganancias esperadas.

Una planeación eficiente va a ser la mejor herramienta en materia de incremento de productividad, ya que esto previene retrasos, define mejores secuencias en materia de realización de actividades, conoce los recursos humanos necesarios disponibles, y finalmente coordina múltiples actividades independientes.

Uno de los autores de la industria constructora que aborda el tema de la planeación es Azócar, quien la define como un instrumento que tiene como objeto permitir tomar decisiones racionales y oportunas en base a hechos y posibles repercusiones que las decisiones tomadas puedan acarrear. (Azócar, 1976)

Este autor aporta la siguiente figura:

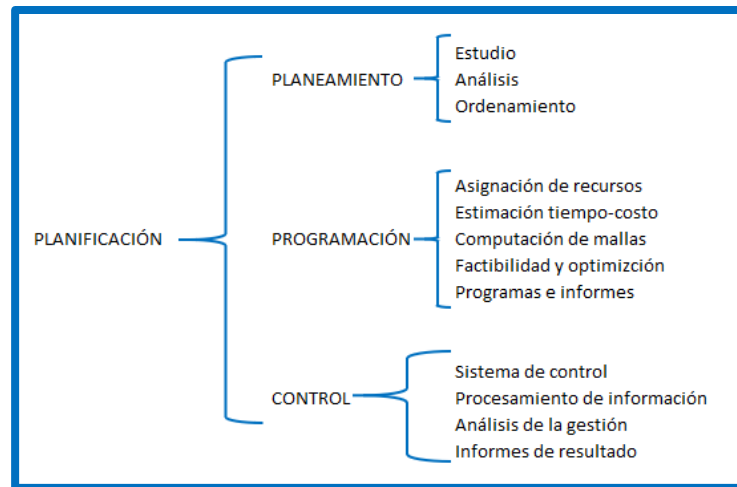


Figura No.1.- Esquema del Concepto de Planeación.

Fuente: "Planificación de Obras" Gregorio Azócar (1976)

En la figura se puede observar cómo el proceso de planeación resulta ser una primera subdivisión del proyecto, en el cual se desea dar a conocer de la manera más apegada a la realidad las condiciones en las cuáles se va a ejecutar la construcción de la obra, de manera que se puedan establecer metas y directrices claras orientadas a la planeación. Sobre las etapas de análisis y ordenamiento dentro de la primera fase de la planificación, Díaz Montecino (2007) comenta que posterior a la fase estudio, se establece con precisión la subdivisión de las partidas y actividades junto con los hitos para establecer el plan de trabajo y determinar las interrelaciones entre actividades, de esta forma si implementara el orden estricto entre ellas, ósea un ordenamiento.

Esta parte introductoria a la planificación demuestra la importancia de reconocer los recursos disponibles, en materia de personal, financiamiento y por supuesto el material requerido. Para posteriormente poder abordar la programación. Reconocida por Luengas como una etapa dirigida a evaluar los planes de trabajo escogidos, determinando el tiempo total que podría demorar la obra, el costo de la misma, y los recursos que serían necesarios utilizar para cumplir con las metas señaladas (Luengas Zuñiga, 2011). Para la realización de la programación de un proyecto es necesario contar con un plan, que contenga con los objetivos que se requiere lograr, y para esto, se debe comenzar por

definir todo lo que involucra el proyecto, dando paso así a la ejecución de este y su construcción a través de la supervisión y seguimiento del proceso constructivo.

Al final, se tiene que desarrollar un monitoreo de la ejecución del proyecto, a fin de que se cuente de manera clara y veraz con información sobre la realidad que se vive en el proyecto, de modo que en la fase de control se van a comparar los datos generados con el programa inicial y se toman acciones para que se puedan mejorar deficiencias producidas, mismas que generan procesos de actualización que darán como resultado programas vigentes.

De modo que la buena gerencia debe estar presente a lo largo de la construcción, desde el estudio de viabilidad, la planeación de lugar de trabajo de construcción, hasta la entrega del proyecto, debiéndose coordinar a las personas y subcontratistas que se encuentran involucrados en cada una de las actividades.

Como consecuencia, hay una característica propia de la planeación que va a sobresalir: La Estrategia. A la cual Carneiro define como la orientación en el actuar futuro, el establecimiento de un fin, en un plazo estimado como aceptable hacia el cual orientar el rumbo empresarial (Carneiro Cadena, 2010). Por otro lado, Drucker, quien es considerado como el padre de la administración moderna, considera que la esencia de la estrategia se encuentra en conocer ¿Qué es nuestro negocio?, y, ¿Qué debería ser? (Drucker, 2007). De manera que existe una marcada orientación a la determinación de metas y objetivos a corto y largo plazo, acciones y asignación de recursos necesarios para el logro de dichas metas a través de la optimización de los mismos.

La planeación estratégica va a partir de una intuición y de una voluntad para que el proyecto de construcción tome forma, crezca, atienda necesidades futuras, aproveche oportunidades que se presenten en el medio ambiente, incremente su productividad, etc. Finalmente, otro punto de vista, alrededor del concepto de planeación estratégica, la promueve Porter (2015), al decir que la planificación estratégica es el camino que guía a

la empresa durante un periodo determinado y la misma está compuesta por estrategias y objetivos estratégicos que permiten el logro eficaz y eficiente de lo planificado.

Esta forma de planeación representa el proceso que consiste en decidir sobre los objetivos del proyecto de construcción, los recursos que planean ser utilizados y las políticas generales que servirán de guía para la administración de los recursos y el tiempo.

Como se analizará en el presente capítulo, el *Lean Construction* se encarga de modificar el pensamiento de la industria constructora, implementando mejores e innovadoras estrategias y formas de llevar a cabo actividades a través de una metodología aplicada en gestión de calidad, planificación de actividades y reducción de pérdidas, así como también en el estudio de mejoras en la realización de los procesos constructivos. Pero antes de abordar esta filosofía es necesario contemplar la metodología tradicional para poder tener un punto de referencia.

## **1.2.- Técnicas y metodologías tradicionales de gestión de proyectos**

Un buen sistema de planificación asegura una mejoría en cuanto a inconvenientes, muchos de los cuales van solucionándose conforme van apareciendo, y si bien es cierto algunos aparecen de forma inesperada, existen otras trabas que resultan predecibles, como la que señala Díaz Montecino (2007) quien dice que: Es recurrente, que los insumos necesarios para ejecutar una actividad no se estén disponibles en la obra momento de requerirlos, lo cual puede ser detectado previamente, ya que se conoce con tiempo anticipado cuándo debe comenzar dicha actividad y qué es lo que se necesita para poder ejecutarla.

A lo largo de muchos años se han aplicado métodos de planificación tradicionales, mismos que han apoyado en el control y gestión de los proyectos, sin embargo, la industria de la construcción ha acarreado cambios en materia de métodos de planificación, por lo que las personas implicadas en la industria, sobre todo los

involucrados directamente en la gestión de los recursos en una obra, deben adaptarse a ellos.

Nieto Morote (2009) comenta que: “La gestión de proyectos, de una manera tradicional, asume la planificación definiendo actividades en un cronograma, antes de comenzar, definiéndolo como lo que DEBE ser ejecutado. Se estima la duración y se organizan secuencialmente, dichas actividades, para completar los objetivos del proyecto, se lleva a cabo el trabajo, creando unidades de trabajo cuyo objetivo es cumplir con lo que DEBE ser ejecutado, sin considerar si es factible, es decir si se PUEDE realmente hacerse en el intervalo de tiempo determinado en el cronograma”.

Esto induce a que los recursos se asuman disponibles cuando se requieran, que a su vez garantiza presumiblemente la ejecución de lo programado en la planificación, cuando esta metodología tradicional está completa, entonces se reúnen los recursos materiales, mano de obra, lo que evidentemente genera que se termine adaptando los recursos al programa de la mejor manera que se pueda. Si se observa la siguiente figura:

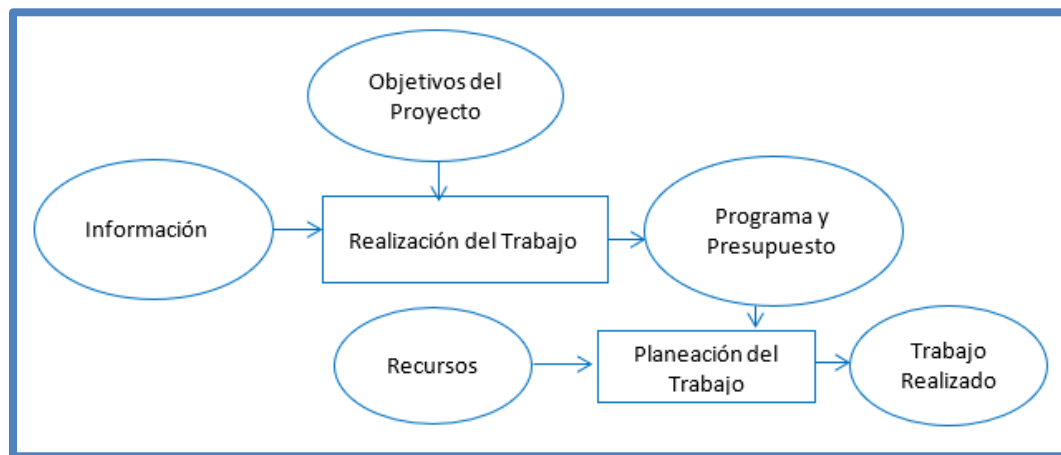


Figura No. 2.- Sistema de Planeación Tradicional.

Fuente: (Ballard, 2000).

Como se puede observar en la figura No. 2, los recursos son asignados a actividades ya programadas, sin embargo, se deja fuera actividades que no podrán ser realizadas aunque se encuentren dentro del programa, por falta de requisitos previos que impidan su ejecución en las fechas establecidas, de manera que así comienzan los problemas,

puesto que el programa semanal de actividades contempla actividades que no serán ejecutadas por lo que se generará retraso en todas las actividades subsecuentes a dicha actividad, sumado a salarios pagados a personal que se encuentra detenido.

Todo se resume a que no se diferencia lo que se puede hacer con lo que debe hacerse. Como lo indica Senaratne (2008) el error del pensamiento tradicional en la construcción es centrarse en las actividades de conversión y no tener en cuenta el flujo de los recursos para lograr la generación de más valor en los productos obtenidos. En el inciso 1.2.5. Se profundizará en los problemas propios de la planeación tradicional, por el momento es necesario abordar algunas de las metodologías propias de esta filosofía acostumbrada, para poder resaltar sus carencias frente al *Lean Construction*.

#### 1.2.1.- Diagrama de Gantt

En el siglo XX Henry Gantt desarrollo es una herramienta sencilla y practica para programar actividades asignándoles duraciones determinadas, Roberts & Vallejo (2012) lo definen como: El método más antiguo, consiste en descomponer el proyecto en sus actividades, las cuáles se ordenan según la secuencia lógica con que deben ejecutarse, mediante una gráfica que consiste en un eje de coordenadas cuya vertical (ordenada) se anota cada una de las actividades y en la horizontal (abscisa) el tiempo necesario para completar el proyecto.

El método no proporciona un instrumento específico para identificar las actividades que van a ser programadas, dentro del gráfico que menciona el autor, se dibuja una barra cuyo punto de partida va a ser colocado en la columna de la fecha en que debe iniciarse y se extiende en forma continua hasta la columna de la fecha en que debe terminarse. De manera que la longitud de cada segmento indica la duración de la actividad.

Bautista Baquero defiende este método al establecer que la ventaja del mismo radica en que permite comenzar con una estimación muy burda y con ella hacer el primer gráfico. Luego ayudarse con éste en el segundo análisis, en el cual se pueden separar actividades

en dos o más si eso aporta mejor información. (Bautista Baquero, 2007) Sin duda, la Gráfica de Gantt representa un desarrollo en técnicas gráficas, para planear y controlar el desarrollo y la ejecución del conjunto de actividades de la construcción. Sin embargo, según Roberts & Vallejo (2012), el método presenta grandes limitaciones:

1. No indica las secuencias entre actividades.
2. No identifica la secuencia de actividades que determina la duración del proyecto.
3. Es más difícil detectar actividades inadvertidas.

Debido a las limitaciones citadas anteriormente, la técnica requiere de una interacción con otras metodologías ya sea de red o precedencias como lo son CPM, PERT o ROY, permitiendo la introducción de holguras, de manera gráfica, de las actividades, generando un sistema de información mucho más detallada. Según Gifra Bassó (2017) el diagrama de Gantt se continúa usando por la facilidad de adaptación a gran cantidad de proyectos y a su ágil elaboración y fácil entendimiento visual, siendo incluido en programas informáticos de uso ampliamente extendidos.

Este diagrama se ha consolidado como un método eficiente para la presentación de un cronograma de actividades en la etapa de planificación y en el momento de la monitorización del progreso durante el desarrollo de la fase del seguimiento y control. A pesar de esto, en materia de planificación, existe una limitación en materia de representación de planes de cierta complejidad, ya que no ofrece condiciones para el análisis de opciones, ni toma en cuenta factores como el costo. De manera que la minimiza a una técnica de prueba y error, puesto que tampoco permite la visualización de la interrelación de tareas cuando la cantidad de éstas es considerable. Para la proyección de tareas relativamente simples, esta metodología representa un medio de barato y de gran simplicidad en la utilización, y para proyectos más complejos, sus limitaciones salen a la luz, siendo bastante serias, para eso se tiene los métodos como el CPM o el PERT, mismos que introducen conceptos como “redes-cronogramas”, que evidentemente se encuentran asociadas a los gráficos de Gantt, como consecuencia es necesario abordar el Modelo de Ruta Crítica (CPM).

### 1.2.2.- Metodología CPM en construcción

Método del camino crítico o mejor conocido como CPM, creado por M. Walker y J. Kelly en 1957, se centra en estudiar la secuencia de actividades durante la duración total del proyecto y las fechas de comienzo y termino de cada una de ellas. Sobre éste, Gifra Bassó (2017) comenta que: El CPM toma como referencia la sucesión de los elementos terminales de la red de proyectos con la mayor duración entre ellos, obteniendo así duración que en menos tiempo es posible terminar el proyecto. La duración total es la que se reflejara como la duración total del proyecto. Es posible que un proyecto tenga varias rutas críticas.

Esta metodología determina la duración de un proyecto a través de calcular el camino crítico del diagrama lógico, Muiño (2008) considera que en la gestión de tiempos del proyecto, el método del camino crítico o CPM se utiliza a fin de detectar las tareas que, de atrasarse o adelantarse, modifican la finalidad del proyecto. Mientras que a las tareas que no son consideradas críticas no se les incluye en la cadena, pues poseen holgura que permite atrasarse sin retrasar al proyecto. Este enfoque en las tareas críticas busca optimizar a través de mejorar primero los plazos de las tareas del camino crítico, debido a que optimizar el tiempo en tareas no críticas es considerado una tarea sin beneficios, es decir, no adelanta la finalización del proyecto. Según Molina Hernández (2007), la implementación del CPM permite los siguientes fines:

- Mejor uso de los recursos humanos, de capital y equipos disponibles y, por lo menos, mejores costos.
- Coordinación de las actividades que concurren al desarrollo del trabajo y clara visualización de sus interrelaciones.
- Reducción de los plazos de realización de los proyectos.
- Determinación del grado de seguridad de dar cumplimiento de los programas y detección de aspectos críticos determinantes para corregir desviaciones.

La metodología CPM obliga a llevar a cabo un análisis muy desarrollado del proyecto y de los métodos y equipos que se ocuparán, imprime mayor análisis en materia de costos,

mejorando la relación con proveedores y manejo del personal. Según Gifra Bassó (2017), para la representación de la red de la ruta crítica se debe proceder tal como se indica a continuación:

1. Identificar las actividades a desarrollar
2. Determinar la duración cierta de cada actividad.
3. Establecer las relaciones de dependencia entre las diferentes actividades.
4. Representar la red CPM. En el dibujo de la malla se pueden distinguir los nodos<sup>2</sup> y las flechas<sup>3</sup>.
5. Identificar la trayectoria más larga del proyecto, siendo ésta la que determinará la duración del proyecto (ruta crítica).
6. Calcular la duración total del proyecto, los tiempos de inicio y fin de cada actividad y determinar las holguras de las actividades no críticas.

Como se observa, el método del camino crítico se encuentra diseñado sin tomar en cuenta limitaciones y conflictos en la asignación de recursos, según Navarro (2005): Este método tiene en cuenta solamente las dependencias técnicas entre las tareas suponiendo que se dispone de recursos ilimitados. Una virtud muy importante del camino crítico es que, de entre todas las tareas que conforman el proyecto, permite centrarse sólo sobre aquéllas que son realmente importantes para la duración del proyecto.

A medida que se administra el proyecto también se podrán encontrar problemas de restricción de recursos que podrían modificar la ruta crítica. Al intentar programar algunas actividades al mismo tiempo, puede ser necesario contar con más personas de las que están disponibles. Como resultado estas actividades tendrán que ser reprogramadas. Una alternativa al CPM es el modelo del planeamiento del proyecto del PERT, que permite que una gama de duraciones sea especificada para cada actividad y que se profundizará a continuación.

---

<sup>2</sup> Los nodos representan instantes en el tiempo, específicamente el instante de inicio de una o varias actividades y simultáneamente el instante de fin de otras varias actividades.

<sup>3</sup> Las flechas, por su parte, representan las actividades, tienen un nodo de inicio y otro de fin donde llega en punta de flecha. Asociada a cada flecha está la duración estimada de cada actividad.

### 1.2.3.- Método PERT y ROY

El diagrama PERT o diagrama de flechas es la representación visual de la programación de un proyecto, mostrando la secuencia de las tareas y cuáles se pueden completar al mismo tiempo. Según Serer Figueroa (2001), el Sistema PERT parte de las siguientes hipótesis de trabajo:

- Un conocimiento de la secuencia de producción de las actividades que conducen al final del proceso
- La estimación de duración de cada actividad es probabilística en función de tres duraciones:
  - Optimista
  - Pesimista
  - Más probable

La forma de distribución de la probabilidad previamente descrita por el autor citado se aproximará a la distribución beta, de modo que el PERT para su desarrollo toma en cuenta dos principios, uno es que se establecen tres valores para cada situación, en cuanto al tiempo, una duración optimista, pesimista y la más probable; la segunda es que la distribución de probabilidades entre estas tres duraciones se tomara en todas las tareas a considerar del proyecto.

Ponz Tienda (2008) comenta que el método PERT sirve para planificar proyectos en los que hace falta coordinar un gran número de actividades. Sin embargo, el PERT tiene limitaciones al momento de estimar el tiempo de terminación del proyecto, ya que aunque permite la posibilidad de manejar tiempos de tareas de manera aleatoria (al incluir tiempos pesimistas, optimistas y más probable) se encuentra con limitaciones al momento de estimar el plazo de un proyecto, pues como lo indica Klastorin (2013), al haber una aleatoriedad en una ruta no crítica podría convertirse en tal si se presenta algún retraso ocasionado por alguna contingencia.

Esta metodología permite relaciones Fin-Comienzo y Comienzo-Comienzo, mientras que el PERT y el CPM solo existía una relación de fin de los procesos con comienzo del siguiente proceso (Fin-Comienzo); sin embargo, el ROY solo admite estas relaciones cuando se presenta demora. Además de que resulta necesario utilizar un método de representación gráfica como complemento. Finalmente, y a pesar de que existen más metodologías de la filosofía clásica de la planificación de proyectos para la construcción, se abordará el *Work Breakdown Structure (WBS)* o en español Estructura de descomposición del trabajo (EDT), representada por un esquema de jerarquías donde los entregables y tareas que se requieren realizar para terminar el proyecto, como se analiza en el siguiente inciso.

#### 1.2.4.- Método *Work Breakdown Structure*

Para Gifra Bassó (2017): El WBS es una metodología para gestionar proyectos el cual tiene como objetivo organizar y determinar el alcance del proyecto. Se establece de lo general a lo particular, y desglosando cada actividad requerida en cada etapa. La subdivisión de actividades se desglosa de tal forma que es posible definir de manera clara las variables de tiempo y costo.

Esta es una descomposición jerárquica, que se encuentra dirigida a un entregable de las actividades a llevar a cabo por el equipo del proyecto, para lograr el objetivo y tener en tiempo y forma el producto. Este puede ser considerado como el más habitual, pues los proyectos se dividen en capítulos y subcapítulos, según Prada Cáceres (2010) los objetivos principales al elaborar una WBS son:

- Desglosar en una forma clara y precisa las actividades requeridas para lograr el alcance propuesto en un proyecto, hasta tal punto que dichas actividades se puedan programar en el tiempo, asignar recursos tanto materiales como mano de obra y también que pueda establecer responsables para cada actividad.
- Verificar que se incluyan todas las actividades necesarias para alcanzar los objetivos del proyecto sin que se repitan las tareas.

- Poder controlar el avance de un proyecto, teniendo en cuenta que la WBS es la línea base del mismo.

Cada capítulo en los que se divide el proyecto representa una partida y sus conceptos van a ser ejecutadas por el mismo contratista, de manera que son diferentes el presupuesto del proyecto y otra la estructura WBS que será definida en la planeación y que presenta una organización secuenciada de las actividades a desarrollar, agrupadas según su jerarquía. La WBS no es más que una formulación descendente de la manera en que las tareas del proyecto encajan dentro de su estructura general. De modo que se trata de un instrumento de planificación que sirve de base al plan del proyecto (Davidson, 2005).

Es importante mencionar que se debe tener un correcto control de cambios, ya que en todo proyecto se presentan estos cambios, ya sea por olvidos, ajustes en el alcance, cambios en especificaciones, recorte del presupuesto, reformas en prioridades del cliente; como consecuencia, el WBS del proyecto debe estar sujeto a control continuo de los cambios que se vayan originando.

#### 1.2.5.- Problemas con la planeación tradicional

Como se ha podido visualizar en esta breve reseña de modelos clásicos de la metodología tradicional, abordan la planificación a través de definir actividades y un programa de trabajo, antes de considerar lo que debe ser ejecutado, sobre esto Nieto Morote (2009) indica que: En los modelos tradicionales, las actividades se determinan, se define su tiempo de ejecución de una manera secuencial para ejecutar objetivos del proyecto con eficacia. De esta forma, se lleva a cabo el trabajo, creando cuadrillas de trabajo el cual deberá cumplir con los objetivos de construcción en tiempo y forma, sin considerar lo que realmente puede realizar comparando con lo planeado en el cronograma.

Esto trae como consecuencia que los recursos sean asumidos como disponibles, y a su vez se vuelve presumible la garantía de la ejecución de lo programado. El golpe con la

realidad sobreviene en el momento en el que la programación o planificación se concluye y el trabajo está en progreso, se reúnen los recursos, materiales y mano de obra, teniendo que adaptar al final los recursos al programa de la mejor manera que puedan ajustarse.

Aun cuando la aportación de muchas de las metodologías tradicionales de planificación sea simplista en la definición del plazo de un proyecto, no debe perderse de vista que esta variable ha sido tradicionalmente uno de los parámetros con los que suele definirse el éxito de los proyectos, el cual no dejará de ser incierto por muy bien planeado que esté, debido a que es un plan futuro y el futuro no se adivina ni se extrapola, simplemente se construye con el trabajo diario.

Los problemas se presentan a través de asignar recursos a actividades programadas, sin considerar que existen actividades que no podrán ser realizadas, aunque estén programadas, debido a la falta de algún requisito previo que impida la ejecución en fecha programada. Este descontrol genera atrasos en toda la cadena productiva, sumado a esto se puede llegar a tener personal sin tareas por la falta de recursos. De manera que la clave está en enfocar la planificación en lo que se puede hacer y no en lo que se debe hacer.

Sobre estas fallas, Orihuela (2011) comenta que: La forma tradicional de planificar se basa en elaborar una programación general de toda la obra con un gran detalle desde sus inicio, hasta su fin, usando técnicas como PERT, CPM, WBM, entre otras, que por lo general están hechas desde el escritorio, representan un buen deseo de lo que debería hacerse, sin embargo, todos sabemos que por diversos motivos, conforme avanza la obra, se van generando grandes diferencias con lo que realmente se hizo.

El autor habla de una planificación “desde el escritorio”, a sabiendas de la importancia que tiene la observación, comprobación y control que en la industria de la construcción existe, así mismo el autor habla de diversos motivos que “todos sabemos”.

Dentro de la investigación de Rudeli (2018) se identificaron la diferentes causas, lo que demuestra que en la industria de la construcción requiere de una eficiente planificación basada en una metodología que incluya un sistema de control y supervisión continuo, creando compromisos a corto plazo y confiables, y que no esté sujeto a filosofías de deber hacer, sino a poder hacer, situación que abordan los nuevos métodos de planeación y que se analizarán a continuación.

### **1.3.- Nuevos métodos de planeación en la construcción**

La planificación tradicional se basa en mayor medida en la destreza del ingeniero a cargo de la programación de la obra, además de que mide lo realizado contra lo programado, dejando de lado la habilidad y destreza para planificar, lo que conlleva a que no se analicen errores en la misma y sus causas, y como consecuencia no hay una capitalización de los errores y no se genera un aprendizaje.

Las nuevas metodologías, como lo es la del *Last Planner*, plantea que la brecha entre lo que debería hacerse y lo que finalmente se hizo, pueda mejorar de manera significativa a través de obtener información confiable, oportuna y en conjunto con los últimos planificadores, ya sea el maestro de la obra, los subcontratistas y por supuesto, los jefes de cuadrilla. De manera que pueda verse el cuadro completo, y no llevar a cabo una planificación “desde el escritorio”, visualizando un plazo intermedio de lo que en la práctica puede hacer, y luego en un plazo más inmediato, lo que con mucha más certeza se hará.

En la siguiente figura se muestran las características de diferencias entre las metodologías de gestión tradicional y el sistema ultimo planificador basado en el *Lean Construction*:

| Sistemas de gestión tradicionales  | Sistema de gestión Last Planner  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planificación en base a supuestos con alta incertidumbre.</li> <li>• Planificación de actividades de transformación.</li> <li>• Debe → Se hará → Puede.</li> <li>• Programa según criterio del programador.</li> <li>• Experiencia para mejorar futuros proyectos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planificación en base a compromisos de corto plazo y confiables.</li> <li>• Planificación que considera el efecto de flujos.</li> <li>• Debe → Puede → Se hará.</li> <li>• Participación del personal clave en el proyecto.</li> <li>• Monitoreo permanente del desempeño y las causas de no cumplimiento.</li> </ul> |

Figura No. 3.- Diferencias entre los sistemas de gestión

Fuente: (Nieto Morote, 2009)

La planificación tiene una etapa que sobresale de otras, y que se ha venido denotando a lo largo de este primer capítulo, el control. Las nuevas metodologías de planificación presentan una diferencia en este tópico, ya que cambian la asignación de recursos a lo que debo hacer privilegiando la producción<sup>4</sup>, y si por el contrario se asignan recursos a lo que puedo hacer, se privilegiará la productividad<sup>5</sup>. Estos conceptos son distintos, donde a pesar de que existe interdependencia entre ambos, debido a que una baja producción no implica una baja productividad, ya que el término de producción se relaciona con el resultado de toda la cadena productiva y el término productividad se asocia al factor humano. Por el contrario, una baja productividad si genera una menor producción (Díaz, 2007). Las nuevas metodologías promueven el control en la capacidad de la industria para producir de manera que la producción no se vea afectada, esto va a generar que se tomen acciones preventivas.

Una de las filosofías que han logrado sobresalir frente a las metodologías tradicionales es el *Lean Construction*, cuyos orígenes se dan en la industria manufacturera cuyas características de producción son repetitivas, y a pesar de que la construcción posee un carácter mucho menor en repetición, la planificación tradicional de la construcción también cuenta con bastantes características de la producción tradicional, por lo que el *Lean* a pesar de su naturaleza manufacturera tiene bastantes bondades que aportar a la

<sup>4</sup> Fabricación o elaboración de un producto mediante el trabajo.

<sup>5</sup> Capacidad de la industria para producir.

planificación en la industria de la construcción. Incluso Luengas Zúñiga (2011) comenta que por muchos años la industria manufacturera ha sido tomada como modelo para la realización de innovaciones en la construcción. Debido a esto, es necesario analizar a profundidad la filosofía del *Lean Construction*.

#### **1.4.- La filosofía del *Lean Construction***

Womack, Jones y Ross (1993) establecen que: El uso del término *Lean* obedece al hecho de que este sistema utiliza menos de todo comparado con la producción en masa: la mitad de esfuerzo humano en la fábrica, la mitad de espacio en la fabricación, la mitad de inversión en herramientas, la mitad de horas en ingeniería para desarrollar un nuevo producto en la mitad de tiempo.

Esto se puede asimilar como optimización de los recursos, ya que incluso el *Lean* requiere mantener mucho menos de la mitad del inventario necesario en el sitio, lo que da lugar a menos defectos y produce una mayor y creciente variedad de producto. Según Pons (2014) *Lean* es crear valor para el cliente y eliminar desperdicio. Según la filosofía *Lean*, todo lo que no es valor para el cliente es muda<sup>6</sup>, o desperdicio que puede ser eliminado o minimizado.

Uno de los elementos claves en la filosofía *Lean* aplicada a la construcción es la creación de un equipo de gestores *Lean*, de modo que la planificación ya no se queda en manos de una sola persona, este equipo se forma por especialistas encargados de desarrollar el proyecto: Proyectistas, constructora y cliente o dueño del proyecto, incluso incluyendo a otros miembros externo o partes interesadas en la obra. La planificación colaborativa es mucho más que reunirse ocasionalmente con los agentes que participan en la ejecución del proyecto, ya que como lo indica Pons & Rubio (2019): Se busca la manera de generar el alineamiento del equipo mediante la definición de objetivos comunes. Implica el seguimiento de un mismo sistema de trabajo por parte de todos los agentes intervinientes, con un método común y entendido por todos. Requiere de la participación

---

<sup>6</sup> Muda es una palabra japonesa que significa: Desperdicio. En el sentido de toda aquella actividad humana que absorbe recursos, pero no crea valor.

en reuniones periódicas celebradas el mismo día de la semana y a la misma hora, con la información compartida de forma visual y transparente para todos, precisando el seguimiento de unos indicadores clave de desempeño y toma de acciones cuando se identifican oportunidades de mejora.

De manera que los principios y herramientas del sistema Lean a lo largo del ciclo de vida de un proyecto de construcción va a ser reconocido como *Lean Construction* o Construcción sin pérdidas, el propio *Lean Construction Institute* lo define como un método basado en gestión de producción para ejecutar proyectos de construcción, con una nueva manera de diseñar y edificar estructuras o otros proyectos de carácter civil (*Lean Construction Institute*, 2010).

Si se observa la siguiente figura:

| <b>Informe sobre el estado de <i>Lean</i> en la Construcción en EE.UU. (2012)</b> | <b>Informe de <i>McGraw Hill Construction</i> sobre la aplicación de <i>Lean Construction</i> (2013)</b> |
|---|--|
| Mejor cumplimiento del presupuesto  | Mayor calidad en la construcción   |
| Mejor número de cambio de órdenes y pedidos                                       | Mayor satisfacción al cliente  |
| Rendimiento más alto de entregas a tiempo   | Mayor productividad  |
| Menor número de accidentes  | Mejora de la seguridad   |
| Menor número de demandas y reclamaciones  | Reducción de plazos de entrega   |
| Mayor entrega de valor al cliente   | Mayor beneficio y reducción de costes  |
| Mayor grado de colaboración   | Mejor gestión del riesgo   |

Figura No. 4.- Beneficios del *Lean Construction*.

Fuente: (Pons, 2014)

Los beneficios que se presentan en la figura no. 4 se basan en que todo avance que implique una mejora en la productividad con base en la filosofía *Lean Construction*, requiere el desarrollo sistematizado y controlado con la finalidad de aumentar la eficacia de los proyectos, así como también implementar un proceso de aprendizaje y la retroalimentación en todos los niveles de los participantes de la obra, generando así un ciclo de mejora continua. Para entender mejor la filosofía del *Lean Construction* es indispensable analizar los eventos que la promovieron.

#### 1.4.1.- Antecedentes que promovieron la filosofía

Previo a abordar los antecedentes del *Lean Construction* es necesario estudiar el origen de la filosofía *Lean*, sobre la cual Guzmán Tejeda (2014) comenta que: En los setentas la economía japonesa colapso de tal manera al grado de caer en un crecimiento cero, y es una de las empresas emblema: Toyota consiguió mantener ingresos durante los años posteriores, llamando la atención debido al gran margen de diferencia entre ella y las otras empresas. Una década más tarde, el Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT) a través de un estudio para comprender fuerzas fundamentales del cambio industrial, logra revelar que las empresas japonesas habían desarrollado un sistema productivo propio superior, capaz de fabricar con mayor calidad, a un costo menor y con plazos de entrega más cortos, tanto en el nivel de diseño y a nivel de fabricación.

A estas técnicas de producción desarrolladas por *Toyota Motors* se le denominó *Lean Production* o producción ajustada, Tiichi Ohno, quien fuera ingeniero y ejecutivo de Toyota, descubrió que en una empresa u organización la mayor parte de las actividades que se realizan no añade valor neto al producto o servicio final que se entrega al cliente, de manera que serán susceptibles de mejorar e incluso eliminar como se muestra en la siguiente figura:



Figura No. 5.- Círculo de Improductividad de una Empresa.

Fuente: (Pons, 2014)

Algunos de las revelaciones de Ballard en 1994 fue que tan solo el 36% de las tareas que se planeaban en una semana realmente se conseguían terminar durante esa semana,

(Ponz Tienda, 2008). Confirmando con esto que la metodología tradicional de gestión de proyectos en la industria de la construcción presentaba grandes ineficiencias, ya que la variabilidad era persistente y grave. Esto motivó a que en 1997 Greg Howell y Glenn Ballard fundaran el *Lean Construction Institute*, organización de investigación sin ánimo de lucro cuyo objetivo es modificar la gestión de los proyectos constructivos utilizando como base el *Lean Production Management*. Sobre esto, Coronel (2010) comenta que la integración de las bases del *Lean Production Management* al *Lean Construction* trata de concentrar de manera íntegra las etapas del proyecto de construcción para detectar problemas y darles solución dando cumplimiento con las necesidades del cliente, mejorando considerablemente la calidad del proyecto.

En la actualidad, *Lean Construction* está muy implementada en países como de Europa, Estados Unidos, Ecuador, Colombia y Perú (Puigpelat Barrado, 2012). En México existe el *Lean Construction Institute México* que es una organización sin fines de lucro, que opera como catalizador para la implementación de *Lean* en la industria de la construcción, con un método de gestión uniforme, utilizando principios, fundamentos y práctica comunes de la filosofía.

Ahora bien, el *Lean Production* resulta ser la base del *Lean Construction*, la esencia del sistema es eliminar o reducir al máximo cualquier elemento que no utilice, lo mínimo absolutamente necesario de recursos, tiempo, espacio y esfuerzos para agregar valor al producto, basado en la teoría de flujos, misma que por su importancia en el *Lean Construction* es necesario analizar en el siguiente inciso.

#### 1.4.2.- *Lean production* y *Lean construction*

Para entender mejor el *Lean Production* es necesario incorporar las palabras de Cusumano (1992) quien presenta una serie de factores principales como condición necesaria para lograr los objetivos de calidad, productividad que establece esta filosofía de optimización de recursos, estos factores se incluyen en la siguiente figura:

| Principios que afectan a producción   | Principios que afectan al producto  |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Producción en pequeños lotes (JIT).</li> <li>- Mínimo inventario en proceso.</li> <li>- Concentración geográfica de plantas de ensamblaje y producción de componentes.</li> <li>- Sistema tipo “pull”<sup>5</sup> y utilización de tarjetas Kankan.</li> <li>- Nivelación de la producción.</li> <li>- Cambio rápido de útiles.</li> <li>- Racionalización de maquinaria y líneas.</li> <li>- Estandarización del trabajo.</li> <li>- Dispositivos automáticos a prueba de errores.</li> <li>- Trabajadores multidisciplinarios.</li> <li>- Alto nivel de subcontratación.</li> <li>- Uso selectivo de automatización.</li> <li>- Proceso continuo de mejora incremental.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rápida sustitución de modelos de productos.</li> <li>- Expansión frecuente de modelos de productos.</li> <li>- Fases de desarrollo solapadas y comprimidas.</li> <li>- Alto nivel de ingeniería en proveedores.</li> <li>- Jefe de proyecto de alta representatividad.</li> <li>- Continuidad en equipos de diseño y dirección.</li> <li>- Riguroso plan de ingeniería y disciplina de trabajo.</li> <li>- Sistemas de comunicación adecuados</li> <li>- Uso experto en diseño de útiles asistido por ordenador.</li> <li>- Mejora continua incremental del producto.</li> </ul> |

Figura No. 6.- Principios del Lean Production.

Fuente: (Cusumano, 1992)

Como se observa en la figura 6, se incorporan varias de las filosofías japonesas en materia de optimización y calidad, entre los que sobresalen el Justo a Tiempo a través de producción en pequeños lotes y como consecuencia un inventario reducido, sumado a una nivelación en la producción, estandarización de trabajo y procesos de mejora continua, además de que incluyen altos niveles de subcontratación, con esto último se reducen responsabilidades laborales y como consecuencia costos de producción. Richards es otro autor que aborda los principios básicos del *Lean Production*, y establece siete principios básicos:

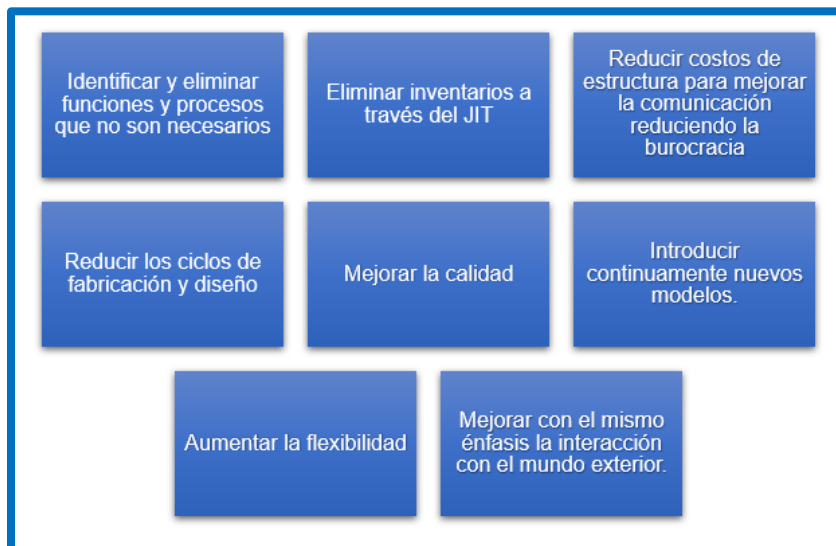


Figura No. 7.- Principios Básicos del Lean Production

Fuente: (Richards, 1996)

Se nota una evidente diferencia en cuanto a los modelos tradicionales utilizados en la planificación de obras, ya que éstos últimos resultan ser estáticos, puesto que desde un principio se diseñan y establecen los recursos a emplear, sin embargo, al pasar el tiempo, la obra se enfrenta a grandes desafíos e inconvenientes que ya se han citado previamente, la construcción puede ser considerada como una de las industrias menos predecibles en cuanto a inconvenientes, puesto que se está a merced de cuestiones tan inverosímiles como el clima y los accidentes laborales. Si se observa la siguiente figura:

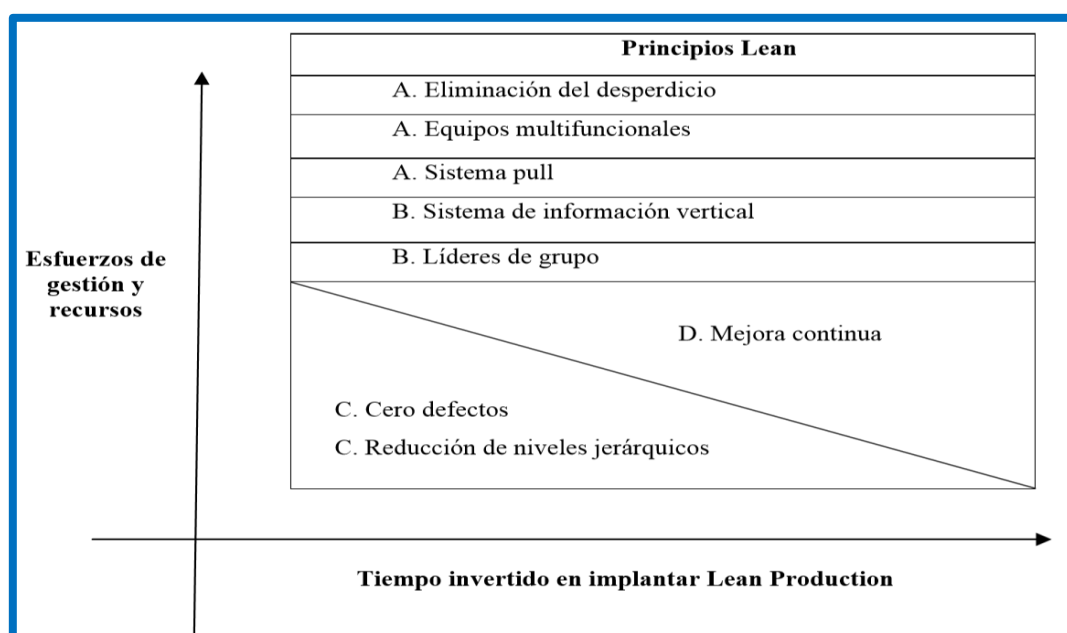


Figura No. 8.- Principio de Implantación del *Lean Production*.

Fuente: (Ahlström, 1997)

La figura anterior demuestra las bases del *Lean Construction*, ya que la industria requiere de planificaciones más dinámicas, continuas, colaborativas, que incorporen un cúmulo de filosofías que giren alrededor de la optimización, la mejora continua y la calidad en cada uno de los procesos. Ferdows & De Meyer (1990) comentan que la implantación del *Lean Production* debe hacerse de forma secuencial, ya que por un lado debe haber una secuencia natural para la consecución de capacidades sostenibles y, por otro lado, la cantidad de esfuerzos y recursos que la dirección puede dedicar a la implantación de mejoras puede ser limitada.

La esencia del sistema es eliminar o reducir al máximo cualquier elemento que no utilice lo mínimo absolutamente necesario de recursos, tiempo, espacio y esfuerzo para agregar valor al producto, esto lleva a la teoría de flujos, sobre la cual Díaz Montecino (2007) comenta que esta teoría considera la producción como un flujo de materiales e información desde las materias primas hasta el producto final. A su vez, la cadena de producción está compuesta de conversiones y flujos. Si se observa la siguiente figura:

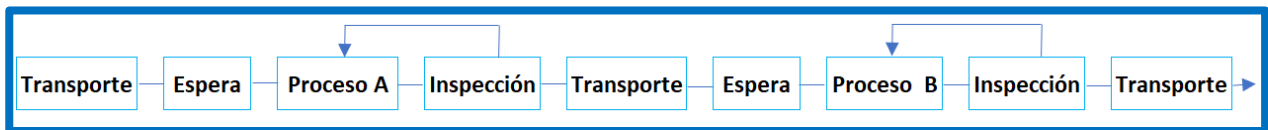


Figura No. 9.- Esquema Conceptual de *Lean Production*.

Fuente: (Díaz, 2007)

Según la figura anterior, las actividades de conversión son procesos y las de flujos son la inspección, transporte y espera. Éstas últimas son consideradas tiempos de ocio que se producen entre las actividades, debido a una falta de requisito necesario para continuar y empezar una nueva actividad, como puede ser el personal, material, mediciones, información, entre otras. Como consecuencia, siguiendo la filosofía *Lean*, esos momentos o esperas no agregan valor al producto y, aunque son necesarias, hay que buscar la manera de reducirlas al máximo, situación que se reproduce en el *Lean Construction*.

#### 1.4.3.- Principios y herramientas del *Lean Construction*

Una vez que se han sentado los principios del *Lean Production*, que es la base del *Lean Construction*, se podrá entender en mayor medida su implementación, las filosofías de mejora continua y calidad que giran alrededor a éste, así como también servirá de vínculo con el siguiente capítulo que aborda una de las metodologías emblema de la filosofía del *Lean Construction*, el cuál es el *Last Planner System*.

Todo se basa en optimizar los flujos de trabajo, reduciendo una variabilidad y dependencia entre actividades, empleando un sistema de control colectivo desde el diseño hasta la entrega del producto.

El *Lean Construction* tiene el objetivo de mejorar y optimizar estos flujos a lo largo del proyecto, para conseguir la reducción en los costes, gestión eficiente del tiempo y el incremento en valor final del producto. Para que la implementación de *Lean Construction* sea efectiva en los proyectos, es indispensable que se comience con el compromiso de una cultura de mejora continua de la producción para que al aplicar los principios de la filosofía “*Lean*” correctamente logren mejorar la seguridad, la calidad y la eficiencia del proyecto. Esto quiere decir, que para que el *Lean Construction* funcionara deben aplicarse una serie de principios concretos a las actividades del proyecto, sobre los cuáles Lauri Koskela propone once:



Figura No. 10.- Principios del Lean Construction Koskela.

Fuente: (Koskela, 1992)

La filosofía *Lean* en la construcción requiere de un compromiso, ya que es un cambio secuencial de formas y estilos de trabajo, esto pareciera superficial y de fácil aceptación, sin embargo, el propio Pons (2014) nos habla de excusas recurrentes que se escuchan para no implementar la filosofía *Lean*:

- “Aquí siempre hemos trabajado así”.

- “Esa no es mi responsabilidad”.
- “A mí no me ha dicho nadie”.
- “No tengo tiempo para eso”.
- “Otro artilugio que no durará”.
- “Hay problemas más importantes”.
- “Eso no es posible hacerlo aquí”.
- “Ya tenemos bastante trabajo”.
- “Y yo, ¿qué saco con esto?”.
- “Ya lo probamos una vez y no funcionó”.

Según Pichi (1993) entre otros muchos autores estudiosos del *Lean Construction*, para que esta filosofía funcione es necesario el uso de una serie de herramientas que simplifiquen su uso y que permitan llevar los principios teóricos de la filosofía a la práctica profesional, entre los que se encuentra el Sistema del Último Planificador, mejor conocido como *Last Planner System*, que agrega un componente de control de la producción a la gestión tradicional de proyectos, formando planes de trabajo semanales mediante asignaciones, esta metodología se profundizará en el siguiente capítulo.

## **CAPÍTULO II. LA METODOLOGÍA *LAST PLANNER* COMO FORMA DE ABORDAR EL *LEAN CONSTRUCTION***

Para este segundo apartado es fundamental abordar la metodología del *Last Planner System*, como una de las principales herramientas con las que cuenta la filosofía de la producción sin pérdidas del *Lean Construction*, empleando las palabras de Alpízar Ávalos (2017), este Sistema Último Planificador como se le conoce en español, es una metodología de planeación y control de proyectos de construcción, que genera una mejorar en la ejecución de obras respecto a los plazos y costos. Este sistema, presenta como característica diferencial con respecto a los sistemas de control tradicionales, la forma en como los proyectos se planifican y controlan.

Dejando de enfocarse en el “Debería ser Hecho” y se concentra principalmente en el “Puede ser Hecho”, lo que va a permitir definir un inventario de trabajo más apegado a la realidad del momento, y no a una planeación hecha desde el inicio de la obra, y que evidentemente va a cambiar al enfrentarse a los problemas típicos que se presentan en la industria de la construcción.

De modo que en este segundo capítulo se comenzará por analizar los fundamentos metodológicos del *Lean Construction* que representan las bases del *Last Planner System*, para poder ampliar el conocimiento de lo que el último planificado tiene como objetivo y cuáles son las fortalezas que se reflejan frente a las metodologías tradicionales. Así como también se analizará la evolución que ha tenido este sistema de reducción de pérdidas a través del cual se ha logrado posicionarse en los países de primer mundo en los que su aplicación ya es más cotidiana. Y a partir de ahí analizar la metodología que sigue, así como los indicadores propios de la metodología, sus prerrequisitos y las restricciones a las que se enfrenta dentro de la industria de la construcción (Alpízar, 2017).

*Lean* es una filosofía o metodología basada en la mejora continua, en la que se involucra a todas las partes, la cual propone reducir todos los desperdicios y así optimizar el valor del producto final. Se centra en identificar las actividades que no agregan valor para

disminuir las o eliminarlas y así poder generar más valor y con ello satisfacer completamente a nuestro cliente.

De acuerdo con Pons (2014), Womack en 1996 definió cinco principios básicos de *Lean*:

1. Especificar valor del producto. Se trata de satisfacer las necesidades del cliente con un precio y un tiempo específico. Este valor es creado por el productor e implica una redefinición de la cadena de suministro.
2. Identificar la cadena de valor. Consiste en determinar qué pasos son los requeridos para la creación de valor. Hay que decidir qué etapas contemplar y seguir una cadena.
3. Dejar que la producción y el valor fluyan. No debe haber interrupciones. Cada etapa del proceso tiene que ser capaz, disponible y adecuada.
4. Sistema *Pull*: El sistema *Pull* es un componente del *Just In Time* (JIT) y se encarga de controlar el inventario y no tener un gran número de productos almacenados. Totalmente opuesto al sistema tradicional o *Push*, que se base en producir un número muy grande de inventario y a una velocidad muy grande sin tomar en cuenta el progreso real del proyecto o de las especificaciones del cliente.
5. Perseguir la perfección. Hay que tener claro qué es la perfección y buscar la mejora continua. Se basa en la constante creación de valor y en la eliminación de pérdidas. Esto es lo que implementa *Kaisen* que es la mejora continua.

Estos principios se pueden seguir cumpliendo el ciclo de planificar, hacer, chequear y actuar. Los cambios se planifican, se ejecutan, se verifican y, finalmente, se actúa en consecuencia, para saber si se continúa o no con su implementación.



Figura 11. Representación de la cadena o flujo de valor  
Fuente: (Pons, 2014)

## 2.1.- Fundamentos metodológicos de *Lean Construction* en el *Last Planner*

Barría (2009) define al sistema *Last Planner* como una herramienta para controlar procesos y reducir la variabilidad entre éstos, asegurando el mayor cumplimiento posible de las actividades planificadas para la semana. El estudio de las operaciones y procedimientos en la industria de la construcción genera la necesidad de nuevas corrientes de investigación que involucren a iniciativa de la mejora continua en la fase del proyecto constructivo.

Hasta este momento no se ha abordado uno de los conceptos más importantes que motivan la implementación del *Lean Construction* y por ende involucra al *Last Planner System*, es la variabilidad, de la cual Mondragón Véliz (2003) la define como todo aquello que aleja nuestro sistema de producción de un comportamiento normal y predecible, es parte fundamental y base conceptual de la filosofía de la mejora continua. Es la variabilidad la que genera y causa mayores plazos y costos en la construcción, debido a eso es que el *Last Planner System*, a través de las bases del *Lean Construction* busca detectar las actividades que no agregan valor al producto y las que, si hacen, con el propósito de aumentar estas últimas.

El proceso de la eliminación de una fuente de pérdidas se basa en determinar su causa, Serpell (2012) postula que la pérdida de productividad en construcciones grandes y complejas se explica con el uso de cinco grandes categorías de tiempo improductivo:

1. Pérdidas por esperas (inactividad)
2. Pérdida por traslados
3. Pérdida por trabajo lento
4. Pérdidas por trabajo inefectivo
5. Pérdidas por trabajo rehecho.

También pueden ser clasificadas según el área en la que se originan, como lo son las administrativas que engloban problemas de diseño y planificación, así como una ineficiencia en la gestión de los recursos y fallas en los sistemas de información. De modo que si se observa el siguiente esquema:

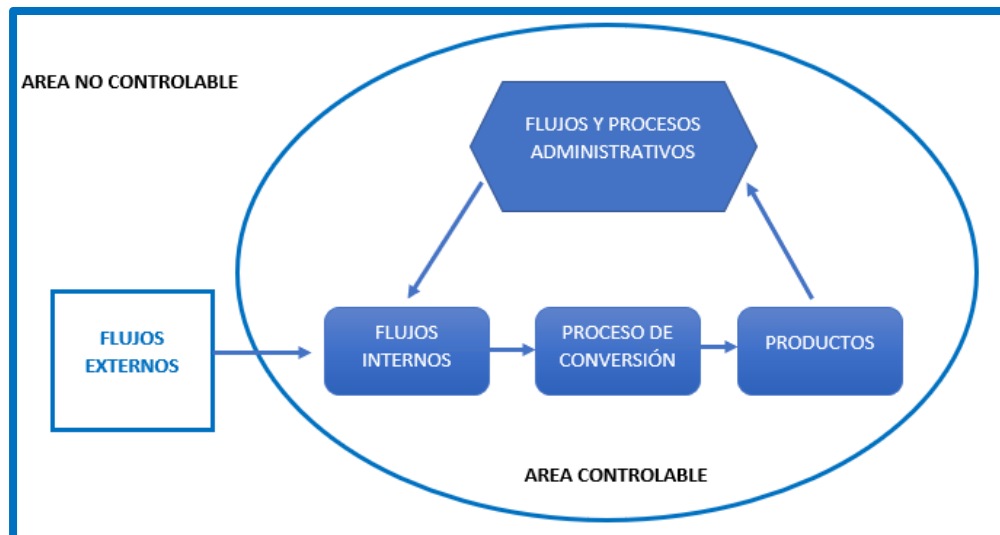


Figura No.12.- Pérdidas según el modelo de *Lean Construction* bajo el enfoque de flujos internos y externos.

Fuente: (Delgado, 2007)

De modo que las pérdidas que se suscitan dentro de la zona de competencia corresponden a la gerencia de obra, obedeciendo a una serie de causas que ya se han venido comentando a lo largo de la presente investigación, pero las que se encuentran

fuera del área y que no son controlables también impactan en la generación de variabilidad de la obra, y que incluso pueden llegar a tener mayor presencia en materia de aplazamiento de la entrega de la construcción.

El sistema *Last Planner* busca el incremento de la fiabilidad de la planificación, y con esto mejorar desempeños, disminuir desviaciones en plazos de ejecución, generar menos consumos de mano de obra y materiales, entre otros. Otro de los principios del Lean implementados en el LPS es la idea de que el trabajo en equipo es un pilar del trabajo en construcción, así, si se consigue instruir a las personas implicadas en la obra, acerca de los principios del *Lean Construction*, se conseguirá un real convencimiento de que el trabajo y esfuerzo que llevan a cabo en materia de mejora continua van a rendir frutos. Sobre esto Díaz Montecino (2007) comenta que el grupo debe saber para qué está trabajando y en qué consiste el método, pues es imposible que se sientan involucrados y convencidos de participar en algo que desconocen.

De manera que la filosofía del *Lean Construction* como base del *Last Planner System* mejora el flujo de trabajo, creando una reducción de la variabilidad en las actividades dentro de la obra, reconociendo esta como una nueva gestión de la producción aplicada a la construcción, mediante un sistema controlado desde el principio hasta la fecha de entrega del proyecto. Es necesario abordar la evolución del sistema del último planificador para entender en mayor medida sus objetivos, fases y los obstáculos que pretende superar en la industria de la construcción, de manera que se analizará a continuación la evolución del LPS.

## **2.2.- Evolución del *Last Planner System***

Se le reconoce a Glen Ballard como pionero en el tema del *Lean Construction* y del desarrollo del último planificador, Porrás Díaz (2014) haciendo una breve reseña de los antecedentes del sistema, habla del trabajo de Ballard como sigue: Glenn Ballard aportó herramientas para la adaptación de la producción *Lean* al sector constructivo. Ballard empezó a trabajar con Koskela luego de oír hablar en una conferencia en la Universidad

de Berkley, y juntos conformaron el Grupo Internacional de *Lean Construction*, para referirse a la implementación de la nueva filosofía de la producción en el sector constructivo.

De manera que Ballard se encontraba muy cercano de la filosofía Lean, es por ello que fue pionero en el desarrollo del Sistema del Último Planificador a inicio de los noventa, se basó en el concepto de reducción de los niveles jerárquicos, de la gestión en la construcción para optimizar el proceso de asignación de recursos disponibles en la planeación semanal, y programación y ejecución de los trabajos (Porras Díaz, 2014). Este tipo de criticidades implicaban, principalmente, escasa flexibilidad e inadecuados tiempos de respuesta a los imprevistos, de manera que la orientación del LPS está dirigido a una delegación de niveles operativos, haciendo el sistema productivo mucho más flexible y reactivo ante eventualidades.

Para 1998, Ballard redefinió más el LPS, centrándolo en la gestión de flujos en el proceso de construcción, para posteriormente presentar lo que denominó el Sistema de Entrega de Proyectos *Lean*, cuyo objetivo es el planteamiento teórico de la metodología para gestionar los proyectos *Lean* (Porras Díaz, 2014). Tradicionalmente se le reconoce el nacimiento del LPS a la tesis de Glenn Ballard, sin embargo, hay quienes consideran que ha surgido como una evolución de los modelos tradicionales, tal como lo indica Sanchis Mestre (2013) al decir que el *Last Planner System* realmente supone una evolución y mejora de las herramientas tradicionales de programación en cascada.

Más allá del origen que haya tenido, el sistema del último planificador es hoy en día un efectivo modelo de gestión de proyectos en la industria de la construcción, que como lo indica Rodríguez et al. (2011), este sistema busca recuperar la credibilidad que ha perdido la planificación a consecuencia de los sistemas tradicionales que no contemplaban de manera seria las consecuencias de las variaciones que podrían presentarse a lo largo de la obra, situación que generaba menor productividad, calidad y mayores costos. Ahora bien, Ballard (2000) propone los siguientes principios basado en el *Lean Construction*:

1. Las actividades no deben comenzar antes de que todos los requerimientos, para la realización de estas, estén satisfechos.
2. Se debe medir y monitorizar la realización de las actividades.
3. Las causas por las que una actividad no se puede realizar deben ser identificadas y eliminadas.
4. Se debe evitar la pérdida de productividad, reasignando actividades cuando las inicialmente asignadas no se pueden ejecutar.
5. Debe realizarse una programación a corto plazo, considerando aquellas actividades cuyas restricciones para ser ejecutadas, hayan sido eliminadas.

Lo anterior puede traducirse en un mayor control de los recursos que se necesitan para llevar a cabo las actividades, esto genera una planeación mucho más certera, a través de esta programación a corto plazo se analizan las actividades que son más propensas a ser eliminadas. Esto se traduce en la siguiente figura presentado por Rojas (2005):

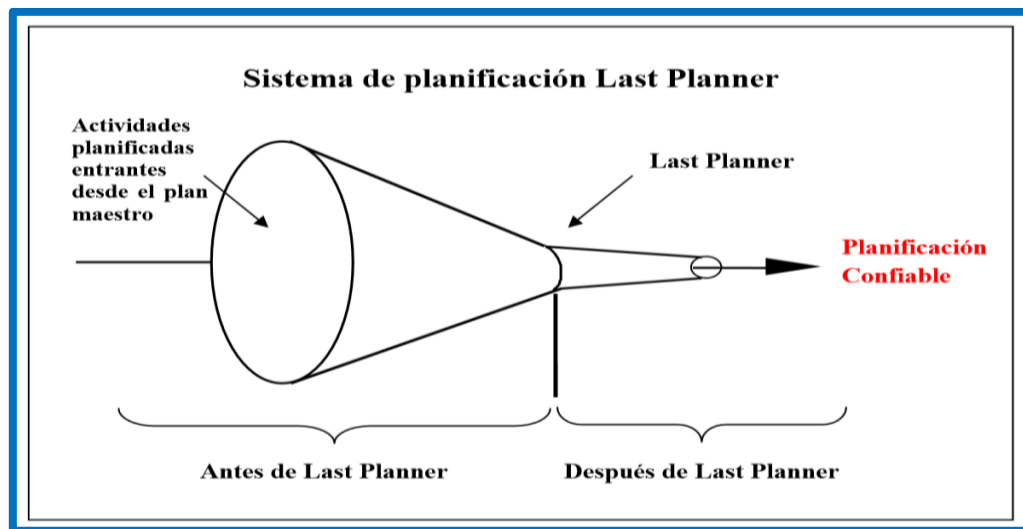


Figura No. 13.- Representación Gráfica del Control del Last Planner System.

Fuente: (Rojas, 2005)

La figura sin duda puede considerarse un cuello de botella, en donde todas las actividades que engloba la obra y que integran el plan maestro van a ser analizadas para determinar cuáles PUEDEN hacerse en base a los recursos que se tienen a disposición en el periodo planeado, de esa manera se identifican las actividades indispensables de las que solamente restan productividad a la obra, si se toma en cuenta que en ese cuello

de botella se involucra a todo el equipo de trabajo, se logra entonces que las vías de comunicación sean abiertas, exista una mayor confianza en el sistema y con esto se genera una planificación confiable. Sobre de esto, Pons Achell (2014), considera que el sistema de control de producción del último planificador tiene tres componentes indispensables:

- a) Planificación anticipada. - La norma que rige al análisis de las restricciones es que no se autorice ninguna actividad a la fecha prevista a menos que los planificadores estén seguros de que las restricciones se pueden eliminar a tiempo.
- b) Compromiso con la planificación. - Los compromisos se miden con el Porcentaje del Plan Completado<sup>7</sup>, este indicador asegura que el rendimiento de la ejecución del proyecto, así como la detección de las mejoras y oportunidades de aprendizaje.
- c) Aprendizaje. - Cada semana, el plan de trabajo de la semana anterior es revisado, para determinar qué tareas (compromisos) se completaron. Si el compromiso no se ha mantenido, a continuación, se proporciona una razón. Estas razones son analizadas periódicamente hasta la causa raíz y se llevan a cabo acciones para evitar que se repitan.

Siguiendo las reglas de la planificación anticipada, se asegura de que los problemas salgan a la superficie de manera pronta y con eso pueda resolverse con la ayuda cooperativa del equipo de trabajo, y aquellos que no puedan ser resueltos no se incorporan a la ejecución del proyecto, ya sea a nivel de diseño, fabricación o construcción. Todo esto se contempla en las tres fases que integra la metodología del *Last Planner System* y que es necesario analizar en el siguiente inciso.

### **2.3.- Metodología del sistema *Last Planner***

La metodología *Last Planner System* representa una verdadera innovación en materia de planificación en la construcción, debido a que no se trata tan solo de un método de control en la producción, esto sucede al incorporar conceptos como colaboración entre diferentes

---

<sup>7</sup> Indicador Clave que evalúa si el trabajo se completó según lo prometido o no.

agentes, cambiando la planificación de escritorio, por una planificación conjunta, en donde tanto técnicos como capataces, subcontratistas encargados de materiales, técnicos de prevención de riesgos, y en general todos aquellos agentes implicados en la planificación de la obra decidan qué, cómo y cuándo se realizará el trabajo, consiguiendo con esto el compromiso necesario para generar avances en las actividades posibles de realizar.

Porque se debe recordar siempre que se cambia el concepto del DEBE por el concepto del PUEDE, creando con esto un mayor apego a la realidad. Así es como la metodología del *Last Planner System* considera como cliente no sólo al beneficiario final, sino a cada uno de los agentes propios de la cadena de construcción que reciben un subproducto al cual deberán imprimir el trabajo necesario para entregarlo al siguiente agente de la cadena. La metodología aplica la siguiente trayectoria:

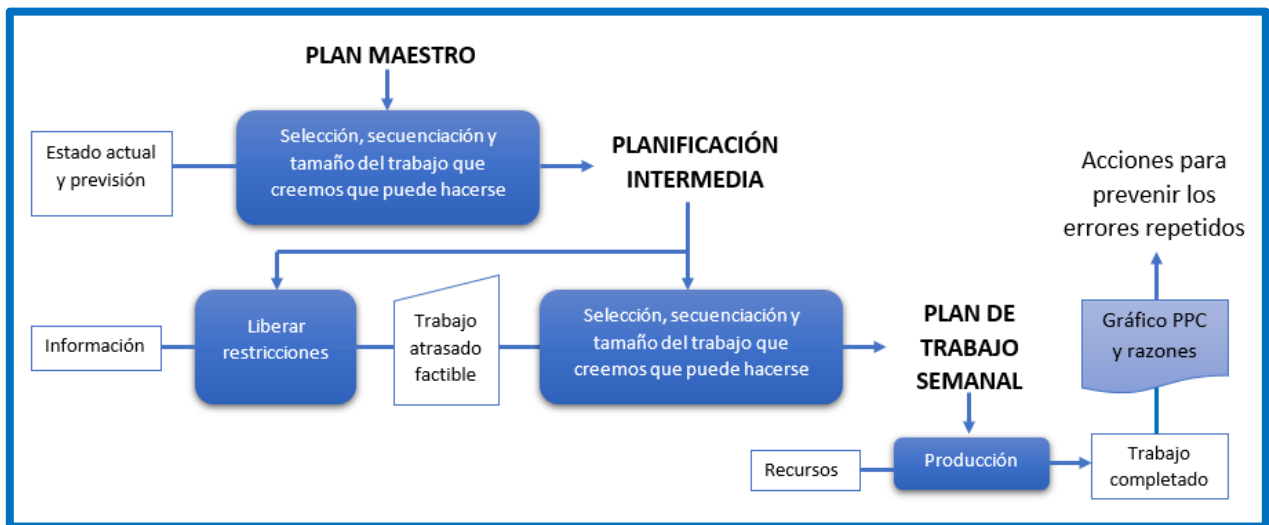


Figura No. 14.- Modelo General de Planificación del Proyecto usando el LPS

Fuente: (Ballard, 2000)

El sistema del último planificador tiene la virtud de ser colaborativo y como se ha comentado en varias ocasiones en esta investigación, basándose en compromisos, al tener un enfoque general de todo el proyecto, esto garantiza que cada semana la gente cumpla con su compromiso semanal, eliminando programas de relleno, así como planes de contingencia e incluso excesos en el inventario y otras actividades que terminan alargando el tiempo de entrega de la obra y que al final de cuentas no añade valor.

Debido a que los flujos de trabajo son más predecibles, los subcontratistas tienen la posibilidad de tomar ventaja en el montaje fuera de la obra, logrando que los subconjuntos puedan producirse y ensamblarse en un entorno más controlado (instalaciones del propio subcontratista). Pons Achell (2014) comenta que esto generalmente lleva a conjuntos de mayor calidad, menor costo y tiempo de instalación en el lugar de trabajo. Sumado a esto, está el hecho de que los proyectos se terminan a tiempo, ahorrándose grandes cifras a la semana en el costo de equipos, maquinaria, alquileres, mano de obra y otros recursos para poder mantener el sitio de trabajo activo.

La metodología del LPS introduce a la planificación general de la obra a través del plan maestro, realizado incluso en la metodología tradicional, sin embargo, las planificaciones intermedias y semanales evitan que se caiga en los fracasos del sistema tradicional, ya que brinda un seguimiento de lo planificado a través del indicador PAC que es el porcentaje del plan completado, o mejor conocido como Porcentaje de Asignaciones Completadas.

Sobre las asignaciones, Botero (2005) las conceptualiza como: El trabajo posible de realizar una vez analizadas y eliminadas las restricciones (cuellos de botella). El individuo o grupo de trabajo que las plantea recibe el nombre de “último planificador”, de donde el sistema toma su nombre. La función de la unidad de producción es realizar correctamente las asignaciones, a través de un proceso de aprendizaje continuo y acción correctiva.

Este indicador forma parte de las herramientas para medir el desempeño de la planificación, pero sobre todo de la productividad que se ha logrado a través de ella en la unidad de producción y se obtiene como la razón entre el número de asignaciones completadas y las planificadas.

$$\text{Avance (\%)} = \frac{\text{Unidades ejecutadas}}{\text{Unidades totales}} \cdot 100$$

Howell (2002) considera que un buen desempeño se sitúa por encima del 80%; un desempeño pobre está por debajo del 60%. Equipos que ya tienen experiencia en el sistema mantiene un desempeño por encima del 85%. Así mismo, es importante que se determinen las causas de incumplimiento de las asignaciones de trabajo, esto dará información necesaria para el mejoramiento del PAC y como resultado obtendremos una mejor en el desarrollo y cumplimiento del proyecto. A continuación, se muestran las fases propias del LPS:

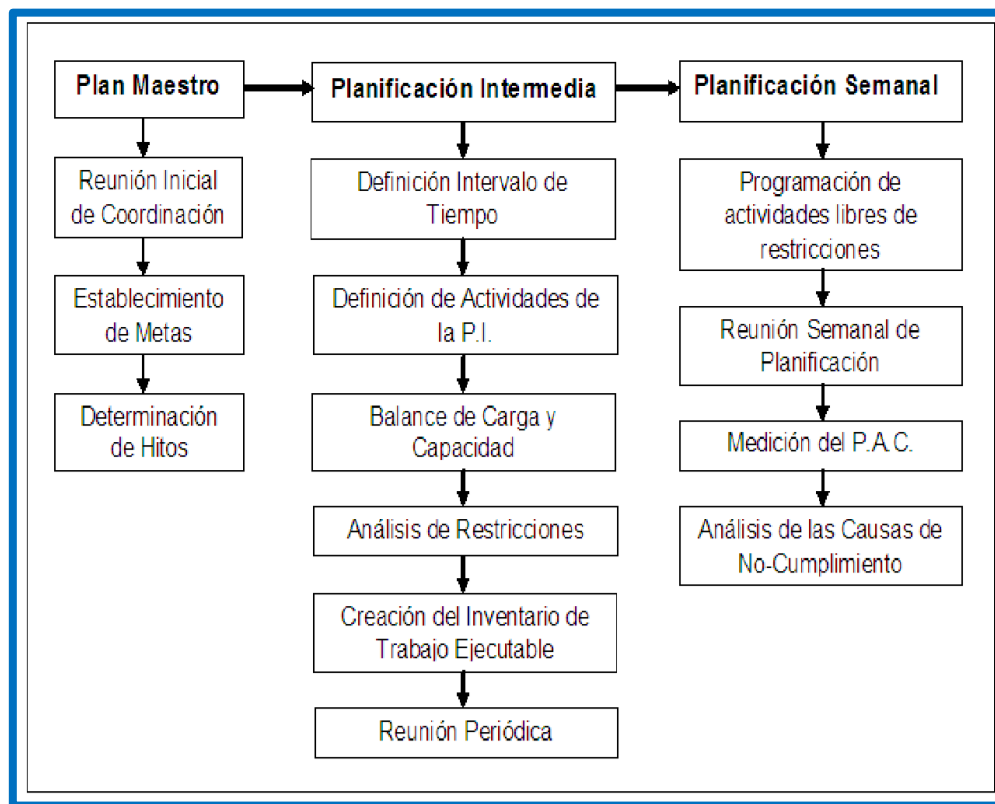


Figura No. 15.- Estructura Fundamental del LPS

Fuente: (Adriazola & Torres, 2004)

Cada una de las etapas del LPS integra una serie de elementos de control, planificación, organización y diseño, a través de los cuáles se consigue optimizar el flujo productivo, entregando en cada etapa el subproducto de calidad al siguiente cliente de la cadena en el proceso de construcción. A continuación, se muestra una gráfica en la que se incorpora la filosofía propia del LPS en la estructura fundamental o las fases que integran al sistema:

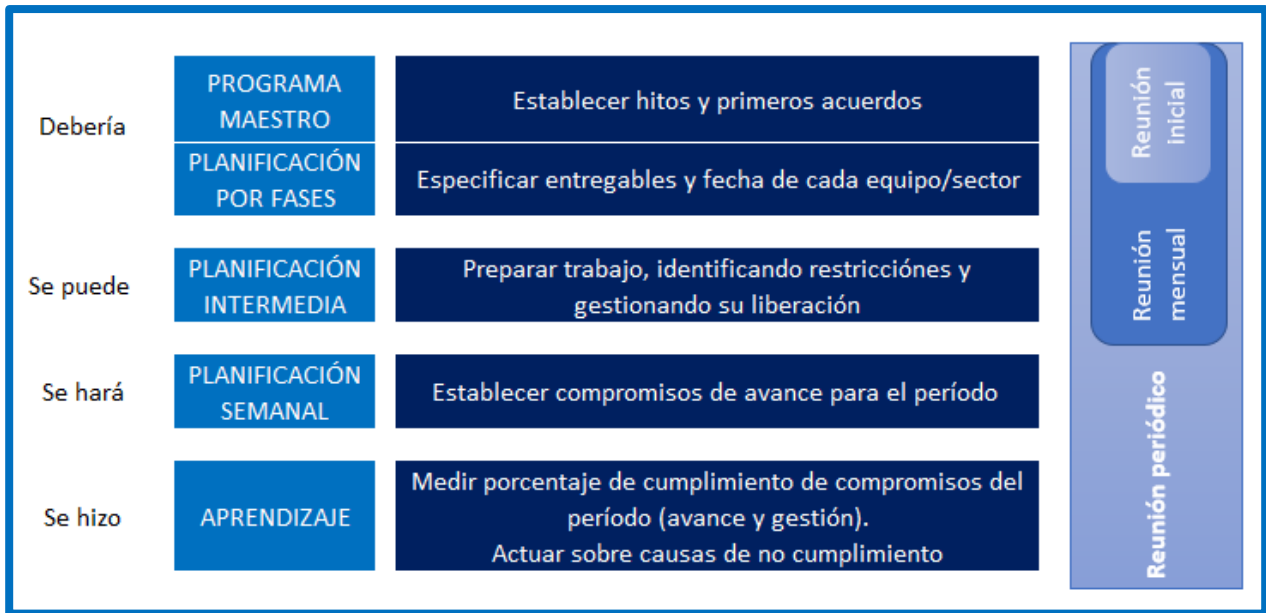


Figura No. 16.-Cuadro resumen LPS  
Fuente: (Pons, 2014)

En la figura anterior se vislumbra como en la primera etapa que es el Plan Maestro se va a mostrar la factibilidad con el cumplimiento en tiempo de actividades e hitos del proyecto, así como los entregables y fechas de cada equipo, esta es la fase del debería, a través de la reunión inicial, esta etapa se acerca mucho a la planificación tradicional, sin embargo, es la segunda fase, la de planificación intermedia la que lleva el programa maestro a la realidad, con el SE PUEDE, a través de preparar el trabajo, identificando restricciones y gestionando la liberación de las mismas a través de reuniones mensuales con el equipo multitarea de la obra.

Por otro lado la fase de la planificación semanal establece compromisos de avance para el periodo, en esta etapa ya se aborda el SE HARÁ de modo que las actividades ya centradas en la realidad puedan hacerse con base en los recursos que ya fueron corroborados, y finalmente se logra un aprendizaje en el SE HIZO, pues se mide el porcentaje de cumplimiento de los compromisos a través del PAC (avance y gestión), y en ese instante se actúa sobre las causas que han generado que las asignaciones no se

cumplan. Cada una de estas fases tiene sus características propias, como consecuencia es necesario abrir un inciso para abordar cada una de ellas.

### 2.3.1.- Programa maestro

Campero y Alarcón (2008) definen al plan maestro como: Aquel que genera el presupuesto y el programa del proyecto, la información obtenida será la real y mostrara el desempeño que se tiene en obra, demostrando así la capacidad de la constructora para la correcta ejecución de determinada obra.

Este programa inicial se desarrolla según los objetivos generales que hayan sido planteados en el programa inicial. Colocando fechas a los objetivos planteados, es decir, establece metas, en esta fase se incorporan dos conceptos importantes, los acontecimientos y los hitos, sobre ellos Díaz Montecino (2007) define que las actividades de duración despreciables, como por ejemplo la llega o suministro de material, un hito será considerado como un acontecimiento especialmente importante, por ejemplo las entregas de estimaciones. De manera que en esta fase se identifican los hitos de control del proyecto.

Esta planificación inicial consiste fundamentalmente en definir las tareas que deben ejecutarse, el orden que debe seguir y su duración, generando de esta manera una línea de actividades con algún tipo de interconexión que conllevan a la ejecución del proyecto, sumado a que se genera el presupuesto inicial. A pesar de que puede ser considerado como un programa tradicional de planificación de la construcción, esta etapa resulta importante para que el LPS proporcione los beneficios esperados. Ya que el programa maestro debe ser realizado con información que represente el verdadero desempeño que posee la empresa constructora en el campo, a través de estadísticas reales de duración, rendimiento, productividad, tiempo y costo para ejecutar distintas actividades, etc.

En la filosofía del *Lean Construction* se considera el diseño como una etapa en donde el equipo desarrolla diferentes alternativas, basadas en requisitos, limitaciones y el costos

del proyecto con el objetivo de encontrar la mejor alternativa de diseño que cumpla las necesidades del cliente entregándole el máximo valor (Pons, 2014).

El plan maestro se lleva a cabo a través de una *Pull Session*<sup>8</sup> mediante estas sesiones se destapa la ruta crítica del proyecto, sin embargo, a diferencia del modelo tradicional, en el LPS cada contratista o profesionalista interviene en el diseño de la etapa crítica, eliminando la mayoría de los supuestos, logrando compromiso con las actividades que les ha tocado a cada uno. Algunos de los elementos que se abordan en estas sesiones iniciales son:

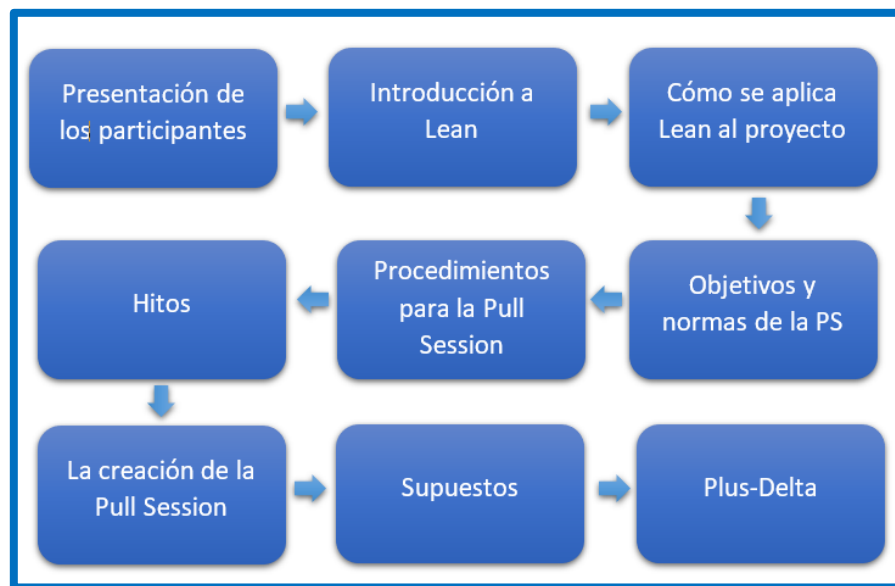


Figura No. 17.- Elementos que forman parte del *Pull Session*.

Fuente: (Napolitano, 2013)

Campero y Alarcón (2008) definen que el programa maestro proporciona un mapa de coordinación de actividades que lleva a la materialización del proyecto, con base en una gráfica Gantt, determinando la secuencia constructiva y generando hitos de control, definiendo el alcance y plazos de entrega. Debido a lo anteriormente expuesto, es necesario identificar a los responsables de las actividades a realizar, ya sea el contratista principal, subcontratistas o los proveedores, así como a los actores externos, como administraciones públicas, empresas de servicio público, gestores de infraestructura,

<sup>8</sup> Reunión multitarea en donde todos los involucrados en la obra intervienen en los prerrequisitos de la obra.

entre otros. Esto quiere decir que se programa ya a los involucrados de los que depende la ejecución de las actividades programadas y cómo afectará a la consecución del proyecto.

Rodríguez et al. (2011) comenta que el conocimiento de los participantes en la ejecución del proyecto aporta una imagen más fiel de la realidad del proyecto. Además, es el objeto de revisiones dado el aprendizaje obtenido por el cumplimiento de la programación intermedia y semanal del proyecto. De manera que esta planificación inicial consistirá en definir las tareas que deberán ejecutarse, el orden, el tiempo de ejecución, secuenciando las actividades interrelacionadas que llevan a la realización del proyecto, adicional a esto, esta programación incorpora un presupuesto inicial, para que en el *Look Ahead* o planificación intermedia puedan analizarse las actividades, que el plan maestro determina que se van a desarrollar. De manera que a continuación se abordara la planificación denominada *Look Ahead*.

### 2.3.2.- Planificación intermedia

Traduciendo del inglés lo dice *Look Ahead*, la planificación intermedia consiste en mirar hacia adelante, Campero y Alarcón (2008) comentan que la planificación intermedia se realiza con una visión de 4 a 6 semanas, con el objetivo de controlar el flujo de trabajo, entendido como la coordinación de trabajos, proveedores, recursos, información y requisitos necesarios para poder realizar las actividades. Esta planificación requiere de intervalos semanales debido a la incertidumbre, ya que como lo indica Alarcón (2003) se hace complejo determinar actividades específicas a largo plazo, además de que se relaciona las tareas a ejecutar tomando en cuenta condiciones reales, con esto se planea con un mayor grado de confianza en la ejecución de la obra.

El número de semanas sobre el cual se extenderá la planeación intermedia es seleccionado dependiendo de las características del proyecto, la confiabilidad del sistema de planificación y los tiempos de respuesta para la adquisición de información, materiales, mano de obra y maquinaria. Esto se debe a que, algunas actividades tienen tiempo de

respuesta largo para generar el abastecimiento, es decir, un largo plazo desde el momento en que se pide la entrada hasta que ésta es recibida (Campaña, 2015). Estos periodos de respuesta estarán identificados durante la planificación inicial para cada actividad incluida en el programa maestro, propio de la primera fase.

De modo que en la planificación intermedia se busca controlar el flujo de trabajo, coordinación de diseños, proveedores, recursos humanos, subcontratos, información y requisitos previos, que son necesarios para la producción y ejecución de la obra. Sobre la misión de esta fase Herrera Valencia (2016) comenta que es la de determinar el flujo de trabajo para el último planificador, este genera el compromiso de lo que se hará en terreno, antes de evaluar de lo que se debería contra lo que se puede hacer, teniendo en cuenta los recursos que haya disponibles .

Al detallar y ajustar el presupuesto del programa general, se arrastran recursos hacia la obra, y con ello se protegen actividades para las que en un futuro probablemente no existan recursos disponibles, a esto se le conoce como analizar las restricciones futuras y es parte integral de la planificación intermedia. Rodríguez Fernández (2011) comenta que esta fase es necesario que se defina según las necesidades de cada caso particular, pudiendo variar desde cuatro a ocho semanas, hasta quince a dieciséis semanas. A través de esto se logra definir el que se “PUEDE” hacer en el periodo de tiempo contemplado. Así es como a través de estos elementos se identificarán los posibles retrasos o adelantos, dado el análisis de ajustes que se realicen. Campero y Alarcón (2008) definen que las actividades de la planificación intermedia son la revisión de secuencia de actividades, balanceo de carga vs capacidad y el desarrollo detallado de los métodos de ejecución y Díaz Montecino (2007) suma también el enlistar las actividades listas para ejecutar por la importancia que estos tienen es necesario profundizar en cada uno de ellos:

#### 1.- Equilibra la Carga de Trabajo<sup>9</sup> vs Capacidad<sup>10</sup>.

---

<sup>9</sup> Cantidad de Salidas esperadas para una unidad de producción en un tiempo dado.

<sup>10</sup> Cantidad de trabajo que una unidad de producción puede lograr en un tiempo dado.

Lo ideal es que la carga de trabajo que se asigna a una unidad de producción se equilibre con la capacidad que tiene dicha unidad. En la fase intermedia se comienza la planeación de este equilibrio, sin embargo, siguiendo la idea del *Lean Construction* y del Poder Hacer, en esta etapa, el planificador solo tiene la noción de qué tipo de unidad de producción requiere para llevar a cabo el trabajo y no que unidad específica lo llevará a cabo. Situación que se sabrá hasta la etapa de programación semanal.

En la práctica, el equilibrio es muy difícil, porque la variabilidad en las cargas y capacidades dependen de la naturaleza del trabajo, esta variabilidad es mayor en la planificación intermedia que en el plan semanal debido a la incertidumbre con respecto a la asignación real de los recursos (Campero & Alarcón, 2008). Durante esta etapa el planificador puede adelantar o retrasar actividades mientras se esfuerza por balancear el flujo de trabajo.

## 2.- Revisión de la secuencia de actividades.

Según Barría Norambuena (2009) la secuencia de trabajo de las actividades planteadas debe ser lógica. Las asignaciones se deben hacer a partir de aquellas consideradas legítimas en orden de prioridad y ejecución. Este punto es abordado en el programa maestro, sin embargo, la revisión de la secuencia de las actividades generadas en la primera fase va a permitir la identificación de lo que se debía hacer (en una etapa inicial), con lo que la realidad presenta y puede hacerse, ya que la planificación intermedia posee mayor grado de detalle que el de la primera fase del LPS.

## 3.- Desarrollar detalladamente los métodos de ejecución.

Evidentemente, que el detalle, detenimiento, la puntualización o el esclarecimiento individual de los métodos de ejecución logra que se identifiquen los posibles pormenores que se pueden tener en el futuro próximo, de este modo se consigue

que una actividad programada no se enfrente a un aplazamiento por imposibilidad de ejecución.

4.- Mantener un listado de actividades listas para ejecutar.

Finalmente, este punto incluido por Montecino (2007) engloba la revisión de restricciones de cada actividad que se realiza en la planificación intermedia. Esta revisión brinda un nuevo concepto conocido como inventario de trabajo ejecutable. Logrando que a pesar de que una actividad que se encuentre programada no pueda ser ejecutada, la unidad de producción no quedará ociosa al tener siempre una actividad no incluida en la programación semanal que puede ser ejecutada, a través de contar con una holgura que permite que sea distribuida en el tiempo, logrando así estabilizar el flujo de trabajo y evitar aplazamientos.

Como consecuencia, de los puntos anteriores, el Inventario de Trabajo Ejecutable y la Restricción de actividades son los dos conceptos importantes en la etapa de la programación intermedia.

a) Inventario de Trabajo Ejecutable.

Una vez que se han eliminado las restricciones que puedan llegar a tener las actividades, pasan a una lista de ejecutables, a esa lista se le conoce como Inventario de Trabajo Ejecutable, de la cual Alpízar Ávalos (2017), comenta que en esta etapa se pasa desde las actividades que se deben hacer, hacia las actividades que se pueden hacer, o sea, ya hay una causa palpable o visible para que no puedan ser ejecutables en el momento en que se desee.

Dentro de esta lista (ITE), se encuentran las actividades programadas en la fase del *Look Ahead*, con la intención de asegurar un trabajo realizable por las cuadrillas, ya que como su nombre lo indica busca que haya un inventario de trabajo y no se pare la producción, La intención del ITE es asegurar un trabajo realizable con el doble de capacidad que las que se tienen efectivamente en la obra.

Esto se logra a través de integrar las actividades programadas para semanas futuras en la programación general y las que presentan un retraso o adelanto, siempre y cuando no sean actividades propias de la ruta crítica que pongan en riesgo la calendarización de la obra. Díaz (2007) comenta que la ITE se elabora con la finalidad de no tener nunca cuadrillas o subcontratistas ociosos por el motivo de no tener potenciales trabajos para ejecutar, en caso de que falle la ejecución de alguna actividad considerada en el programa semanal, debido a una causa no prevista. El impacto que tiene el tiempo ocioso<sup>11</sup> en la producción se resuelve a través del ITE, tareas potencialmente realizables a través del cual se puede elegir que se hará desde un universo de lo que puede hacerse.

#### b) Restricciones de las actividades.

En cada una de las actividades que se contemplan en el *Look Ahead* o programación intermedia, se debe identificar los factores que impiden que una actividad pueda ser ejecutada, a estos factores se les denomina restricciones. Sobre esto, Angeli Gutiérrez (2017) comenta que cada actividad dentro de la planificación intermedia tiene restricciones que impiden el desarrollo de la actividad y se debe asignar responsables encargados de liberarlas, esto involucra dos procesos: Revisión y Preparación. Sobre estos dos procesos Sabbatino (2011) comenta que: En la Revisión se determina la entrada de actividades al periodo de *Look Ahead*, dependiendo si sus restricciones pueden ser liberadas dentro de la duración establecida y a la probabilidad de removerlas antes del comienzo programado; mientras que la Preparación consiste en gestionar las acciones necesarias para liberar o levantar las restricciones encontradas dejando la actividad lista para comenzar. Una vez que se tenga la certeza de que la restricción fue liberada, se puede incluir estas actividades al inventario de trabajo ejecutable.

---

<sup>11</sup> Tiempo **ocioso**. Se utiliza este término en el mundo laboral a la mano de obra indirecta que representa salarios pagados por tiempo improductivo debido a circunstancias ajenas al control del trabajador.

De modo que en su mayoría las restricciones en la industria de la construcción son por Diseño, relacionada a la falta de planos y detalles, materiales, mano de obra, equipos, prerrequisitos, relacionada a actividades incompletas y que proceden a la tarea que se va a ejecutar.

### 2.3.3.-Planificación semanal.

La planificación semanal es la selección de tareas que se encuentran dentro del Inventario de Trabajo Ejecutable y que, como su nombre lo indica, se planifican para la semana de trabajo. Presentan un gran nivel de detalle y debe ser realizada por supervisores de construcción que controlan directamente la ejecución del trabajo (Barría, 2009).

Esta fase es la que representa mayor nivel de detalle antes de comenzar una labor, se trabaja por diseñadores, supervisores de terreno, capataces y otras personas involucradas directamente en la ejecución de la actividad, materializando un programa conjunto para los integrantes. Campero y Alarcón (2008) comentan que en esta planificación se definen actividades del programa, en términos de lo que se debe estar hecho, así se determinan su duración y se organizan secuencialmente para desarrollar los objetivos del proyecto. El trabajo se ejecuta a través de cuadrillas, denominadas en el LPS como unidades de producción, delegadas por la administración para llevar a cabo el programa diseñado.

De modo que el objetivo de esta última fase de planificación es controlar a la unidad de producción (cuadrillas), a través de lograr de manera progresiva asignaciones de mayor calidad mediante el aprendizaje continuo y acciones correctivas. Este control de la unidad de producción dependerá de la calidad en asignaciones hechas por el LPS. Una de las principales características que hacen que la asignación sea de calidad es que los prerrequisitos tengan la actividad ya deben haber finalizado (lo que en terreno es llamado “cancha”) en el fondo es que la unidad de producción tenga lo que necesita de otros (Díaz, 2007).

Además de la determinación de actividades que entran en la planificación intermedia analizando y responsabilizando restricciones de cada tarea ingresada, en estas reuniones semanales se persiguen los siguientes objetivos:

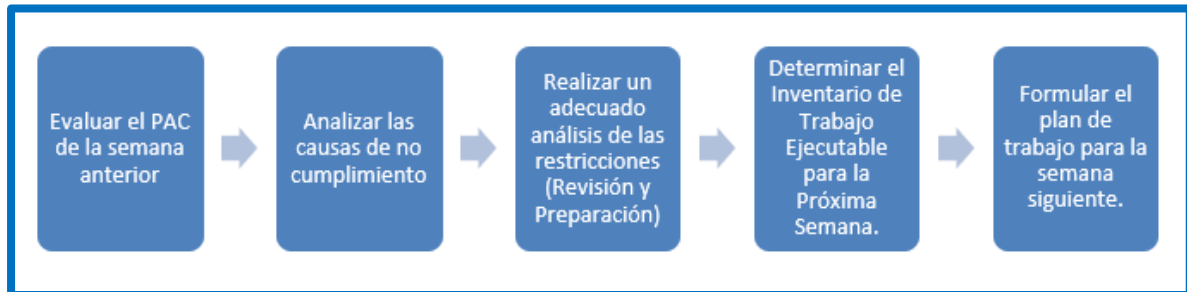


Figura No.18.- Objetivos de la Reunión Semanal.

Fuente: (Angeli, 2017)

Este proceso semanal reiterativo va a generar una retroalimentación para corregir imperfecciones y prevenir amenazas que ocurran durante el desarrollo de la obra. La retroalimentación resulta ser una parte fundamental en el LPS ya que en la manera que se den a conocer los motivos por los que no se completa una programación semanal se podrá mejorar, el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) es el indicador que nos dará esta información. Díaz (2007) enlista algunas de las causas de no cumplimiento de programación semanal más comunes:

1. Falla en sistemas de información. Por ejemplo, considerar actividades prerequisite como finalizadas, siendo que no es así.
2. Falla en aplicar los criterios de calidad mencionados. Por ejemplo, tal vez la actividad no cumplió el avance programado para la semana porque se sobrestimó la capacidad de la cuadrilla.
3. Cambio en las prioridades de la obra, destinando recursos a actividades urgentes.

Existe otro concepto dentro de la planeación semanal que es la protección, de la cual Campero y Alarcón (2008) la definen como una estrategia alternativa en condiciones de flujo de trabajo incierto. Esta protección incrementa la fiabilidad de los compromisos de la planificación semanal.

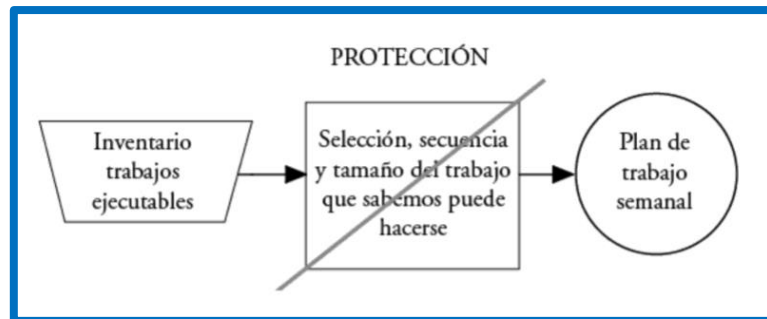


Figura No. 19.- Concepto de Protección.

Fuente: (Campero & Alarcón, 2008)

El plan de trabajo semanal resulta un compromiso de ejecución en donde se imprime el trabajo que puede ser hecho, y el LPS coloca la protección en torno a las unidades productivas, protegiéndolas de la incertidumbre que en muchas ocasiones abunda dentro del terreno de trabajo, así como de la variabilidad, lo que aumenta la fiabilidad del plan incrementando el rendimiento, a lo largo del flujo de producción.

#### 2.4.- Indicadores propios de la metodología *Last Planner*

Principalmente son tres los indicadores propios de la Metodología de Planificación que contempla el LPS, estos son:

1. Porcentaje de Actividades/Programa Completadas. (PAC) (PPC)
2. Causas de No Cumplimiento. (CNC)
3. Porcentaje de Cumplimiento de Restricciones (PCR).

Sobre el primero de ellos, Aguirre Asencio (2013) comenta que mide la fiabilidad del sistema de planificación. El PAC es el número de las actividades planificadas completadas dividido por el número total de las actividades planificadas expresado como un porcentaje. Sobre este indicador ya se había hablado con anterioridad, sin embargo, es necesario profundizar en este concepto ya que mide el grado en que la línea de compromiso del encargado de la correspondiente actividad.

Consiste en determinar si la sesión se ha completado o no de acuerdo con el plan, es obligatorio a la hora de calcular PAC, también lo es elaborar un reporte sobre las razones por las cuales se fracasó en completar el trabajo según lo previsto y esto es aún más importante. Si se observa la siguiente figura:

|                                    |                          |              |               | Semana 4  |           |           |           |           | PAC |
|------------------------------------|--------------------------|--------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|
|                                    |                          |              |               | 18-nov-16 | 19-nov-16 | 20-nov-16 | 21-nov-16 | 22-nov-16 |     |
|                                    |                          |              |               | SEMANA 4  |           |           |           |           |     |
| Dirección                          | Actividades              | Fecha Inicio | Fecha Término | Mi        | ju        | vi        | lu        | ma        | PAC |
| 5°Piso - Moldaje Elevaciones       | Moldajes Zona 3          |              |               |           |           |           |           |           | 1   |
| 5°Piso - Hormigonado Elevaciones   | Hormigonado Zona 3       |              |               |           |           |           |           |           | 1   |
| 5°Piso - Moldaje Carpintería Losas | Moldaje Losas Zona 2     |              |               |           |           |           |           |           | 1   |
| 5°Piso - Moldaje Carpintería Losas | Moldaje Losas Zona 3     |              |               |           |           |           |           |           | 1   |
| 5°Piso - Enfierradura Losas Cielo  | Enfierradura Losa Zona 1 |              |               |           |           |           |           |           | 1   |
| 5°Piso - Enfierradura Losas Cielo  | Enfierradura Losa Zona 2 |              |               |           |           |           |           |           | 1   |

Figura No. 20.- Planilla de Medición del PAC

Fuente: (Angeli, 2017)

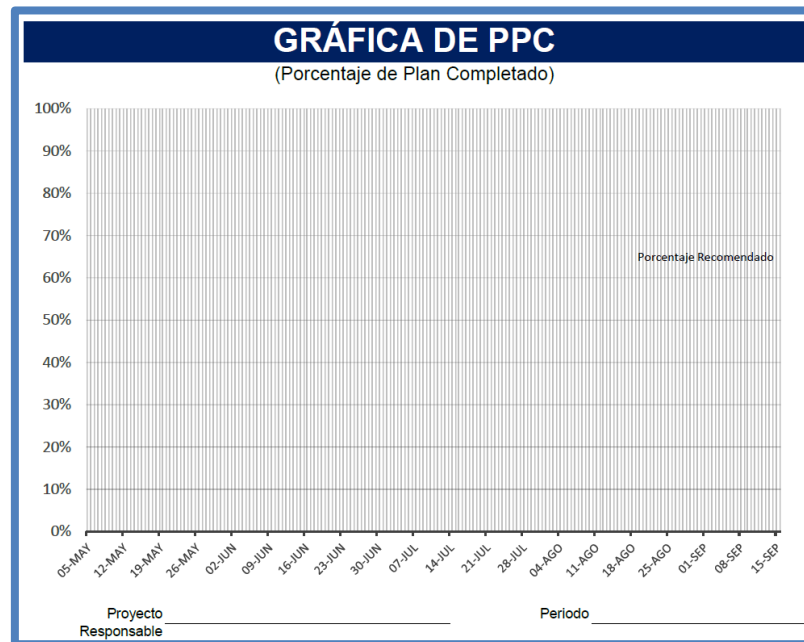


Figura No. 21 Gráfica de PPC

Fuente: Curso de *Last Planner* (Millán, 2020)

La actividad será considerada como completada sólo si se ha finalizado, de lo contrario es considerada como una actividad no realizada, en la figura 20 se le asigna un 1 cuando se haya completado, de lo contrario se le asigna un cero. El índice ha sido remplazado por el Porcentaje de Programa Completo (PPC) sin embargo solo cambia el nombre. De

esta manera el PPC evalúa hasta qué punto se están cumpliendo los compromisos de las cuadrillas o unidades de producción, así como de los subcontratistas para ejecutar el trabajo. Siendo un medio de retroalimentación que ayuda en la toma de decisiones para las próximas semanas.

De modo que si el porcentaje completado es superior al 90% casi obteniendo un 100% muestra que la ejecución de la obra es tal cual programó, sugiriendo que la planeación semanal no se está realizando de la debida forma. Esto se podría reflejar en que los involucrados no realizan su máximo esfuerzo por lograr ser más eficientes semana por semana, y que solo se comprometen con metas que están por debajo de su rendimiento para no sentirse presionados al momento de entregar resultados. El PPC, que cada semana se debe de obtener, se puede representar en una gráfica que muestre su comportamiento con respecto al tiempo, con la finalidad de analizar si hay mejora durante la aplicación del LPS y encontrar las acciones necesarias para lograr una mejora.

En cuanto a las causas de no cumplimiento, son definidas como los motivos por las cuales una actividad o tarea no pudo ser realizada al 100% tal cual se proyectó en el plan semanal. Es de suma importancia determinar las CNS ya que nos brindan información en materia de mejora continua (Alpízar, 2017) .Incluso se puede abrir un espacio en la Plantilla de Control Semanal (Figura 20), en donde se incorporen opciones de causas de no cumplimiento, para denotar las que se presentan con más frecuencia. Estas opciones son dependiendo de cada obra, sin embargo, entre las opciones más utilizadas en los LPS están:

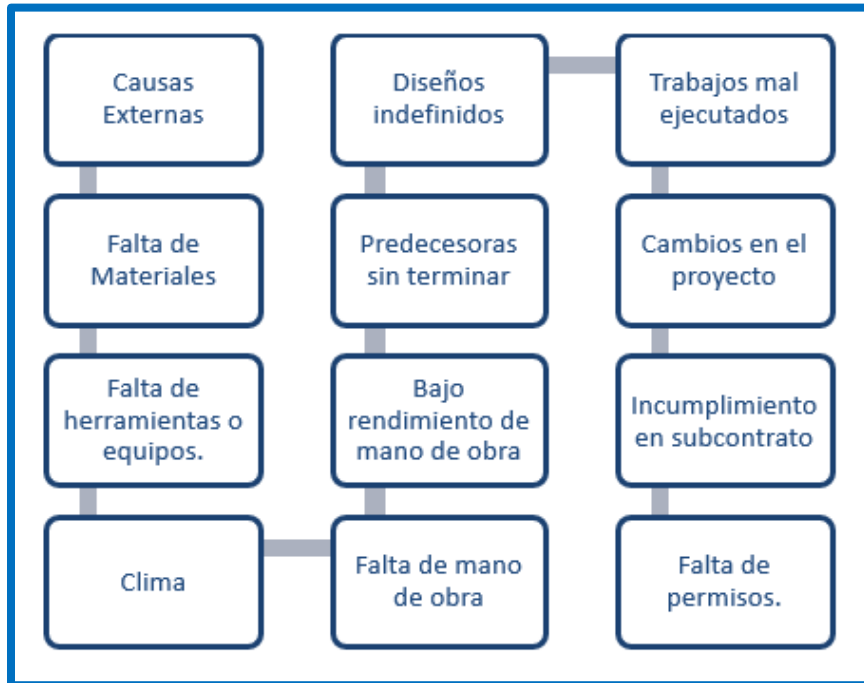


Figura No.22.- Causas de No Cumplimiento.

Fuente: Elaboración Propia.

La finalidad de la medición de los indicadores es conocer los parámetros que evalúe el trabajo realizado por el equipo de trabajo y que realmente sea reflejado en el avance real de la obra. Y también conocer las causas por las cuales actividades programadas no se llevan a cabo y tomar medidas de acción para corregirlas.

El último de los indicadores es el porcentaje de cumplimiento de restricciones, de la cual Marín (2015) comenta que muestra cómo ha sido el desempeño en la liberación de restricciones comprometidas en la planificación intermedia. Es importante tener responsables claros en la liberación para una mejor planificación a corto plazo. Este indicador se calcula al final de cada periodo de corto plazo a través de la siguiente fórmula:

$$PCR = \frac{A + B}{C}$$

En donde:

A: Número de restricciones liberadas en el periodo de corto plazo actual, cuya fecha comprometida para su liberación se encuentra dentro del periodo de corto plazo.

B.- Número de restricciones cuya fecha comprometida de liberación se encuentra dentro del periodo actual, sin embargo, su fecha de liberación efectiva se realizó en un periodo de Corto Plazo Anterior.

C: Total de restricciones, cuya fecha comprometida de liberación se encuentra dentro del periodo de corto plazo actual.

Al igual que el PPC, el PCR se calcula para cada periodo de corto plazo, mostrando cómo ha sido la evolución de la liberación de restricciones de cada periodo, reconociendo si el programa se está llevando de manera correcta en cuanto al cumplimiento de responsabilidades.

## **2.5.- Prerrequisitos y restricciones del LPS**

Ya se ha indicado que entre los objetivos del *Last Planner System* se encuentra el de conseguir aumentar el flujo de trabajo y que la programación se realice en base a lo que en realidad puede realizarse, al grado de acortar gradualmente la brecha entre lo que se PUEDE y lo que se HARÁ. Y para ello se necesita la intervención de eficiencia en los prerrequisitos y disminución en las restricciones.

Sanchis Mestre (2013) define a los prerrequisitos como: Estados, acciones o actividades que deben darse con anterioridad a que se pueda desempeñar una tarea. Pueden depender de la misma unidad de producción que va a ejecutar la tarea o de otros agentes. Hasta que el prerrequisito no sea liberado, no se podrá programar la tarea.

Los prerrequisitos constituyen la fuente de trabajo a una unidad de producción, de modo que se deben terminar las tareas previas, es decir, las actividades que deban cumplirse antes que se inicie otra actividad, en obra a esta restricción se le llama cancha. Por otro lado, las restricciones coinciden con los prerrequisitos en el hecho de que impiden la ejecución de una tarea. Como, por ejemplo, la falta de materiales, definición de diseño, mano de obra, entre otras. Éstas deben ser registradas por motivos de mejora continua, en donde se especifique el sector que está afectando dicha restricción, la actividad que

se está viendo afectada y el tipo de restricción, así como una breve descripción de la restricción, el responsable de lograr su liberación, en qué fecha se compromete y finalmente la fecha real de liberación.

| LOOKAHEAD DE PRODUCCIÓN |                             |           |               |           |                      |               |                |                      |      |      |       |       |           |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |      |    |  |  |
|-------------------------|-----------------------------|-----------|---------------|-----------|----------------------|---------------|----------------|----------------------|------|------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|----|--|--|
| HORIZONTE: 3 SEMANAS    |                             |           |               |           |                      |               |                |                      |      |      |       |       |           |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |      |    |  |  |
| PROYECTO                |                             |           |               |           |                      |               |                |                      |      |      |       |       |           |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |      |    |  |  |
| FECHA:                  |                             |           |               |           |                      |               |                |                      |      |      |       |       |           |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |      |    |  |  |
| Item                    | Descripción de la Actividad | Und       | Metrado Total | Rtlo Méta | Rtlo de Programación | HH Requeridas | HH Programados | SEMANA 25            |      |      |       |       | SEMANA 26 |       |       |       |       | SEMANA 27 |       |       |       |       |       |       |       |      |    |  |  |
|                         |                             |           |               |           |                      |               |                | L                    | M    | M    | J     | V     | S         | L     | M     | M     | J     | V         | S     | L     | M     | M     | J     | V     | S     |      |    |  |  |
|                         |                             |           |               |           |                      |               |                | Cantidad de Personal |      |      |       |       |           |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |      |    |  |  |
|                         |                             |           |               |           |                      |               |                | 01                   | 02   | 03   | 04    | 05    | 06        | 07    | 08    | 09    | 10    | 11        | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | 19   | 20 |  |  |
| <b>MANO DE OBRERA</b>   |                             |           |               |           |                      |               |                |                      |      |      |       |       |           |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |      |    |  |  |
| <b>COSTOS</b>           |                             |           |               |           |                      |               |                |                      |      |      |       |       |           |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |      |    |  |  |
| <b>Losa de Fondo</b>    |                             |           |               |           |                      |               |                |                      |      |      |       |       |           |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |      |    |  |  |
| Acece                   | kg                          | 7.500,00  | 0,0480        | 0,0480    | 360,36               | 360,36        |                | 9,00                 | 9,00 | 9,00 |       |       |           |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |      |    |  |  |
| Encofrado               | m <sup>2</sup>              | 90,00     | 1,2000        | 1,2000    | 72,00                | 90,00         |                |                      |      |      | 9,00  | 9,00  | 9,00      |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |      |    |  |  |
| Concreto                | m <sup>3</sup>              | 96,00     | 10,0000       | 10,0000   | 96,00                | 96,00         |                |                      |      |      | 4,00  | 4,00  | 4,00      |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |      |    |  |  |
| <b>Muros</b>            |                             |           |               |           |                      |               |                |                      |      |      |       |       |           |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |      |    |  |  |
| Acece                   | kg                          | 21.333,33 | 0,0485        | 0,0485    | 961,50               | 961,50        |                | 9,00                 | 9,00 | 9,00 | 9,00  | 9,00  | 9,00      | 9,00  | 9,00  | 9,00  | 9,00  | 9,00      | 9,00  | 9,00  | 9,00  | 9,00  | 9,00  | 9,00  | 9,00  | 9,00 |    |  |  |
| Encofrado               | m <sup>2</sup>              | 694,40    | 1,2500        | 1,2500    | 788,00               | 788,00        |                |                      |      |      | 10,00 | 10,00 | 10,00     | 10,00 | 10,00 | 10,00 | 10,00 | 10,00     | 10,00 | 10,00 | 10,00 | 10,00 | 10,00 | 10,00 | 10,00 |      |    |  |  |
| Concreto                | m <sup>3</sup>              | 296,00    | 1,2500        | 1,2500    | 320,00               | 320,00        |                |                      |      |      | 5,00  | 5,00  | 5,00      | 5,00  | 5,00  | 5,00  | 5,00  | 5,00      | 5,00  | 5,00  | 5,00  | 5,00  | 5,00  | 5,00  | 5,00  |      |    |  |  |
| <b>Losa de Tapa</b>     |                             |           |               |           |                      |               |                |                      |      |      |       |       |           |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |      |    |  |  |
| Acece                   | kg                          | 7.500,00  | 0,0480        | 0,0480    | 360,36               | 360,36        |                |                      |      |      |       |       |           |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |      |    |  |  |
| Encofrado               | m <sup>2</sup>              | 90,00     | 1,2000        | 1,2000    | 72,00                | 90,00         |                |                      |      |      |       |       |           |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |      |    |  |  |
| Concreto                | m <sup>3</sup>              | 96,00     | 10,0000       | 10,0000   | 96,00                | 96,00         |                |                      |      |      |       |       |           |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |      |    |  |  |
| <b>EDIFICIO</b>         |                             |           |               |           |                      |               |                |                      |      |      |       |       |           |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |      |    |  |  |
| <b>Zapatas y Placas</b> |                             |           |               |           |                      |               |                |                      |      |      |       |       |           |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |      |    |  |  |
| Acece                   | kg                          | 8.000,00  | 0,0480        | 0,0480    | 480,48               | 480,48        |                | 9,00                 | 9,00 | 9,00 | 9,00  | 9,00  | 9,00      | 9,00  | 9,00  | 9,00  | 9,00  | 9,00      | 9,00  | 9,00  | 9,00  | 9,00  | 9,00  | 9,00  | 9,00  | 9,00 |    |  |  |
| Encofrado               | m <sup>2</sup>              | 300,00    | 1,2000        | 1,2000    | 384,00               | 384,00        |                |                      |      |      | 9,00  | 9,00  | 9,00      | 9,00  | 9,00  | 9,00  | 9,00  | 9,00      | 9,00  | 9,00  | 9,00  | 9,00  | 9,00  | 9,00  | 9,00  | 9,00 |    |  |  |
| Concreto                | m <sup>3</sup>              | 100,00    | 10,0000       | 10,0000   | 100,00               | 100,00        |                |                      |      |      | 2,00  | 2,00  | 2,00      | 2,00  | 2,00  | 2,00  | 2,00  | 2,00      | 2,00  | 2,00  | 2,00  | 2,00  | 2,00  | 2,00  | 2,00  | 2,00 |    |  |  |
| Estructuras Metálicas   | kg                          | 7.450,00  | 0,0000        | 0,0000    |                      |               |                |                      |      |      |       |       |           |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |      |    |  |  |
| <b>Contrapeso</b>       |                             |           |               |           |                      |               |                |                      |      |      |       |       |           |       |       |       |       |           |       |       |       |       |       |       |       |      |    |  |  |
| Acece                   | kg                          | 8.000,00  | 0,0480        | 0,0480    | 384,38               | 384,38        |                | 2,00                 | 2,00 | 2,00 | 2,00  | 2,00  | 2,00      | 2,00  | 2,00  | 2,00  | 2,00  | 2,00      | 2,00  | 2,00  | 2,00  | 2,00  | 2,00  | 2,00  | 2,00  | 2,00 |    |  |  |
| Encofrado               | m <sup>2</sup>              | 400,00    | 1,2000        | 1,2000    | 480,00               | 480,00        |                |                      |      |      | 3,00  | 3,00  | 3,00      | 3,00  | 3,00  | 3,00  | 3,00  | 3,00      | 3,00  | 3,00  | 3,00  | 3,00  | 3,00  | 3,00  | 3,00  | 3,00 |    |  |  |
| Concreto                | m <sup>3</sup>              | 200,00    | 1,2000        | 1,2000    | 240,00               | 240,00        |                |                      |      |      | 1,00  | 1,00  | 1,00      | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00      | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00 |    |  |  |

| REGISTRO                  |                     |   |  |  |   |                               |   |                                |   |
|---------------------------|---------------------|---|--|--|---|-------------------------------|---|--------------------------------|---|
| SISTEMAS PRODUCTIVOS      |                     |   |  |  |   |                               |   |                                |   |
| ANÁLISIS DE RESTRICCIONES |                     |   |  |  |   |                               |   |                                |   |
| MEMBRE DE PROYECTO        |                     | CIUDAD MA   |  | ELEGIRABAMA  |   | CÓDIGO                        |   | ESTADOS                        |   |
|                           |                     |   |  |  |   | 3728                          |   | FORJADOS ENPROCESO EJECUCIÓN   |   |
| SEMANA                    |                     | CLIENTE   |  | MISTRATA   |   |                               |   |                                |   |
|                           |                     |   |  |  |   |                               |   |                                |   |
| Tip                       |                     | Responsable Asignación  |  | Descripción de la Actividad  |   | Descripción de la Restricción |   | Fecha de Liberación (EJECUTIV) |   |
|                           |                     |   |  |  |   |                               |   |                                |   |
| RESPONSABLE               |                     | RESPONSABLE   |  | RESPONSABLE  |   | RESPONSABLE                   |   | RESPONSABLE                    |   |
|                           |                     |   |  |  |   |                               |   |                                |   |
| PREVENCIONES              |                     | PREVENCIONES  |  | PREVENCIONES   |   | PREVENCIONES                  |   | PREVENCIONES                   |   |
|                           |                     |   |  |  |   |                               |   |                                |   |
| RECURSOS DE TIEMPO        |                     | RECURSOS DE TIEMPO  |  | RECURSOS DE TIEMPO   |   | RECURSOS DE TIEMPO            |   | RECURSOS DE TIEMPO             |   |
|                           |                     |   |  |  |   |                               |   |                                |   |
| A                         | EQUIPOS             | HALLEROS EQUIPOS Y ALMACEN DE ACEITE                              | Entrega de Palas de Escavos y Almacén de Aceite                              | 2002-01-05   | El alta cambiar la zona de muestreo y pasar de punto conjuntamente con el sistema de ubicación de máquina de los equipos. Punto de agua, desague, ventila, drenajes, ubicación de almacén, paradas, iluminación. Se requiere instalar resistencia en el piso. | 2002-01-05                    | El alta cambiar la zona de muestreo y pasar de punto conjuntamente con el sistema de ubicación de máquina de los equipos. Punto de agua, desague, ventila, drenajes, ubicación de almacén, paradas, iluminación. Se requiere instalar resistencia en el piso. | 2002-01-05                     | El alta cambiar la zona de muestreo y pasar de punto conjuntamente con el sistema de ubicación de máquina de los equipos. Punto de agua, desague, ventila, drenajes, ubicación de almacén, paradas, iluminación. Se requiere instalar resistencia en el piso. |
| A                         | CALEDA              | Construcción de laboratorio                                       |  | 2002-01-05   |   | 2002-01-05                    |   | 2002-01-05                     | Calidad deberá emitir la respuesta a los consultas por Ingeniería (PI) emitida por producción (Compartiment)  |
| A                         | HABILITACION URBANA | PLATAFORMAS DE VEHICULOS Y CONSTRUCCIONES REDES DE SERVICIO Y GAS | 2002-01-21   | FECHA DE ENTREGA DE LA PLATAFORMA DEL SECTOR 2- PLATAFORMA DEL OESTE |   | 2002-01-21                    | FECHA DE ENTREGA DE LA PLATAFORMA DEL SECTOR 2- PLATAFORMA DEL OESTE  |                                |   |
| A                         | HABILITACION URBANA | CONSTRUCCIONES REDES DE SERVICIO Y GAS                            | 2002-01-21   | FECHA DE ENTREGA DE LA PLATAFORMA DEL SECTOR 5- PLATAFORMA DEL OESTE |   | 2002-01-21                    | FECHA DE ENTREGA DE LA PLATAFORMA DEL SECTOR 5- PLATAFORMA DEL OESTE  |                                |   |
| A                         | HABILITACION URBANA | CONSTRUCCION DE LA RED DE DRENAJE SUELOS                          | LA CALLE 10 NO TIENE EL ANCHO A LA ESPALDA DE LA HZ T. PUNTO CORRE DEL VALLE | 2002-01-21   |   | 2002-01-21                    |   | 2002-01-21                     |   |

Figura No. 23.- Lookahead y su análisis de restricción.

Fuente: (Aguirre, 2013)

Ocampo Quirola (2011) sobre las restricciones comenta que al analizar las restricciones de un sistema nos lleva a una planificación confiable que da como resultado tener un flujo de trabajo continuo en nuestra cadena de producción diferenciado con esto una mejora significativa con respecto a la planificación tradicional.

### **CAPÍTULO III. APLICACIÓN DEL SISTEMA *LAST PLANNER* COMO METODO DE PLANEACIÓN EN LA EDIFICACIÓN MEXICANA**

En este capítulo se realiza un análisis de la situación actual del sector de la construcción en México, así como de la metodología de planificación más utilizada, cabe señalar que ésta industria es una de las que tiene mayor peso en la economía mexicana, al representar cerca del 7% del PIB (INEGI, 2019). Además, el sector de la construcción es una actividad económica intensiva en mano de obra, es una importante fuente de generación de empleo.

La industria de la construcción es componente fundamental de la economía en cualquier país, ya que en ella pesa la creación de infraestructura necesaria para fomentar el crecimiento económico sostenido. La construcción de carreteras, puentes, hospitales, viviendas, caminos, entre otras muchas obras, detona inversión tanto pública como privada, esto genera una cantidad enorme en cuanto a creación de empleos y bienestar para la población, además de establecer las condiciones propicias para actividades productivas más efectivas.

En este tercer capítulo se comenzará por analizar la industria de la construcción, su importancia para la economía nacional, las ramas del sector industrial a las que beneficia, así como sus vicios, las repercusiones de desviar fondos y como es que la metodología de planificación del LPS coadyuva a que este posible aumento en los precios de la materia prima o cualquier forma de desvío de fondos pueda ocurrir. Además de esto, se abordarán los sistemas de planeación de proyectos de construcción que son más utilizados en el país, y las razones de su implementación.

Finalmente se abordarán también temas de capacitación e implementación de metodologías de gestión de proyectos, así como el uso del LPS en la programación de obras civiles y sus efectos en la variabilidad, así como en las pérdidas reportadas por la industria.

### 3.1.- La industria de la construcción en México

Para Quiroz Zamora la importancia de analizar el sector de la construcción en México radica en que su desempeño guarda una estrecha relación positiva con el comportamiento de la economía en su conjunto (2020). La industria de la construcción mantiene una tendencia a crecer en periodos de expansión económica, sin embargo, en panoramas de desaceleración, es una de las industrias que más sufre sus efectos. Esto se debe al efecto multiplicador que ejerce tanto en el empleo, así como en la cadena que tiene con otras industrias, esto se debe a que como lo indica el INEGI, la construcción beneficia a 66 ramas del sector industrial, entre las que destacan la industria del acero, hierro, cemento, arena, cal, madera y aluminio. (INEGI, 2019)

En el país, la construcción está dividida en dos grandes segmentos (Quiroz Zamora, 2020):

1. Obras de edificación. - este segmento incluye la construcción de:
  - a. Vivienda
  - b. Edificios industriales, comerciales y de servicios.
  - c. Escuelas,
  - d. Hospitales y clínicas.
  - e. Obras y trabajos auxiliares para la edificación.
2. Infraestructura y construcciones pesadas. - en este segmento se incluyen obras de:
  - a. Transporte y urbanización total
  - b. Otras comunicaciones.
  - c. Electricidad y telecomunicaciones
  - d. Petróleo y petroquímica
  - e. Agua, riego y saneamiento.

Uno de los aspectos fundamentales del desarrollo de la industria ha sido la implementación de innovaciones en tecnología y procesos para generar resultados que cumplan con las diferentes expectativas que se generan en los diferentes grupos de

interés, denominados como *Stakeholders*<sup>12</sup>, cada uno de los segmentos del sector de la construcción tienen sus propios tipos de contratistas, como se ve en la siguiente gráfica:



Figura No. 24.-Segmentos del sector de la construcción por tipo de contratista.  
Fuente: Encuesta Nacional de Empresas Constructoras ENEC.

Según la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), para 2019, el segmento de la edificación representó el 47% del valor total de la producción generado por empresas de construcción, mientras que las obras de infraestructura y construcciones pesadas el 53% (CMIC, 2019). Como se muestra en la gráfica anterior, el sector público es quien tiene mayor peso en la construcción total en materia de infraestructura y construcciones pesadas con un 38% de la construcción total, mientras que la industria privada que representa el 62% lo hace sobre el sector de la edificación.

Sin embargo, como lo indica Perdomo Rivera (pág. 91) la mayoría de los proyectos, sean de inversión pública o privada, finalizan con retrasos, debido al incremento en las horas de trabajo generada por una administración ineficiente de materiales, la cual es del 50% que derivan de una falta de planificación y una deficiente gestión de recursos. Además de esto, a lo largo y ancho del país se ha detectado la presencia de al menos 20 mil obras públicas inconclusas y abandonadas, con valor de alrededor de medio millón de pesos

<sup>12</sup> Clientes, usuarios, proveedores, gobierno, grupos ambientalistas, etc.

cada una, sin poder encontrar a las constructoras responsables y sin mecanismos para que las autoridades puedan hacer efectivas las fianzas respectivas (Guadarrama, 2019).

Esto implica que en diferentes municipios del país se practica la desaparición y desvío hormiga de recursos a través de miles de obra de bajo valor, cuyos montos sumados ascienden en una suma mucho más fuerte, esto genera una proliferación de fondos, programas y proyectos de muy diversos tipos que no tuvieron un buen seguimiento.

Según Kenny (2007), particularmente, de manera continua, la industria de la construcción ha sido clasificada como una de las más corruptas; son muy comunes y cuantiosos pagos para ganar o alterar contratos y evitar regulaciones. Incluso la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos, por sus siglas en inglés) indica que el sector de la infraestructura pública es particularmente susceptible a la corrupción por sus características inherentes (OCDE, 2005). No es un secreto que se trata de un proceso fragmentado en el que se involucra generalmente múltiples entidades públicas y privadas, de modo que la corrupción que puede iniciar desde la planificación incluye al gobierno, contratistas, consultores y oferentes que se involucran, generando que los procesos de producción involucrados fomentan asimetrías de información entre clientes y proveedores, mismas que se ven aminoradas a través de la implementación de metodologías de planificación más controladas como lo es el *Last Planner System* (LPS).

El periodo disruptivo por el que está pasando actualmente el sector de la construcción se viene arrastrando de años anteriores, desde hace diez años la industria de la construcción ha dejado de ser el motor del crecimiento y su desempeño económico se ha estancado y ha crecido a una tasa promedio del 2% en los últimos diez años, muy por debajo de su potencial 4 a 5% anual (CMIC, 2019) . Ante esta situación resulta evidente la importancia de una adecuada planificación de obras de construcción, ya que incluso la industria ha sufrido cambios sustanciales en los últimos años, debido a la intensificación de la competencia, globalización de mercados, demanda de resultados más modernos, velocidad con la que surgen nuevas tecnologías, aumento del nivel de exigencia de

clientes, y la mitad de disponibilidad de recursos financieros para llevar a cabo los proyectos, situaciones en donde la planificación a través del LPS apoya.

En su comparación anual, el personal ocupado por el sector descendió un 3.4% de enero a diciembre de 2019, respecto al mismo periodo en 2018, visualizándose una caída más pronunciada en el rubro de trabajos especializados para la construcción (INEGI, 2019), sumado a esto, la empresa constructora mexicana presenta una serie de deficiencias (Donoso, 2017):

- a. Curva de aprendizaje limitada. - Esta se debe en mayor medida por la continua movilización del personal, cabe mencionar que en la actualidad la subcontratación del personal es la forma más común de contratación.
- b. Capacitación y reciclaje limitado. - No se promueve un desarrollo sostenido de las capacidades del personal.
- c. Afectación por el clima y el entorno natural. - Debido a que los trabajos se efectúan al aire libre.
- d. Planificación Deficiente. - esta es provocada en muchas ocasiones por la necesidad de terminar las obras en poco tiempo, enfatizando aspectos que no son vitales para cumplir los objetivos generales del proyecto.
- e. Relaciones Antagónicas. - debido a las diferentes etapas de los proyectos son efectuadas por diferentes agentes, cuyos intereses pueden entrar en conflicto.
- f. Actitud mental favorable al inmovilismo. - Esto considera más eficiente lo tradicional por falta de interés en mejorar.

México no es ajeno al grado de rapidez de los cambios e incertidumbre a la que se enfrenta el planificador de obras civiles, hoy en día la industria de la Construcción tiene el reto de volver a ser uno de los fundamentos que impulsan a la economía de México, más allá de las condiciones de incertidumbre y el panorama económico, el sector de la construcción debe estar caracterizado por tener metodologías de planificación innovadores con filosofías en donde el desperdicio de tiempo, mano de obra y costos, sean el principal motor de la industria.

### **3.2.- Sistemas de planeación de proyectos de construcción más implementados en México**

Generalmente se sabe que son tres las áreas para tener éxito en la ejecución de un proyecto de construcción, en primera instancia la calidad que determina la satisfacción de los usuarios y el cumplimiento del objetivo del proyecto, por otro lado, el costo es el factor fundamental para que la empresa constructora y el inversionista puedan lograr utilidades esperadas, y finalmente el tiempo que determinara la puesta en operación del proyecto y el inicio de la recuperación de inversión, sin embargo Duncan, en la guía del PMBOK (*Project Management Body Of Knowledge*) reconoce que el éxito de un proyecto depende igualmente de administrar de manera eficaz otras seis áreas: la integración del proyecto, el alcance del proyecto, el personal, las comunicaciones, el riesgo y la procuración (PMI, 2013).

Con base en lo anterior, se ha considerado a la Método de Ruta Crítica como uno de los más eficientes, según Rodríguez (1962), en México el método CPM se empezó a utilizar desde 1961 por dependencias de gobierno tales como la Dirección General de Construcción de Edificios, la Secretaría de Obras Públicas y la Comisión Federal de Electricidad. Sin embargo, esta metodología ha traído más inconvenientes que ventajas, ya que, debido a la falta de control en sus procesos, la construcción es considerada una de las industrias más proclives a la corrupción. Incluso la Auditoría Superior de la Federación estima que la desviación promedio en la industria es de hasta 140%, datos que han sido corroborados por el Observatorio de la Industria de la Construcción (OIC) (Hellos Comunicación, 2018). A esto se le suma la falta de digitalización en la industria de la construcción, ya que a pesar de que actualmente se van contando con nuevos sistemas computarizados, no hay una innovación en el seguimiento de las inversiones y de todo el proceso de la obra, sumado a que la industria de la construcción suele ser lenta para incorporar nuevas tecnologías y procesos. Sobre esto De la Peña (2017) comenta que las principales causas de que exista un sobre costo en la industria es atribuible a:

1. Causas imputables a PLANEACIÓN INADECUADA.

2. PROYECTOS INCOMPLETOS o con FALTA DE PROFUNDIDAD.

3. Aspectos ligados a permisos y autorizaciones, entre otras.

De modo que, tendencias como la digitalización de procesos, metodologías de seguimiento de operaciones en tiempo real con sistemas de telemetría e incluso incorporar procesos más analíticos a la planificación y seguimiento aún no permean en el sector.

En el Sector Público es más evidente la construcción de infraestructura deficiente, ya que de 80 contratos auditados por la Auditoría Superior de la Federación entre 1999 y 2010, las obras fueron 36% más caras que en el presupuesto previsto, y tardaron más del doble del tiempo estimado, esto pone en evidencia pésima planeación de los proyectos (Roldán, 2014). Con base en el estudio titulado “Por un presupuesto realista y sostenible. 5 puntos de atención urgente, elaborado por México Evalúa”, el gasto de infraestructura se identifica con (Centro de Análisis de Políticas Públicas, 2014):

- Una normatividad fragmentada
- Un historial de retrasos y de desajustes en los recursos
- Una mínima evaluación de resultados.

Lo anterior impacta de manera directa en la eficiencia del gasto, tanto en la industria pública como la privada se presenta un círculo vicioso en común, en primera instancia una mala planeación, excesiva flexibilidad, tanto en los montos como en los tiempos de construcción, así como una rendición de cuentas débil.

El concepto de planeación es esencial en la industria de la construcción, más allá del sector o la complejidad de los proyectos, sea en obras civiles o edificaciones, se requieren de sistemas que tengan como fin reducir la variabilidad de los procesos haciéndolos más confiables, eliminando tiempos muertos y evitando conflictos entre obras, logrando una sincronización de los procesos que se obtendrán a través de una planeación proactiva.

Solís et al. (2009) comenta que: Todos los recursos que una empresa invierta en planear la ejecución de la construcción se justifican ampliamente debido a que llevan a un análisis profundo del proyecto, lo que pondrá las bases para poder realizar un control efectivo del mismo. El plan de ejecución, seguido de un eficaz control, permite detectar en forma temprana desviaciones en la ejecución, analizar los hechos y planear las medidas alternativas que permitan encauzar las metas en la ejecución del proyecto, cerrando de esta forma el ciclo de la administración.

A pesar de lo anterior, existen administradores en la industria mexicana que son reacios a invertir en dichos recursos, sobre esto, Sanvido et al. (2017) comenta que muchas construcciones se realizan con una deficiente planeación, que la mayoría de los casos llevan a resultados insatisfactorios, tanto para la empresa constructora como para el inversionista; en México, el 47% de los proyectos exceden el costo esperado y el 71% sobrepasa el tiempo programado.

González, Solís y Alcudiva (2016), llevaron a cabo un diagnóstico de empresas en la zona de Yucatán, cuyo objetivo fue reconocer el estado que guarda la planeación y el control de proyectos en la industria de la construcción en esta zona. Los principales resultados en materia de planeación y control fueron los siguientes: El 78% de las empresas manifestó que realiza la actividad de planeación como una parte sustantiva de su quehacer para administrar los proyectos; mientras que el 100%, expresó que realiza el control de la ejecución de los proyectos. Del grupo de empresas que no realizan planeación, el 46% manifestó que suple la planeación con la experiencia de la empresa, y que para ejecutar la construcción se basa en el presupuesto (27%) y en las especificaciones (27%). Este mismo grupo manifestó que sus conocimientos sobre planeación son buenos (80%) o muy buenos (20%). Además, el 80% cree que los resultados en la ejecución de los proyectos han sido buenos, aun sin planear. De este último grupo, el 60% manifestó que no tiene intención de realizar la planeación para proyectos futuros. El 39% del total de las empresas manifestó que cuenta con un equipo de personas que se dedica exclusivamente a labores de planeación de proyectos al interior de la organización; mientras que el 48% expresó que cuenta con un equipo que

se dedica exclusivamente al control de los proyectos. Los equipos de planeación están conformados por un 67% de ingenieros civiles (la quinta parte de ellos con maestría), un 13% de arquitectos y un 20% de otros profesionales o técnicos; mientras que los equipos de control están conformados por un 67% de ingenieros civiles (la cuarta parte de ellos con maestría), un 3% de arquitectos y un 30% de otros profesionales o técnicos.

Ya hemos citado varias de las razones que llevan a los líderes de proyecto a no cambiar sus metodologías de planificación, e incluso no solo a no cambiarlas, sino a no utilizarlas, ya que, de acuerdo con la CNEC, los estudios de planeación pueden costar 5% de un proyecto, pero ayudarán a prevenir que no se duplique o triplique el costo final y su plazo de ejecución.

Para competir en un marco globalizado se requiere de maximizar los recursos con los que cuenta una empresa, independientemente del ramo, y es en este tema en el que tanto la filosofía *Lean* como la metodología del Sistema del Último Planificador se enfocan, al cambiar la idea del “Debe” al “Puede”, llevando la planificación a un escenario de mayor realidad a corto plazo, derivado de las reuniones semanales y a la generación de alternativas de tareas disponibles en caso de que una de las planificadas no pueda ser resuelta por cualquier razón, sumado a una necesaria mejora continua, resolviendo los problemas y aprendiendo de ellos para que no se vuelvan a presentar en la vida del proyecto (Saldaña, 2019).

En México, la filosofía *Lean* aún se considera reciente, como se ha venido estableciendo, fue la industria de la manufactura y del *retail*<sup>13</sup> las primeras que la incluyeron en sus modelos de planeación y producción, hasta el momento en que los especialistas en planificación del ramo de la construcción vislumbraron el alcance que tiene en la industria, es como se ha podido ir implementando en diferentes proyectos en el país, para profundizar en este tema, es necesario analizar el grado de implementación de la filosofía *Lean* en la construcción en México.

---

<sup>13</sup> Comercio Minorista

### 3.3.- Implementación de la construcción *Lean* en México

En nuestro país, el ramo de la construcción sigue utilizando el método tradicional para la realización de la planeación de sus obras, sin tomar en cuenta que se tiene el potencial para desarrollar nuevos métodos, más efectivos y para mejorar la calidad, tiempo y costo las obras. Hoy en día existe *Lean Construction Institute México*, creado en el 2017 y presidido por el ingeniero Juan Francisco Pérez Herrera, ha implementado, a través de cursos y certificaciones, el uso efectivo de esta metodología para poder crear una mejora en la gestión de proyectos de construcción en nuestro país.

Según Oropesa-Venta et al. (2015): En algunas empresas de México se implementó el pensamiento *Lean* como consecuencia de la crisis económica que evidenció el país en 2008, que incentivó al aumento de esfuerzos para mejorar la productividad de las empresas, y que fue un terreno propicio para la aplicación de filosofías como *lean manufacturing*.

La construcción vivió una temporada de expansión a pesar de dos retrocesos que fueron originados por impactos del macroentorno económico, durante la crisis del 2008, la industria de la construcción experimentó un proceso de contracción prolongado al acumular siete trimestres a la baja, si se observa la siguiente gráfica:

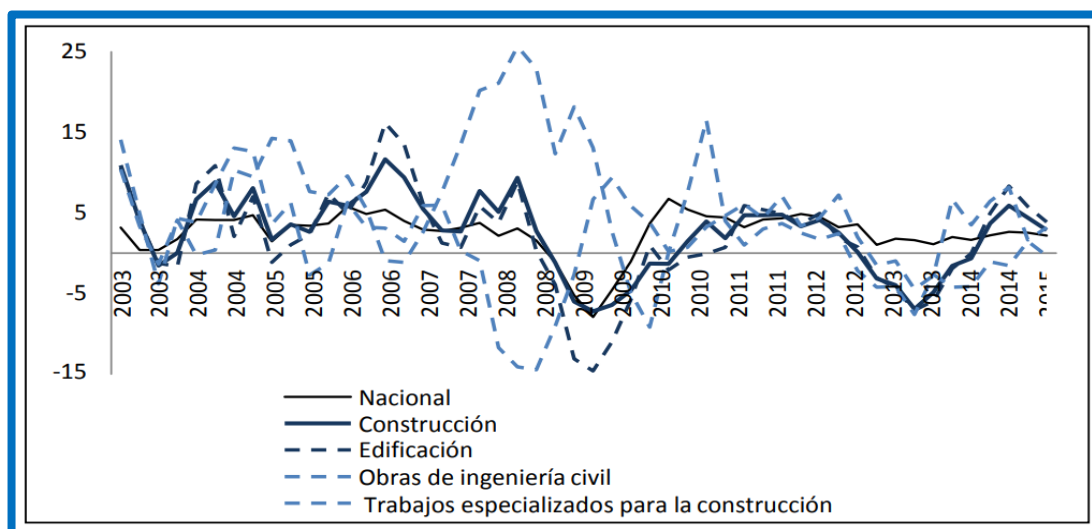


Figura No. 25.- Tasas de Crecimiento de la Producción.

Fuente: Sistema de Cuentas Nacionales de México, INEGI. Base 2008.

Este tipo de contingencias mayores, son las que generan la búsqueda de alternativas, sobre todo en la reingeniería de procesos que permitan reducir costos y maximizar la inversión en cada una de sus etapas, siendo la industria de la construcción una en la que los montos de inversión son mayúsculos y en donde la cantidad de procesos y el del tiempo resulta ecuánime y juega en contra de los intereses del inversionista, es evidente que surgiera la necesidad de mirar hacia una filosofía en donde se buscara reducir al máximo las pérdidas a través de la eliminación de desperdicios, tanto en procesos, en recursos y en tiempo.

Michael Latuga, Director General de la Empresa TBM comenta que, en México, alrededor de 50% de las empresas, en su mayoría grandes, han implementado metodologías de manufactura como *Lean Six Sigma*, lo que les ha permitido tener ahorros en sus costos de producción del 4% (Reséndiz, 2015). Como se ha mencionado, en México, existe el Instituto Mexicano de *Lean Construction*, que es una organización sin fines de lucro que opera como catalizador para transformar la industria a través de la entrega de proyectos *Lean* utilizando un método de gestión uniforme centrado en un lenguaje común, principios fundamentales y prácticas básicas.

Por otro lado, existen empresas consultoras como *Lean Construction México* cuyo objetivo es difundir la metodología a través de diferentes empresas para ir cambiando la mentalidad de la metodología basada en programaciones a largo plazo, por una metodología con una supervisión y control continua. Incluso el *Lean Construction Institute México*, organizó en 2019 la primera cumbre bajo esta filosofía en México, cuyo objetivo fue la de promover el desarrollo de obras sin pérdida económica en todos los segmentos de la construcción. Juan Francisco Pérez, quien es director general del Instituto y de la consultora citada, señala que los constructores en México aún son novatos en el uso de herramientas tecnológicas para volver más eficiente el proceso, por lo que la organización de los eventos internacionales dan una perspectiva sobre lo que se está haciendo en otros lados del mundo, a fin de llevarlo a la práctica. (Ventura, 2019)

La industria de la construcción en México es una que se rige por el conocimiento empírico del maestro de obra, sumado a un desorden generalizado, administrados por arquitectos, no basada en eficiencia y productividad. En otra entrevista, Pérez Herrera habla de que en México se trabaja mucho en educar a la mano de obra, en hacerla consciente de crear protocolos de trabajo, de cómo debe iniciar, que tipo de herramientas debe de utilizar, de cómo deben terminar las labores, lo que está ocurriendo en sí es una mayor participación del administrador, ya sea que el arquitecto o el supervisor, en cómo se debe comportar la construcción. (Ramírez, 2019)

Es una realidad el entorno competitivo que se ha generado por la apertura global del mercado, de modo que quedarse estático significa retroceder, la metodología Lean permite estar a la vanguardia en metodologías de planificación con orientación a la optimización de recursos, sin embargo, una de las primeras batallas que debe enfrentar es la de romper paradigmas, pues Pons Achell (2014), comenta que la reacción inicial a la implementación de *Lean* en la industria de la construcción causó resistencia y exclusión, fue mal interpretado y su aplicación a las diferentes fases de un proyecto, así como el papel que debía ser asumido por cada agente social que interviene en el proceso, no fue bien entendido.

Cuando se hace presente el cambio en modelos productivos o sistemas de trabajo en cualquier empresa, siempre va a existir cierto grado de resistencia, incluso existe toda una teoría dentro de la psicología laboral y de Desarrollo Organizacional (DO), sobre esto, Zemmelman opina que el intrincado nudo de relaciones a las que está expuesta una organización es tan complejo, que tarde o temprano el mismo sistema adoptará medidas de ajuste natural para mantener el equilibrio y seguir subsistiendo, a esto se le conoce como homeostasis<sup>14</sup>, en la teoría general de los sistemas (Zemmelman, 1997). Es decir, el cambio es un evento donde se abandonan determinadas estructuras, prácticas y comportamientos para adoptar otras que coadyuven con la adaptación a la necesidad que exige el actual contexto en el cual se encuentra inmersa la organización.

---

<sup>14</sup> Conjunto de fenómenos de autorregulación, conducentes al mantenimiento de una relativa constancia en la composición y las propiedades del medio interno de un organismo.

De manera que cuando esta acción del cambio se hace presente, lo sigue una reacción de cualquier sistema que se encuentra en estado de equilibrio y percibe una influencia del medio ambiente o malfuncionamiento interno que produce inestabilidad o pérdida de equilibrio a lo cual hay que responder, pero el estado de confort generado por dicho equilibrio actúa como obstáculo, representa una fuerza inversa que impedirá el reajuste adaptativo que necesita el sistema para alcanzar una nueva homeostasis que exige el medio ambiente. López (2004) señala que la resistencia al cambio es un fenómeno psicosocial que se debe estudiar para conocer y adoptar las reacciones y condiciones que la disminuyan y faciliten ese cambio.

El tema de la resistencia al cambio es de suma importancia, no solo para la implementación de una filosofía *Lean*, sino también para la metodología del *Last Planner System*, pues resulta un cambio en donde los diferentes actores deben imprimir no solo un trabajo, sino un compromiso a la obra, se habla de que el cambio puede costar más en organizaciones que llevan muchos años operando con el mismo sistema, ya que ello requiere romper paradigmas (Pons, 2014). Dicho de otra manera, se lleva tanto tiempo haciendo lo mismo, que se asumen como buenas maneras de trabajar, situación que se encuentra lejos de los estándares globales de competitividad.

Para evitar esto, se debe incorporar la filosofía *Lean* desde la generación de conocimiento, es por lo que el *Lean Construction Institute México*, en 2019 firmó un convenio con la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), a través del cual, tanto los académicos, docentes y miembros del cuerpo estudiantil de dicha institución educativa podrán acceder a información y herramientas especializadas en el sector de la construcción. Sobre esto, el mismo Pérez Herrera, afirma que la comunidad de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) podrá acceder a programas de información muy específica y de vanguardia como el *Last Planner*: sistema de planificación de producción diseñado para producir flujos de trabajo predecible y un rápido aprendizaje en la programación, diseño, construcción y puesta en marcha de proyectos. (Wild Entrepreneur, 2019)

A través de esto, la matrícula de una de las universidades más importantes del país se verá beneficiada al desarrollar sus competencias profesionales con esta metodología, antes de entrar a operación directa, pero sobre todo, facilitará estrategias que vinculen a las empresas, las dependencias y a la universidad. Con esto se siembra desde la etapa estudiantil la importancia de la gestión de proyectos en la industria, y de contar con metodologías que se encuentren a la vanguardia global.

### **3.4.- Capacitación e implementación de metodologías de gestión de proyectos de construcción**

Muchas empresas consideran a la capacitación como un gasto innecesario, sin embargo, debe ser considerada como una de las grandes inversiones que una empresa puede hacer para desarrollar el potencial de su personal y lograr objetivos conjuntos en la organización, de modo que mientras mayor sea el grado de formación y preparación del personal, más alto será el nivel de productividad, tanto cualitativa como cuantitativamente. Koskela (1992) afirma que: En la Industria de la Construcción la capacitación de los operarios es necesaria, pues solo a través de ella se puede obtener una mayor productividad, una buena calidad en el producto final y también se puede ejecutar correctamente una tarea desde la primera vez, evitando desperdicios de materiales y el retrabajo<sup>15</sup>.

Pons (2014) habla de uno de los problemas típicos del modelo tradicional de la gestión integral de proyectos, desde la fase inicial de diseño hasta su ejecución, uso y mantenimiento, incluye la falta de interés en la formación y capacitación de los trabajadores. Por su parte, Liker (2006) definió que los principios del Sistema de Producción Toyota basado en el *Lean Production*, a la capacitación, de la cual dice: *Lean* requiere que todos el equipo de trabajo de la cadena o flujo de valor que tenga en cuenta mantener el flujo y eliminar el desperdicio, por lo que para conseguir esta perfección todos los empleados deben estar comprometidos y capacitados para cumplir con los

---

<sup>15</sup> Producto o subproducto que debe ser reprocesado por alguna falla en el proceso

requerimientos de los clientes, eliminando los desperdicios e incrementar rentabilidad del negocio y generando valor al proyecto.

Considerado, en lo personal, como uno de los pilares de la implementación de la filosofía *Lean* y de la metodología del LPS, los ingenieros de proyecto que se encuentren involucrados deben contar con capacitación como un elemento deseable para que los actores sepan lo que quiere lograr y la forma para llevarlo a cabo, a través de esto se conocerá la política de trabajo, adquirirán los niveles de conocimientos sobre el *Lean* y sobre el LPS, sus implicaciones, requerimientos, además de generar el compromiso con el sistema. El cambio en la metodología de planificación, seguimiento y control deberá ser promovido a través de una eficiente y adecuada capacitación a los involucrados para adquirir una nivelación en cuanto al conocimiento del LPS, para de esa manera poder alcanzar una nueva cultura de trabajo.

Incluso, como lo menciona Alpízar Ávalos (2017): La capacitación todo el personal de la obra desde bodegueros hasta residentes de obra, es una parte esencial del proceso de adaptación al nuevo estilo de gestión de las obras, ya que este sector es el encargado de ejecutar de manera directa las actividades por ende deben estar suficientemente calificados para aportar y participar durante el proceso del LPS.

En la actualidad, y a través de un análisis rápido en las diferentes páginas de internet de escuelas, son pocas las que ofrecen diplomados, maestrías o doctorados en la materia, sin embargo, lo que si existen son una serie de despachos consultores mucho más especializados y algunos cursos ofrecidos por la Fundación de la Industria de la Construcción. Esto concuerda con la falta de implementación de la filosofía *Lean* en la industria de la construcción en México

La capacitación es un proceso básico y necesario para modificar de manera positiva la visión de los implicados en el proceso, en la siguiente figura se muestran aspectos que se revisan en las capacitaciones y tarea que deben ser coordinadas por encargados de la implementación:

| Contenidos   | Tareas  | Impactos   |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diferencias entre la planeación tradicional y el Last Planner.</li> <li>• Análisis de la situación actual de los procesos de planeación.</li> <li>• Descripción del Last Planner System.</li> <li>• Impactos de la variabilidad.</li> <li>• Discusión acerca de barreras para su implementación.</li> <li>• Descripción de los niveles de planeación del Last Planner.</li> <li>• Estudio de las reuniones de planeación.</li> <li>• Metodología para la medición del PAC.</li> <li>• Importancia de las reuniones semanales.</li> <li>• Análisis de las causas de no cumplimiento.</li> <li>• Propuesta de mejora continua en los proyectos</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de reuniones de planeación.</li> <li>• Transmitir y consolidar la importancia del programa maestro.</li> <li>• Medir el PAC.</li> <li>• Registrar las causas de no cumplimiento.</li> <li>• Seleccionar un indicador de desempeño</li> <li>• Inculcar los procesos Look Ahead.</li> <li>• Desarrollar la creencia e importancia del trabajo en equipo.</li> <li>• Conseguir un compromiso genuino de los involucrados.</li> <li>• Correlacionar la información y los indicadores.</li> <li>• Tomar acciones contra las razones de falla.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios de visión y manera de cómo hacer la planeación.</li> <li>• Capacitación de involucrados en el tema de planeación.</li> <li>• Disminución de la Variabilidad.</li> <li>• Mejor protección de la producción.</li> <li>• Más promesas confiables.</li> <li>• Eliminar las practicas negativas del sistema.</li> <li>• Eliminar casi todas las barreras.</li> <li>• Comenzar el mejoramiento continuo.</li> <li>• Incrementar la productividad.</li> <li>• Mejora en los plazos de entrega de los proyectos.</li> <li>• Mayor satisfacción y agradecimiento de las familias beneficiarias.</li> </ul> |

Figura No. 26.- Temáticas de capacitación y sus posibles impactos.

Fuente: (Delgado, 2007)

Las empresas de construcción que tengan el objetivo de lograr una mejora en la productividad de sus proyectos deben empezar por capacitar y comprometer a su personal asignado en la planeación y ejecución de los proyectos en temas de gestión administrativa. A través de esto se puede lograr la aplicación de principios de manera coordinada, consiguiendo con ello un *Lean Project Delivery System*, definido por Pons (2014) como un proceso colaborativo para la gestión integral del proyecto, a lo largo de todo el ciclo de vida de este. Se emplea un equipo en todo el proceso para alinear fines, recursos y restricciones. La misión de este equipo será entender y ofrecer el mejor valor para el cliente, eliminando todas las actividades que no suman valor, comenzando en la fase de definición del proyecto, en donde a través de una junta, el equipo de diseño, integrado por arquitectos, ingenieros y constructores, trabaja con los propietarios con el objetivo de definir el propósito y traducir ese propósito en requisitos específicos.

Para lograr lo anterior evidentemente debe existir liderazgo, el cual debe ser asumido por el integrante del equipo que se encuentre más capacitado en la materia de obras y servicios propios del proyecto, así como en la implementación de la filosofía *Lean* y de la metodología LPS, los arquitectos y contratistas en la metodología tradicional, suelen controlar las actividades en conjunto sin tomar en cuenta las especialidades que existen dentro de un proyecto, sin embargo en el *Lean*, los roles están determinados específicamente fase de proyecto por proyecto, claramente definidos, sin crear distanciamiento o restringido la comunicación y adopten riesgos.

De manera que la filosofía *Lean Construction* compete a todos y que, para abordar el cambio, se necesita que los agentes sociales como son el constructor, promotor, administrador público, arquitecto, ingeniero, proveedor y fabricante, legislador e incluso la universidad o centros de investigación, así como el factor humano y por supuesto la capacitación implementada desde arriba hasta abajo dentro de la jerarquía organizacional de cada empresa resultará clave para lograr el éxito.

### **3.5.- LPS aplicado en la programación de obras civiles en México**

Sí la filosofía *Lean* pudiera considerarse aún reciente, la implementación de metodologías más innovadoras como el *Last Planner System*, son prácticamente limitadas en el territorio mexicano, como dice Herrera Valencia (2016): El LPS cuesta implementarlo en la industria mexicana, pues el cambiar la mentalidad de los profesionales del gremio es extremadamente complicado, ya que introducir estos nuevos principios no es fácil, cuando se lleva años trabajando de una manera tradicional siguiendo sus propios métodos y al que al tratar de implementar nuevas técnicas se asimila como un desperdicio de tiempo.

La deficiencia en los sistemas de planeación se debe a la falta de instrucciones y a la falta de aplicación de un proceso estandarizado, en la fase de adopción de la metodología se requiere de un liderazgo constante, comprometido y positivo, una vez interiorizado, debe haber una motivación y retroalimentación repetitiva, a pesar de esto, existe un gran

problema que es la subcontratación, se vuelve complicado que exista un seguimiento o una mejora continua con miembros de un equipo con el que no se comparte una misma imagen corporativa.

La subcontratación en México se ha convertido en una importante fuerza laboral y en un ente de gran dinamismo en cuanto al desarrollo económico de los diferentes estados de la república, sin embargo, a través de ellas no se genera una relación laboral, existe un contrato de trabajo y obra determinada, por lo que temas de motivación, reconocimiento y mejora continua no siempre van a estar de lado de la constructora que implementa el *Last Planner System*, si consideramos que el sistema se basa en el aprendizaje constante entonces la comunicación, continuidad y aseguramiento de programas de capacitación y mejora continua con las empresas subcontratadas resulta por demás importante, de lo contrario, el esfuerzo desmedido por trabajar de manera paralela y comprometida con una empresa subcontratada cada que se cambia de proyecto terminará desmotivando al gestor de la planificación de la obra por utilizar el LPS que en México requiere de una concientización inicial con los integrantes del equipo.

Incluso Hoyos (2018): Recomienda una etapa de aprendizaje previa a la aplicación del LPS en proyectos reales, con la finalidad de sensibilizar al equipo de trabajo y aminorar las barreras en la fase de implementación que obedecen a la falta de conocimiento. Se sugiere crear un espacio de discusión en la que se les explique la base teórica de la herramienta y se muestren resultados en proyectos de alcance similar al que se va a ejecutar.

De manera que la empresa constructora deberá estar consciente de implementar una capacitación inicial cada que se inicie un nuevo proyecto, o cuando se cambien empresas subcontratadas, o cuando se incluyan nuevos miembros al equipo de trabajo, ya que debido a que es un sistema que en México sigue siendo una nueva metodología en la industria de la construcción y, por ende, muchas empresas proveedoras desconocen los compromisos que implica trabajar con constructoras bajo el esquema del LPS.

### 3.6.- Ejemplos extranjeros de implementación del LPS

El sistema comenzó en territorio estadounidense, debido a que es ahí donde los creadores del LPS provenían, Ballard, quien es el autor del LPS relata experiencias de implementación logradas entre 1998 y 1999:

1. Proyecto Next Stage.- El proyecto contemplaba el diseño y construcción de un conjunto de anfiteatros en distintas ciudades de EEUU, el análisis se realizó en Texas Showplace, que fue el primero en ser diseñado, sobre este proyecto Ballard define que el tiempo de medición fue de alrededor de 4 meses y abarcó desde el primero de julio hasta el 14 de noviembre de 1998. El PAC fue medido cada 14 días y el promedio observado correspondió a un 57%. Esta bajo PAC se debió al pobre registro de las CNC que se llevaba a cabo, lo cual impedía aprender de los errores cometidos en forma oportuna (Díaz, 2007). Sobre este caso, Ballard menciona que se aprendió que cuando se lleva a cabo una planificación intermedia, se detalla de una manera más específica cada actividad y se pueden prever y solucionar restricciones para evitar que la actividad no se realice (Ballard, 2000).
2. Proyecto One-CCSR.- El proyecto consistió en un laboratorio para la Universidad de Stanford, un Centro Clínico de Servicios de Investigación (CCSR), se implementó el sistema entre finales del 97' y a inicios del primer trimestre del 98'. El PAC fue medido cada 7 días y el promedio obtenido fue de 64%. Entre las principales causas de no cumplimiento fueron motivos relacionados con el clima, prerrequisitos y problemas con subcontratistas (Díaz, 2007).
3. Esto habla de la importancia de incorporar a los subcontratistas en el proceso de planificación, además de seleccionarlos no en base a su oferta económica, sino considerar su habilidad y disponibilidad para participar en la implementación conjunta del LPS, esto es a lo que se hacía referencia en el inciso anterior, ya que debido a que es un sistema prácticamente nuevo, es necesario entablar

conversaciones con los subcontratistas que estén dispuestos a incorporarse al cambio, sin embargo, ellos mismos deben implementar un cambio en sus procesos, al menos hasta terminar el proyecto.

4. Cada subcontratista debe mantenerse al tanto de las restricciones de cada actividad donde debe intervenir o tiene inferencia de algún modo, teniendo una total atención en el control sobre lo que se necesita y cuándo se necesita. Situación que complica su implementación en México, debido a que, en su mayoría, los subcontratistas se seleccionan en base a la cotización que presenten, siendo que el alargamiento del plazo de la obra muchas veces termina siendo más costoso.

Estos casos hablan de que la primera traba que hay que trabajar es el cambio, la resistencia al cambio, ya que la misma Díaz Montecino (2007), en las conclusiones obtenidas de su implementación de LPS en Chile, comenta que, si se considera que gran parte los equipos de trabajo llevan años trabajando en la construcción, más difícil es implementar de manera correcta este nuevo sistema.

Si a eso se le suma la excesiva sobrecarga de trabajo debido al flujo de información, entonces se está frente a una difícil implementación, incluso la misma Díaz comparte que sería distinto si el equipo de trabajo estuviera compuesto por gente más joven que es más adaptable ya que recién comienzan a adquirir metodologías de trabajo en terreno. Como consecuencia, el verdadero compromiso es otro de los conceptos esenciales en el sistema de planificación, y al mismo tiempo resulta ser el peor de sus enemigos. Por eso es tan conveniente que, en la actualidad, organizaciones como la *Lean Construction Institute* México hagan compromisos con casas de estudio como lo es la Benemérita Universidad Autónoma de México, en donde se comprometen a trabajar para incorporar en la experiencia de los estudiantes, tanto la filosofía *Lean*, como la metodología del *Last Planner System*.

### **3.7.- Pérdidas y variabilidad en la industria de la construcción mexicana.**

Las nuevas tecnologías, la competencia internacional, la globalización y los altos índices de productividad y calidad de los países desarrollados no son los únicos retos a los que se debe enfrentar la empresa constructora mexicana. Ya que también existen problemas internos de la empresa, una mala gestión de la merma o la muda, pueden generar problemáticas que conducen a una empresa al quiebre o disolución de la misma. No solo esto, actos impropios como el robo de materia, el fraude, el soborno, la corrupción, entre otras situaciones han logrado contaminar la estructura interna de las empresas propias, de este sector, en donde uno de los grandes precursores de este fenómeno es la propia empresa constructora, en base a una mala administración, altos índices de incompetencia e ineptitud en las plantillas. Torres Espiricuelo enlista una serie de pérdidas como sigue:

1. Pérdida por robo de materiales y gastos de operación.
  - a. Materiales de obra directa
  - b. Dinero en efectivo
  - c. Combustibles, lubricantes y refacciones
  - d. Papelería y consumibles de oficina.
2. Pérdida de Tiempo
  - a. Tiempos muertos
  - b. Tiempos perdidos
  - c. Tiempos robados.
3. Pérdida por soborno.
  - a. Dávivas en efectivo
  - b. Dávivas en Materiales
  - c. Dávivas en activos
  - d. Dávivas en servicios
4. Pérdida por fraude
  - a. Malversación de activos.
  - b. Alterar la información financiera
  - c. Fraudes fiscales.
5. Pérdidas Tecnológicas, informáticas y profesionales.
  - a. Pérdida por robos de información y datos electrónicos.

- b. Robo de proyectos
  - c. Robo de planos
  - d. Robo de software empresarial
  - e. Robo de procesos técnicos, administrativos y contables.
  - f. Robo de claves de acceso a páginas organizacionales.
  - g. Robo de información comercial (clientes)
  - h. Robo de información financiera de la empresa.
6. Pérdidas por negligencia.
- a. Activos no asegurados
  - b. En personal sin seguridad social
  - c. En obra y procesos de construcción
  - d. En mano de obra
  - e. En accidentes de trabajo
  - f. En las formas contractuales con personal, proveedores, subcontratistas y otros servicios.
  - g. En los trámites de tipo gubernamental
  - h. En la información fiscal reportada a instancias gubernamentales
  - i. En cargos bancarios
  - j. En la verificación de especificaciones técnicas y estado de materiales
  - k. Mala calidad en la ejecución de trabajo.
7. Pérdida por inversiones.
- a. Pérdida por compra de terreno, maquinaria y equipo entre otros.
  - b. Pérdida por compra de artículos y servicios de lujo aplicados a actividad empresarial.
8. Pérdida de Talentos.
9. Pérdida por Nepotismo.
- a. Contratación de personal familiares.
  - b. Contratación de personal amigos
  - c. Contratación de personal recomendado.

Como se puede observar, la problemática en su conjunto es grave, las pérdidas en una empresa constructora anualmente pueden ser millonarias, derivadas en gran medida de una mala gestión, control, compromiso y mejora continua de la planificación de los proyectos, el mismo autor reconoce que para combatir estos siniestros se debe reconocer que la empresa tiene un problema, no resistirse al cambio, no tomar los nuevos sistemas o procesos organizacionales como burocráticos, dejar madurar el proyecto, estar conscientes de que los resultados son a mediano y largo plazo. (Torres, 2012).

Evidentemente, todos estos siniestros generan variabilidad en la obra, de modo que para que la empresa constructora logre éxito en la implementación del Sistema del Último Planificador, y acabar con ese tipo de ilícitos, es necesario que el gestor del proyecto sea una persona capaz y que cuente con el siguiente perfil: Profesional, apto, ético, honesto, íntegro, con don de mando, líder, conciliador, tolerante y por supuesto un buen negociador.

Por otro lado, uno de los objetivos que tiene el LPS es disminuir la variabilidad de una obra, y para esto utiliza los distintos indicadores que nos entrega la metodología, el porcentaje de plan completado (PPC, antes PAC), es el indicador que nos da información sobre la gestión de los compromisos y es común que se compare el promedio de este, con alguna meta que establezca el proyecto, sin embargo, el análisis de promedios no refleja el estado del proyecto, para esto es recomendable utilizar el análisis de variabilidad que permite profundizar y conocer de mejor manera el estado real del proyecto. Para esto se grafica el PPC con el coeficiente de variabilidad generando un diagrama de dispersión el cual nos entregará el comportamiento real de este indicador.

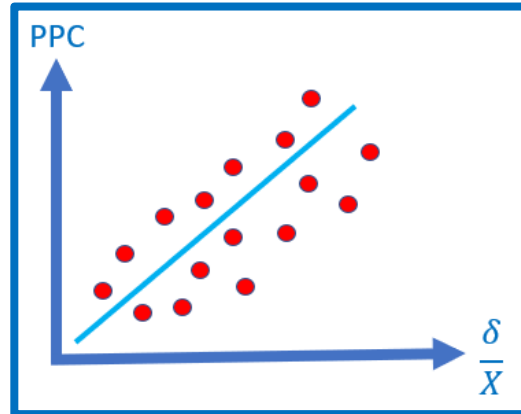


Figura No. 27.- Diagrama de Dispersión del Comportamiento Real del Coeficiente de Variabilidad.  
Fuente: (Herrera Valencia, 2016)

Existe una relación estadística entre el PPC y el coeficiente de variabilidad, ya que en medida que aumente el PPC y tienda a su 100% el coeficiente de variabilidad disminuye tendiendo a cero. La variabilidad deberá ser entendida como aquello que hace que cada vez que un proceso ocurre esto cambie con diversas variaciones en cuanto a resultados. La variabilidad es inevitable, nunca dos resultados son exactamente iguales. Para controlar la variabilidad en la planificación, el *Lean Construction* propone el *Last Planner System*, puesto que metodologías tradicionales como el CEP controlan la variabilidad después de que se ha presentado la desviación, situación contraria con el LPS que busca evitar la variabilidad a través de sus diferentes fases, y por supuesto del proceso de mejora continua.

Es decir, que el LPS al agregar un componente de control de la producción a la gestión tradicional de proyectos, puede entender como un mecanismo para la transformación de lo que debe hacerse en lo que se puede hacer, formando así planes de trabajo semanales a través de asignaciones, teniendo un panorama más real de la situación del proyecto.

La metodología *Lean* ofrece una manera más organizada de colaboración durante las distintas etapas de un proyecto, también ayuda a tener una mejor comunicación con los involucrados en el mismo. Por lo tanto, los resultados de su implementación generan mayor transparencia y precisión en los costos y tiempos de los proyectos. En la actualidad en México ya se han desarrollado proyectos siguiendo esta metodología, así como el uso

del LPS, como sistema de planeación, mejorando el rendimiento de los procesos constructivos, reduciendo a su vez el tiempo y costo. Pero por el desconocimiento de estas nuevas metodologías aunado a la falta de personal capacitado y certificado en esta área, aun no se llega a realizar en la mayoría de las obras. Sin embargo, con la ayuda de las certificaciones por parte de *Lean Construction Institute* y la colaboración que se hace con las universidades es probable que, en un futuro cercano, el uso de estas metodologías sea una realidad en todos los proyectos, ya que han demostrado su efectividad.

## **CAPÍTULO IV. COMPARATIVA DE LA EFICIENCIA DE MÉTODOS TRADICIONALES DE PLANEACIÓN CONTRA EL SISTEMA *LAST PLANNER* EN EDIFICACIONES.**

Hasta este momento se han abordado cada uno de los métodos, tanto los tradicionales como el LPS; es momento de compararlos en el caso específico de las edificaciones, de modo que podamos lograr una comparación más clara entre ellas. Si bien es cierto que la filosofía del *Lean* en la construcción puede ser considerada aún reciente y poco implementada, también lo es que la eficiencia de dicha filosofía ha sido comprobada en otras industrias como la de manufactura o el *retail*, en donde el control de los recursos y procesos también juega parte fundamental a lo largo de la cadena de producción.

El *Last Planner System* resulta ser una forma de realizar una de programación, analizar y controlar proyectos en la industria de la construcción, una de sus características principales es su enfoque en la ejecución de la obra, pero también en la planificación inicial; esto genera un mayor control sobre los recursos, planteando un ambiente de compromiso en cada uno de los miembros que tienen injerencia en cualquiera de los procesos de la obra. También se ha demostrado hasta el momento la necesidad que existe en la industria de implementar cada vez más esta metodología, y en especial la filosofía *Lean*, extendiéndola a toda la cadena de suministro, así como al sistema productivo de los contratistas, pues una de las claves de la eficiencia de esta metodología de programación es la resistencia al cambio que caracteriza a la industria.

Para este último capítulo se harán comparaciones sobre casos reales, en donde se implementó la metodología de LPS, de manera que pueda demostrarse su efectividad, pero también reconocer las limitaciones que presenta, sobre todo en la construcción de edificaciones.

### **4.1 Comparación durante el ante proyecto de la obra**

En el capítulo tercero se planteó que en México la metodología más implementada es la del Ruta Crítica (CPM), derivado de la bibliografía que se ha estado sustentando este

trabajo, se puede hablar de algunas de las razones más evidentes, como es la resistencia al cambio y que la filosofía Lean al cuál respalda el LPS es relativamente reciente, son las casas de estudio las primeras que deben comenzar a diseñar programas de estudio basados en generar valor a las actividades, fases y etapas de los proyectos de construcción, a través de una filosofía de cero pérdidas.

Como consecuencia de lo anterior, los diferentes casos de estudio que se ocupen como referencia para hacer las comparaciones respectivas, serán aquellas en donde se haya implementado una planificación CPM frente a una metodología LPS; es importante comenzar estableciendo que la gestión tradicional (CPM) no toma en cuenta categorías como defectos, demoras, excesos de procesado, excesos de producción, inventarios excesivos, transporte innecesario, movimiento no útil de personas, esto se debe a que su concepto de producción considera un proceso de solo transformación, en donde entran los materiales y se obtienen unidades productivas, dejando de lado la optimización de flujos, a los cuáles deben estar sujetos los materiales para lograr obtener el producto final.

Uno de los primeros datos que se van a tomar como evidencia, son los presentados por el doctor Flavio Picchi en 1993 quien plantea que, en una edificación normal, el porcentaje de pérdidas por obra ejecutada es del 30% (Pichi, 1993), la siguiente tabla presenta el estimado de desperdicios en la obra mediante el modelo de CPM:

| ESTIMADO DE DESPERDICIO EN OBRAS DE EDIFICACIONES                         |  |            |
|---|--|------------|
| PORCENTAJE DEL COSTO TOTAL DE OBRA  |  |            |
| Ítem  | Descripción  | %          |
| <b>Restos de Material</b>   | Restos de Mortero  | 5%         |
|   | Restos de Ladrillo   |            |
|   | Restos de Madera   |            |
|   | Limpieza   |            |
|   | Retirada de Material   |            |
| <b>Espesores adicionales de Mortero</b>                                   | Tarrajeo de techos   | 5%         |
|   | Tarrajeo de Paredes Internas   |            |
|   | Tarrajeo de Paredes Externas   |            |
|   | Contrapisos  |            |
| <b>Dosificaciones no optimizadas</b>                                      | Concreto   | 2%         |
|   | Mortero de Tarrajeo de Techos  |            |
|   | Mortero de Tarrajeo de Paredes   |            |
|   | Mortero de Contrapisos   |            |
|   | Mortero de Revestimientos  |            |
| <b>Reparaciones y re trabajos no computados en el resto de materiales</b> | Repintado  | 2%         |
|   | Retoques   |            |
|   | Corrección de otros servicios  |            |
| <b>Proyectos no optimizados</b>   | Arquitectura   | 6%         |
|   | Estructuras  |            |
|   | Instalaciones Sanitarias   |            |
|   | Instalaciones Eléctricas   |            |
| <b>Pérdidas de Productividad x problemas de Calidad</b>                   | Parada y operaciones adicionales por falta de calidad de materiales y servicios anteriores             | 3.5%       |
| <b>Costos debidos a atrasos</b>   | Pérdidas financieras por atrasos de las obras y costos adicionales de administración, equipos y multas | 1.5%       |
| <b>Costos en obras entregadas</b>   | Reparo de patologías ocurridas después de la entrega de obra   | 5%         |
| <b>Total</b>  |  | <b>30%</b> |

Figura No. 28.- Estimaciones de desperdicios en obras de edificación.

Fuente: "Aplicaciones del *Lean design* a proyectos inmobiliarios de vivienda" (Orihuela & Ulloa, 2011)

Evidentemente, el error de pensamientos tradicionales de planificación se debe a que se centran en actividades de conversión y no toman en cuenta los flujos a los cuáles están expuestos los recursos y que pueden ser un arma de doble filo, pues a pesar de que la falta de atención en ellos resulta en un incremento en costos y pérdidas, su atención va a lograr la generación de más valor en los productos obtenidos.

Del lado del LPS la planificación inicial genera el presupuesto y el programa del proyecto, dando como resultado un mapa de coordinación de actividades que lleva a la realización de este, esta información deberá ser desarrollada con información que represente la realidad, solo a través de la información basada en el verdadero desempeño se logrará dar validez al sistema de último planificador.

Ocampo Quirola (2011) implementó el LPS en un proyecto de construcción, en donde el primer paso fue la capacitación del personal vinculado, proporcionando conocimientos necesarios que les permita desarrollar de mejor manera sus prácticas. Según este ingeniero: “En la capacitación, básicamente se indicó en qué consiste el sistema, se explicó los tres niveles de planificación y como funciona cada uno de ellos. Además, se les enseñó los formatos con los que se iba a desarrollar la planificación intermedia y semanal, así como también algunos resultados de implementaciones del sistema en otros países para que de cierta forma se sientan convencidos que el sistema es realmente bueno”.

Otra de la que versa sobre la implementación práctica del LPS en edificación es la Ingeniera Angeli Gutiérrez (2017), quien concuerda en que las primeras acciones son la coordinación con el grupo de trabajo, dentro de sus palabras sobresale lo siguiente:

- 1.- La importancia de la coordinación previa debido a que el sistema es relativamente nuevo y prácticamente desconocido para la mayoría de los trabajadores de la empresa constructora.
- 2.- Difusión de la filosofía *Lean Construction*.
- 3.- Enfatizar el compromiso que se deberá tener.

Finalmente, esta autora comenta que, a pesar de la resistencia al cambio, la totalidad de las obras lograron implementar el sistema, algunas con mayor dificultad que otras, pero

con la ayuda de un Inspector Técnico de Obra externo pudieron lograr que se homologara la ejecución del LPS. La Ing. Díaz Montecino, a través de la implementación del LPS en la construcción de un edificio habitacional de mediana altura, concuerda que lo fundamental al iniciar este proceso es conocer al grupo con el cual se interactuará, explicando brevemente los principios en que se basa (*Lean Construction*), como se desarrolla, los indicadores a medir y qué mejoras obtenemos con su implementación. En los tres casos prácticos se reunieron a: jefe o administrador de la obra, el jefe de campo y al asistente técnico. Siendo el compromiso real un factor clave para que la actividad programada en verdad pudiera cumplirse, con esto se obtiene un proceso de planificación del anteproyecto confiable y transparente (Díaz, 2007).

En comparación con la metodología tradicional resaltan varias cosas, en primera instancia se hace un trabajo en conjunto desde el inicio, entablando relaciones de cooperación apegados a la realidad, mientras que sistemas tradicionales como el de Ruta Crítica se elaboran de escritorio, por un solo agente, sin consultar las posibilidades reales de su ejecución. Con esto se denota la importancia que tiene la planificación general, o el denominado programa maestro incluido al principio del LPS, como referente a lo que realmente se ejecutara en la obra.

Para que el anteproyecto quede lo más real posible, deben participar en la capacitación inicial el administrador, el jefe de oficina técnica, el jefe de terreno, el jefe de instalaciones, jefe de prevención, jefe de bodega, jefe de calidad, jefe de programación y jefe de administración, propiciando una relación fluida, armónica y de compromiso, debido a que cada oficina influye para obtener de manera óptima cada una de las etapas de la obra, en esta reunión inicial, se realiza la lista de los interesados, desde el más alto nivel, contratistas, maestros, subcontratistas, obreros y operarios, se definen principalmente quien dirigirá los comités semanales, quien actualizará los datos de avance, quienes participarán en reuniones semanales y diarias, quien realizará la actualización constante de la programación, entre otros, así como definir las herramientas que se utilizaran, establecer horarios de comité, formatos y frecuencia. Contrario al sistema de ruta crítica, el LPS integra un equipo de trabajo multifuncional, en donde la comunicación certera y

apegada a la realidad creará los vínculos de confianza necesarios para evitar que los flujos de proceso se vean entorpecidos por diferentes causas ajenas a una previsión.

#### **4.2 Aplicación del programa de obra realizado con sistema tradicional y sistema *Last Planner***

El administrador de la construcción, con frecuencia es contratado casi al mismo tiempo que el diseñador del proyecto, sus servicios incluyen la revisión, el análisis del programa básico, la revisión y evaluación de diseño, programación, estimación de costos, evaluación de la ingeniería, análisis de ofertas de contratistas, selección de contratistas, inspección detallada de la construcción, coordinación de oficios y de contratistas de la construcción independientes, el control de costos y administración del programa.

La diferencia entre una metodología CPM y una de LPS es que en la segunda se toma en consideración todas las variables reales expresadas directamente por cada uno de los jefes involucrados en los procesos, mientras que la segunda de ellas se hace en base a un pronóstico más de escritorio.

El CPM-PERT consiste en la representación del plan de obra a través del diagrama esquemático, este se encarga de bosquejar la secuencia y la relación de los componentes en el proyecto, el administrador o ingeniero tiene la posibilidad de manipular la herramienta hasta que considere que es la mejor programación general de operación, esto refleja que es un proceso más individualizado, la longitud de las flechas en los diferentes diagramas indica el paso del tiempo en una dirección dada, una situación importante que ya se comentó en el capítulo de conceptualización pero que es necesario repetir en este momento es que el inicio de las actividades que parten de un nodo<sup>16</sup> depende de la terminación de todas las actividades que llegan a él, es por ello que el evento que representa dicho nodo no se va a conseguir sino hasta que todas las

---

<sup>16</sup> Representan instantes del proyecto. Cada **nodo** representa el inicio mínimo de las tareas que tienen origen en dicho **nodo** y el final de las tareas que llegan al mismo

actividades que concurren no hayan terminado, posteriormente se elabora el diagrama de Gantt que refleje los datos del CPM, si se observa la siguiente gráfica:

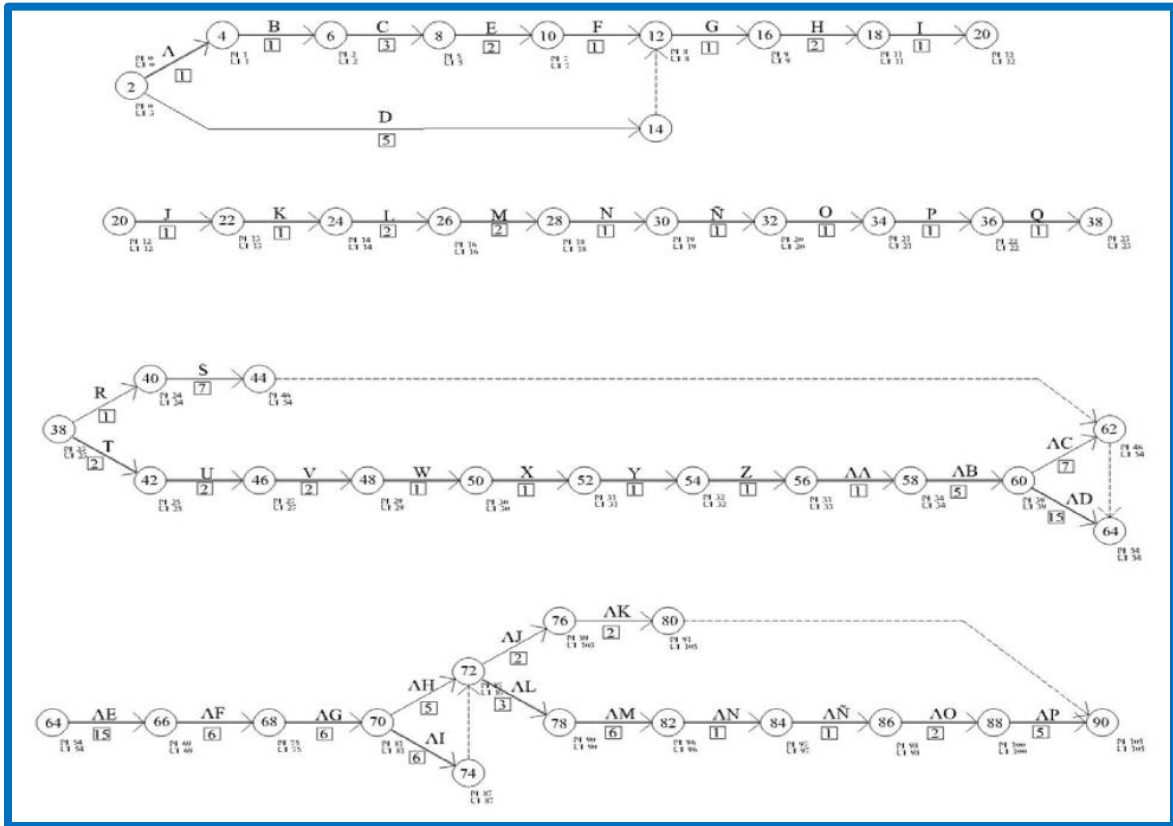


Figura No. 29.- Diagrama de Ruta Crítica.

Fuente: Estudio de Construcción de Casas en Serie utilizando método de planificación tradicional (Aguilar Barillas, 2010) .

Las reglas básicas para la construcción de una red de CPM PERT refleja su desventaja frente al *Last Planner System*, ya que para emplear el proceso tradicional se deben seguir los siguientes pasos:

1. Antes de que una actividad comience, todas las actividades precedentes deben estar terminadas.
2. Las flechas indican solamente precedencias lógicas.
3. Los números de los eventos no deben duplicarse.
4. Cualquiera de dos eventos puede estar directamente conectado por no más de una actividad.
5. La red tiene un solo evento o nodo inicial y uno final.

De modo que la programación de la obra resulta lineal, para cualquier proyecto el número de procesos podrán ser realizados con diferentes combinaciones, dependiendo de los métodos de construcción, equipo, tamaño de cuadrillas y horas de trabajo, en donde los factores que más sobresalen son el costo y el tiempo. El costo directo de cada operación predomina con el objetivo de que las tareas puedan terminarse con el menor costo posible, sin embargo, el costo total del proyecto incluye todas las cargas indirectas y gastos generales que se encuentran vinculados a ejecución de los trabajos, mismos que están directamente relacionados al tiempo. Si éste careciera de relevancia, cada operación sería realizada de forma que el costo directo fuera el más bajo, y viceversa, si el costo no tuviera importancia, cada proceso podría acelerarse con el fin de terminarlo en el menor tiempo posible, sobresaliendo la relación entre la duración de alguno de los procesos o flujos de la obra y el costo de su ejecución. La importancia de la planificación de la obra consiste en fijar de antemano los costos de materiales, equipos y rendimientos de la mano de obra para una duración esperada del proyecto, haciendo ajustes necesarios durante la ejecución.

La diferencia entre los sistemas tradicionales y el *Last Planner System* es que se encarga de que todos esos “ajustes necesarios” estén contemplados desde antes y no tengan una injerencia negativa en el tiempo de ejecución de la obra, ya que a través de la planificación intermedia controla el flujo de trabajo, siendo éste la coordinación de diseños, proveedores, recursos humanos, información y requisitos previos que son necesarios para que la unidad de producción cumpla su trabajo asignado.

Así, el LPS forma una secuencia del flujo de trabajo y calcula costos en la planificación intermedia (posterior al plan maestro), a través de proponer flujos de trabajo y la capacidad de estos, descomponiendo actividades del programa maestro en paquetes de programas y operaciones de trabajo de más fácil manejo, desarrollando métodos detallados para la ejecución del trabajo con lo que se mantiene un inventario de trabajo ejecutable. Lo primero que se hace en esta fase intermedia es definir el horizonte de

tiempo, y así poder adelantarse y solucionar problemas al momento de tener que ejecutar la actividad programada.

De modo que ya se observa la diferencia entre el sistema lineal de la metodología tradicional, y el del LPS, ya que no se planea toda la obra desde el inicio; la planificación intermedia se toma como fundamento en una parte importante de las actividades o asignaciones para el siguiente rango de semanas sobre el cual se extiende la planificación intermedia, los encargados de ésta se hace en base: las características propias del proyecto, un sistema de planificación confiable y que la información de todos los niveles dentro del proyecto fluya de manera rápida.

Para esto, se vuelve a formar un equipo de trabajo, según Aguilar Barillas (2010) empresas a nivel mundial que están implementado estos nuevos procesos de planificación, han sistematizado sus procesos de planificación intermedia a intervalos de cuatro semanas para poder comparar de una mejor forma los resultados. A cada una de estas semanas se le aplica un análisis de restricciones, en las actividades a desarrollar a futuro.

En comparación con un sistema tradicional, el LPS determina el estado de las restricciones de cada asignación, para conocer la probabilidad de ser removidas dichas restricciones y de esta manera poder poner la asignación en el inventario de tareas ejecutable, es aquí en donde el sistema de último planificador permite estabilizar el flujo de trabajo, tomando en cuenta que hay actividades que llegado el momento de ejecutarlas, no podrán ejecutarse por tener restricciones que lo impiden, tal es el caso del CPM-PERT que como se analizó anteriormente, se debe concluir el nodo para poder continuar al siguiente.

El control que permite la determinación de restricciones representará el último filtro de la información que se tomaran en cuenta en la planificación intermedia, para posteriormente tomar decisiones y poder liberar las restricciones de las actividades con el fin de que comiencen en el momento fijado.

### 4.3 Comparación control de la obra durante la realización de esta

En el sistema tradicional más utilizado (CPM-PERT) posterior a la aplicación de la ruta crítica se implementa el diagrama de Gantt, en donde se representan los tiempos de actividades en un proyecto, generalmente de bajo nivel en cuanto a complejidad, mostrando fechas del comienzo, terminación de cada partida de trabajo, indica las partidas en las cuáles se pueden empalmar y qué partidas deben de quedar terminadas para que pueda iniciar la subsecuente, si observamos la siguiente figura:

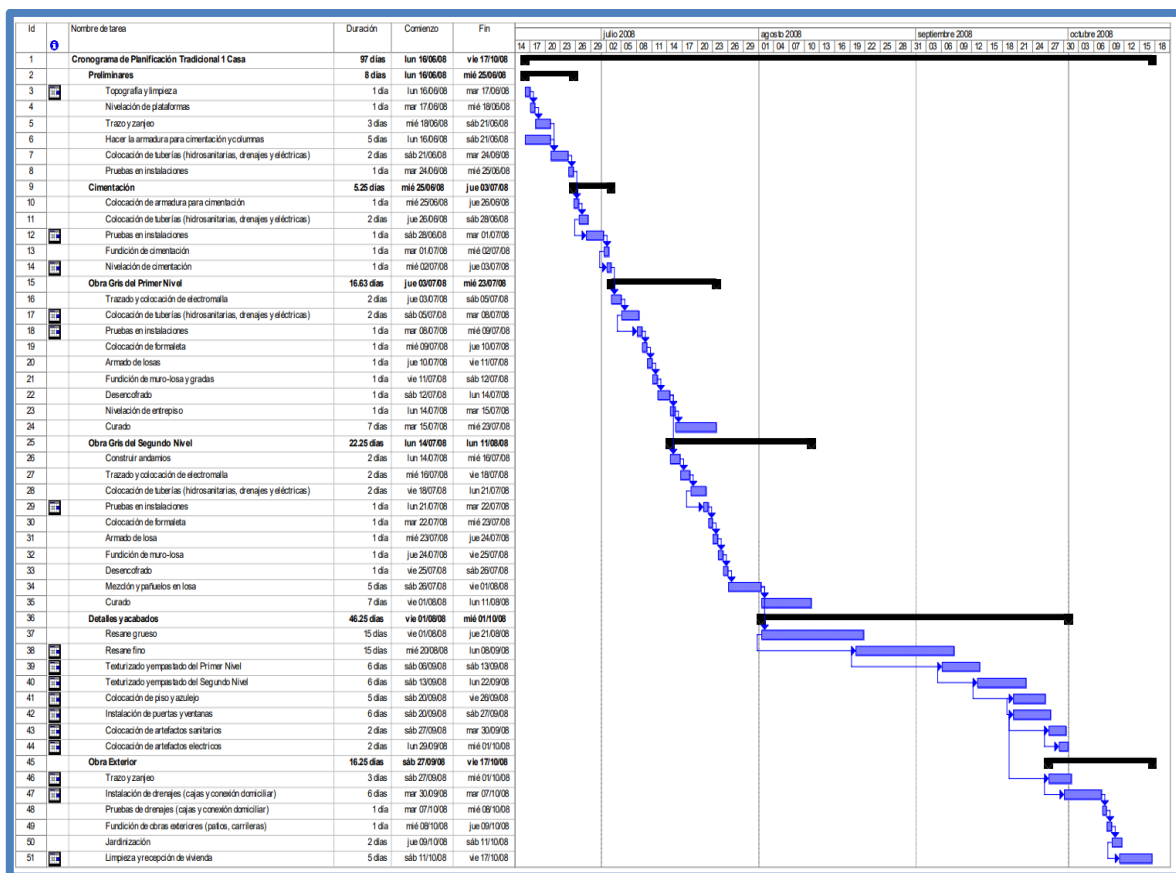


Figura 30.- Diagrama de Gantt.

Fuente: (Aguilar Barillas, 2010)

Sin duda hay un buen desglose de las actividades a realizar, sin embargo, se vuelve a quedar bastante corto en comparación con el LPS, en el sentido en que la información que puede llegar a proporcionar se encuentra bastante limitada, sin considerar posibles restricciones en cada una de las nódulos o actividades, para entender las diferencias con

los medios de control del LPS es necesario contemplar el procedimiento para elaborar el diagrama de Gantt (Aguilar Barillas, 2010).

La facilidad con la que se elabora, se opera y se interpreta el diagrama de Gantt genera que sea de fácil comprensión, sin embargo eso mismo propicia sus limitaciones pues no da otra información importante como lo es la relación entre las actividades y secuencia del mismo, situación contraria de la fase de análisis de restricciones del LPS, que una vez que se han identificado las actividades en la programación intermedia, se analizan sus restricciones, trámites legales, prerrequisitos o tareas predecesoras, y la factibilidad de contar con los insumos necesarios para llevarlas a cabo. Como consecuencia, la planificación intermedia se encargará de la detección y aseguramiento de los requerimientos de las actividades futuras, de manera que se cumplan sin inconvenientes. Si se observa la siguiente figura:

| PLANILLA DE RESTRICCIONES |           |   |                              |                     |              |                 |         |               |        |              | NO. DE RESTRICCIONES |
|---------------------------|-----------|---|------------------------------|---------------------|--------------|-----------------|---------|---------------|--------|--------------|----------------------|
| PROYECTO:                 |           |   |                              |                     |              |                 |         |               |        |              |                      |
| PERIODO:                  |           |   |                              |                     | RESPONSABLE: |                 |         |               |        |              |                      |
| NO                        | PRIORIDAD | # | RESTRICCIONES (Seis semanas) | ACTIVIDAD EN RIESGO | SOLICITA     | FECHA REQUERIDA | RESPONS | FECHA PROMESA | ESTADO | DÍAS ABIERTA | AREA                 |
| 1                         |           |   |                              |                     |              |                 |         |               |        |              |                      |
| 2                         |           |   |                              |                     |              |                 |         |               |        |              |                      |
| 3                         |           |   |                              |                     |              |                 |         |               |        |              |                      |
| 4                         |           |   |                              |                     |              |                 |         |               |        |              |                      |
| 5                         |           |   |                              |                     |              |                 |         |               |        |              |                      |
| 6                         |           |   |                              |                     |              |                 |         |               |        |              |                      |
| 8                         |           |   |                              |                     |              |                 |         |               |        |              |                      |
| 9                         |           |   |                              |                     |              |                 |         |               |        |              |                      |
| 10                        |           |   |                              |                     |              |                 |         |               |        |              |                      |
| 11                        |           |   |                              |                     |              |                 |         |               |        |              |                      |
| 13                        |           |   |                              |                     |              |                 |         |               |        |              |                      |
| 14                        |           |   |                              |                     |              |                 |         |               |        |              |                      |

Figura No. 31 Planilla de Restricciones LPS  
Fuente: Curso LPS (Millán, 2020)

Las restricciones por analizar se presentan, determinan y discuten con el equipo de jefes de la obra, en donde destacan las siguientes:

- 1.- Diseño. - La restricción de Diseño implicará que exista y concuerde con los diseños y especificaciones para la ejecución de la actividad.
- 2.- Materiales. Contar con los materiales necesarios para la ejecución de la actividad.
- 3.- Equipo. - Disponibilidad de los equipos necesarios para la realización de una actividad.
- 4.- Contrato. – Necesario para comenzar algún trabajo, es fundamental que se cuente con un contrato legal, ya sea de suministro, mano de obra, etc.
- 5.- Anticipo. – Correspondiente al indicado en el contrato.
- 6.- Predecesoras. - Actividades que se requieren estar terminadas ya que si no es así restringen el comienzo o afectan directamente la ejecución de la actividad.
- 7.- Permisos. - Constituye una restricción importante, existen permisos que requieren de un trámite.
- 8.- S.I.S.O. – Afiliación a un tipo de seguro social por parte del personal de la obra.
- 9.- Restricción Ambiental. - abarca las medidas necesarias para no contaminar el medio ambiente.

Nieto (Nieto Morote, 2009) habla de que en cualquier programación LPS deben existir las fases para la preparación de restricciones: “La primera que define como confirmar el tiempo de respuesta que consiste en determinar el último responsable de eliminar restricción y el tiempo de respuesta más probable para comenzar la siguiente actividad; la segunda, que constituye la identificación de necesidades específicas, y la tercera que consiste en la reasignación de recursos.”

Está tan marcado el control de las actividades en materia de la filosofía del “Poder hacer” y no del “Deber Hacer”, que en el LPS las tareas que si pueden realizarse, donde sus restricciones hayan sido liberadas constituyen se integran al inventario de trabajo ejecutable (ITE), y por lo tanto se integran al programa semanal que es la siguiente etapa de la programación y que también incluye bastante control, al dejar de ser revisiones de 4 a 6 semanas como lo son las intermedias, para implementar una supervisión de las tareas de manera más cotidiana.

#### **4.4 Comparación de tiempo de ejecución de la obra con cada método**

Un buen sistema de gestión del tiempo permite el alcance de objetivos propuestos, no solo en tareas que permitan alcanzar la producción sino también aquellas con las que consiga una alta productividad. La ley de Pareto es un principio de análisis y de apoyo a la toma de decisiones, según éste, el 80% de los efectos son el producto del 20% de las causas, esta proporción permite que se identifique rápidamente la parte esencial de una actividad (Delers, 2016). La teoría de Pareto resulta de una observación según la que el 20% de las causas producen el 80% de los efectos. Dicho de otra manera, en el mundo de los negocios el 20% de las actividades son responsables del 80% de los niveles de producción, así, identificando este 20% que corresponde a las actividades más productivas, las empresas les pueden invertir mayor atención y con esto ganar tiempo y dinero (Acosta Vera, 2012). Este tipo de nociones van más en línea con las metodologías tradicionales en la construcción, ya que miden qué parte genera más ingresos o beneficios clasificando y comparando por:

- Producto o grupo de productos
- Clientes o grupo de clientes
- Cualquier otro dato relevante para el negocio como por ejemplo área geográfica o canal de distribución, por segmento competitivo, etc.

Este tipo de gestión del tiempo inyecta inseguridad en los administradores o gestores de la empresa, debido a que se niegan a eliminar el 80% de negocio que no resulta provechosos, diciendo que ese 80%, genera una gran contribución a la empresa, o dándole la importancia que no tiene a ese porcentaje de negocio que no da eficiencia a la producción. Sobre esto Acevedo (2010) explica que un negocio deficitario lo es porque requiere mucho esfuerzo en inversión en áreas del negocio que generan poco beneficio, pero que requieren mucha atención, gestión e inversión, al reducir o eliminar dichas inversiones de tiempo y recursos, se reducen gastos y tiempo, haciendo el negocio más simple de gestionar.

En la industria de la construcción el tiempo representa costos, una semana de retraso corresponde a una semana más de pago de nómina, una semana más de la renta de

equipos y mobiliario, una semana más de desembolsar costos administrativos, costos directos e indirectos que restan poco a poco rentabilidad al proyecto. Ya previamente se han citado varias causas que producen tiempos improductivos en la obra, las que generan a su vez ineficiencias en la administración de recursos involucrados y en la dirección general de las obras, en los sistemas tradicionales la información sobre el tiempo improductivo se obtiene mediante la aplicación de herramientas que pertenecen al control de la productividad, Santana (1989) nos habla sobre dos indicadores: El muestreo General de Trabajo (MGT) y la Encuesta de Detención de Capataces (EDC), sobre éstas Santana comenta que: La primera de ellas (MGT) logra medir el nivel de actividad de la obra y refleja el 1% de tiempo de la jornada de trabajo que la fuerza laboral se encuentra en una de las siguientes categorías de trabajo:

- 1.- Trabajo Productivo (TP): Se define como aquel trabajo que aporta en forma directa a la producción.
- 2.- Trabajo contributivo (TC): Se define como aquel trabajo que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo en términos de apoyo a la producción.
- 3.- Trabajo No Contributivo (TNC): aquellas actividades realizadas que no son consideradas en las dos categorías anteriores.

Por otro lado, la encuesta de detención de capataces, es un cuestionario que debe ser llenado por cada capataz al final de la jornada de trabajo, a través de esta se obtiene información de detenciones y número de horas hombre perdidas en las actividades que realiza cada cuadrilla bajo sus órdenes en el día, clasificadas de acuerdo a un grupo de causales previamente definidas (Santana, 1989).

Este tipo de metodologías siguen siendo utilizadas y resultan de gran utilidad, sin embargo analizando la metodología del LPS, que al contar con supervisiones de control semanal y mensual, y a través de indicadores como el PAC o PPC así como la lista de ITE, logra no solo tener un conocimiento de las causas de las restricciones de la propia voz de quien las está sufriendo, sino que bajo una filosofía de cero desperdicios y de mejora continua, logra no solo emprender acciones para corregir las causas de dichas

restricciones, sino que coordina a la plantilla para que no detengan su trabajo a través de Inventario de Trabajo Ejecutable, evitando con esto pérdidas de tiempo y tiempos muertos.

Previamente se ha mencionado el ITE, está representado por un listado de las actividades que se obtienen de la planificación intermedia, que son aquellas que se les ha dejado libre de restricciones y se encuentran listas para que en cualquier momento para evitar los tiempos muertos que puedan generar ciertos eventos.

Esta lista se realiza una vez que las tareas han sido integrándose al programa semanal, sometiéndose a un análisis de restricciones, similar al de la siguiente tabla:

| Inventario de Trabajo Ejecutable   |                           |              |               |    |    |    |    |     |                      |                 |
|------------------------------------|---------------------------|--------------|---------------|----|----|----|----|-----|----------------------|-----------------|
| SEMANA:                            |                           |              |               |    |    |    |    |     |                      | ?               |
| Direccion                          | Actividades               | Fecha Inicio | Fecha Término | Lu | Ma | Mi | Ju | vie | Entrada en la Semana | Responsabilidad |
| 13°Piso -Moldaje Carpinteria       | Moldaje Losas Zona 3      | mar 31-01-17 | mar 31-01-17  |    |    |    |    |     | ?                    |                 |
| 13°Piso -Enfierradura Losas Cielo  | Enfierradura Losa Zona 2  | mié 01-02-17 | mié 01-02-17  |    |    |    |    |     | ?                    |                 |
| 13°Piso -Enfierradura Losas Cielo  | Enfierradura Losa Zona 3  | mié 01-02-17 | mié 01-02-17  |    |    |    |    |     | ?                    |                 |
| 13°Piso -Instalaciones Losas Cielo | Instalaciones Losa Zona 2 | mié 01-02-17 | mié 01-02-17  |    |    |    |    |     | ?                    |                 |
| 13°Piso -Instalaciones Losas Cielo | Instalaciones Losa Zona 3 | mié 01-02-17 | mié 01-02-17  |    |    |    |    |     | ?                    |                 |
| 13°Piso -Hormigón Losas Cielo      | Hormigonado Zona 2        | jue 02-02-17 | jue 02-02-17  |    |    |    |    |     | ?                    |                 |
| 13°Piso -Hormigón Losas Cielo      | Hormigonado Zona 3        | jue 02-02-17 | jue 02-02-17  |    |    |    |    |     | ?                    |                 |
| 14°Piso -Trazado Elevaciones       | Trazados Zona 2           | vie 03-02-17 | vie 03-02-17  |    |    |    |    |     | ?                    |                 |

Figura No. 32. Planilla de ITE

Fuente: (Angeli, 2017)

El hecho de que las actividades del ITE puedan ser clasificadas en:

- Actividades con restricciones eliminadas que pertenecen al ITE de la semana en curso que no pudieron ser ejecutadas
- Actividades con restricciones eliminadas, que pertenecen a la primera semana futura que se desea planificar
- Actividades con restricciones eliminadas, que pertenecen a la segunda semana futura que se desea planificar o semanas posteriores.

Observando la información, vemos que se demuestra como la planeación permitirá anticiparse a eventualidades que generan restricciones, la fase de planificación semanal, propia del LPS, presenta un gran nivel de detalle, debe ser realizada por supervisores de construcción que controlan directamente la ejecución del trabajo, de modo que si una actividad del plan semanal no puede ser ejecutada, o si pueden ejecutar alguna de las actividades antes de lo esperado, el ITE se irán seleccionando agregando actividades, anulando los tiempos muertos, o que se realicen tareas aleatoriamente sin seguir la secuencia de trabajo y que y que probablemente después generen retrabajos.

La forma de medir la efectividad del ITE y del efectivo control de las actividades del proyecto y del plan semanal es a través del cálculo de Porcentaje de Actividades Completadas (PAC o PPC en inglés), este nos mostrará la cantidad de las actividades que fueron realizadas durante la semana en comparación a las que fueron planificadas. Así mismo, se tiene a disposición las razones por la cuales no se llevó a cabo una tarea, identificada por el personal de supervisión e incluso directamente por el responsable de la ejecución de dicha actividad.

Semanalmente se define una serie de razones de no cumplimiento, ya sean órdenes o información defectuosa proporcionada al último planificador, llevara a una mala aplicación de los criterios de calidad, mala coordinación de recursos compartidos, cambios de prioridad, cambios de diseño o en alguna de las especificaciones.

Estos dos indicadores, eficiencia del ITE y causas de no cumplimiento, van de la mano, debido a que se integrarán en la misma tabla que permita vislumbrar un panorama completo de la situación semanal, proporcionando datos necesarios iniciales para el análisis y la mejora continua del PAC, y como consecuencia, mejorar el rendimiento del proyecto. Si se observa la siguiente programación semanal:

**Semana del 22 al 28 de noviembre**

**CUBIERTA TORRE 1**

PPC (CUMPL.) **60%**

| Item                                       | Partida | Resp | % CUMPLIMIENTO |        | PPC (CUMPL.) | CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO |                    |                    |            |              |                  |                  |                   | OBSERVACIONES                  |
|--|---------|------|----------------|--------|--------------|---------------------------|--------------------|--------------------|------------|--------------|------------------|------------------|-------------------|--------------------------------|
|  |         |      | % COMP         | % REAL |              | FALTA COORD. TERRENO      | CAMBIO DE PROGRAMA | DISEÑO DE PROYECTO | MATERIALES | MANO DE OBRA | BAJO RENDIMIENTO | FALTA DE CALIDAD | FALTA SUBCONTRATO |                                |
| <b>CUBIERTA N y S</b>                      |         |      |                |        |              |                           |                    |                    |            |              |                  |                  |                   |                                |
| Estructura Shaft                           |         | JD   | 50%            | 50%    | 1            |                           |                    |                    |            |              |                  |                  |                   |                                |
| Ins. Tuberías agua domicil.                |         | HL   | 60%            | 20%    | 0            |                           |                    |                    |            |              |                  | X                |                   |                                |
| <b>SALA CALDERA</b>                        |         |      |                |        |              |                           |                    |                    |            |              |                  |                  |                   |                                |
| Kaltemp                                    |         | JD   | 100%           | 90%    | 0            |                           |                    |                    |            |              |                  |                  |                   |                                |
| Inst. accesorios                           |         | JD   | 100%           | 0%     | 0            |                           |                    |                    |            |              |                  |                  |                   |                                |
| <b>TERRAZA DEPTOS ZONA NORTE (PISO 11)</b> |         |      |                |        |              |                           |                    |                    |            |              |                  |                  |                   |                                |
| Estructura Shaft                           |         | JD   | 50%            | 50%    | 1            |                           |                    |                    |            |              |                  |                  |                   |                                |
| Impermeabilización                         |         | JD   | 100%           | 100%   | 1            |                           |                    |                    |            |              |                  |                  |                   |                                |
| Instalación pastelones                     |         | JD   | 30%            | 0%     | 0            |                           |                    |                    |            |              |                  | X                |                   | Está con la prueba de agua     |
| <b>TERRAZA PISO 10 NORTE</b>               |         |      |                |        |              |                           |                    |                    |            |              |                  |                  |                   |                                |
| Estuco muros y vigas                       |         | JD   | 100%           | 70%    | 0            | X                         |                    |                    |            |              |                  |                  |                   |                                |
| Hojalata viga                              |         | JD   | 100%           | 100%   | 1            |                           |                    |                    |            |              |                  |                  |                   |                                |
| Membrana                                   |         | JD   | 80%            | 40%    | 0            |                           |                    |                    |            |              |                  | X                |                   | Se envía subcontrato a Torre 2 |
| Estructura Shaft                           |         | JD   | 60%            | 60%    | 1            |                           |                    |                    |            |              |                  |                  |                   |                                |
| <b>TERRAZA DEPTOS ZONA SUR (PISO 11)</b>   |         |      |                |        |              |                           |                    |                    |            |              |                  |                  |                   |                                |
| Estuco muros y vigas                       |         | JD   | 60%            | 60%    | 1            |                           |                    |                    |            |              |                  |                  |                   |                                |
| <b>DPTOS PISO 10 NORTE</b>                 |         |      |                |        |              |                           |                    |                    |            |              |                  |                  |                   |                                |
| Comisnas y Canterías                       |         | JD   | 100%           | 0%     | 0            |                           |                    |                    |            |              |                  | X                |                   | No hay subcontrato             |
| Cerámica Piso                              |         | JD   | 90%            | 90%    | 1            |                           |                    |                    |            |              |                  |                  |                   |                                |
| Cerámica Muro                              |         | JD   | 90%            | 90%    | 1            |                           |                    |                    |            |              |                  |                  |                   |                                |
| Preparación zocalo ventana                 |         | JD   | 100%           | 100%   | 1            |                           |                    |                    |            |              |                  |                  |                   |                                |
| <b>DPTOS PISO 10 SUR</b>                   |         |      |                |        |              |                           |                    |                    |            |              |                  |                  |                   |                                |
| Yeso                                       |         | JD   | 50%            | 0%     | 0            |                           |                    |                    |            |              |                  | X                |                   | No hay subcontrato             |
| Cerámica Piso                              |         | JD   | 90%            | 90%    | 1            |                           |                    |                    |            |              |                  |                  |                   |                                |
| Cerámica Muro                              |         | JD   | 90%            | 90%    | 1            |                           |                    |                    |            |              |                  |                  |                   |                                |
| Preparación zocalo ventana                 |         | JD   | 100%           | 100%   | 1            |                           |                    |                    |            |              |                  |                  |                   |                                |

1 0 0 0 1 0 0 4 0 0

Figura no. 33.- Programa Semanal de Obra

Fuente: (Sanchis Mestre, 2013)

## PLAN DE TRABAJO SEMANAL (WWP)

**RESTRICCIONES ABIERTAS:**

No. No.

Proyecto: \_\_\_\_\_

PLAZA: \_\_\_\_\_

Responsable: \_\_\_\_\_

Periodo: **del 12 al 18 de Febrero 2020**

|  |   |
|--|---|
| 1 Falta de proyecto - IPO                | 9 Falta de mano de obra - Contratista           |
| 2 Proyecto incompleto - IPO              | 10 Falta de materiales y equipo - Contratista   |
| 3 Gestion de tramites - IPO              | 11 Cambios de señal (proyectos) - Gerencia      |
| 4 Omision de presupuestos - Costos       | 12 Requerimiento fuera del proyecto - Gerencia  |
| 5 Proceso constructivo mal efectuado - A | 13 Acelere/detención de obra - Gerencia         |
| 6 Falta de planeacion de obra - ADC      | 14 Orden de cambio/Tramite administrativo - ADC |
| 7 Robos y contingencias - ADC            | 15 Falta de contrato - Control                  |
| 8 Condiciones de trabajo inseguras - ADI | 16 Clima  |

PPC **75%**

| ID del programa       | REPETIR        | ACTIVIDAD                                       | RESP | MIER   | JUE    | VIER   | SAB    | DOM    | LUN    | MAR    | HECHO? |         | RAZON DE LA VARIACION |
|-----------------------|----------------|---|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|-----------------------|
|                       |                |   |      | 12-feb | 13-feb | 14-feb | 15-feb | 16-feb | 17-feb | 18-feb | SI     | NO (N°) |                       |
| <b>KILO DE ACCESO</b> |                |   |      |        |        |        |        |        |        |        |        |         |                       |
| 6                     | KILO DE ACCESO | ASIGNACIÓN DE RECURSO PARA TRABAJOS M O         | LNB  |        |        |        |        |        | 1      |        |        |         |                       |
|                       | KILO DE ACCESO | INICIO COLOCACION DE PIEDRA DETALLES COLUMNAS   |      |        |        | 1      |        |        |        |        | 1      |         |                       |
| 8                     | KILO DE ACCESO | TERMINO DE APLICACIÓN Y SELLADOR 1 MANO PINTURA | RGLL | 1      |        |        |        |        |        |        | 1      |         |                       |
| 9                     | KILO DE ACCESO | TERMINO DE PINTURA CUBIERTA METÁLICA 2 AGUAS    | RGLL |        |        | 1      |        |        |        |        | 1      |         |                       |
| 10                    | KILO DE ACCESO | INICIO COLOCACIÓN TRIPLAY Y ANGULO              | RGLL |        |        |        |        |        | 1      |        |        |         |                       |
|                       | KILO DE ACCESO | FALLO DE PRESUPUESTO ELECTRICO                  | LNB  |        | 1      |        |        |        |        |        |        | 14      | EN REVISION           |

Figura No. 34 Plan de trabajo Semana

Fuente: Curso LPS (Millán, 2020)

Se mide el porcentaje de cumplimiento sobre lo programado, el PAC o PPC mide en forma binaria, esto significa que si una actividad se programó un cumplimiento del 100% y alcanza el 90% igual va a reflejar un CERO su cumplimiento, pues el porcentaje no mide el avance de la obra, sino cuánto se ha ajustado la programación a la realidad, es en este momento en donde se vuelve a recalcar la importancia de la certeza del tiempo invertido en cada operación, pues solamente así podrá hacerse una programación mucho más eficiente y rentable. Una vez que se analiza el programa semanal anterior, se está listo para centrarse en la semana que continúa.

#### **4.5.- Eficiencia de la metodología *Last Planner* como herramienta de planeación en edificaciones**

Botero (2012) señala que la asertividad en la realización de una planeación radica en las siguientes características:

- Selección adecuada de secuencia de trabajo, apegado al plan maestro establecido, las estrategias de ejecución y la construcción.
- Distribución correcta de la cantidad de trabajo, tomando en cuenta el rendimiento real de las cuadrillas.
- Delimitación de lo que realmente se puede ejecutar comparado con lo que se debe realizar.

El LPS ha demostrado contar con los elementos suficientes de control, gestión y supervisión, basado en el trabajo en equipo y compromiso con la realidad de las entregas, es importante esto último, ya que en el caso presentado por Angeli Gutiérrez (2017): Después de 13 semanas de la implementación del LPS en la construcción de un edificio, la gerencia decidió cambiar al administrador de la obra, y con ello se tuvo que presentar un periodo de reestructuración interna, y posteriormente se intentó retomar, con 2 semanas más de mediciones, y finalmente se terminó desistiendo al no poder hacerlo de forma constante.

Son este tipo de situaciones a las que está expuesta una programación tan minuciosa como lo es el LPS. La misma Díaz (2007) lo señala, el compromiso es un concepto esencial en el LPS, todos los involucrados, desde los capataces hasta el administrador, deben tener una real convicción de los beneficios que se pueden alcanzar al implementarlo, las reuniones semanales de planificación refuerzan el concepto, pues son el motor del sistema de control y es ahí en donde se adoptan los compromisos semanales, teniendo una herramienta de medición del compromiso a través del PPC y de las CNC, son indicadores clave para intercambiar conocimientos e información sobre el desarrollo proyecto y constituyen el momento adecuado para plantear inquietudes, dificultades, resolver problemas y en general cualquier observación que se tenga de los compañeros, del sistema, e incluso del terreno, el siguiente figura donde se observa el diagrama de flujo que muestra el proceso que sigue el LPS:

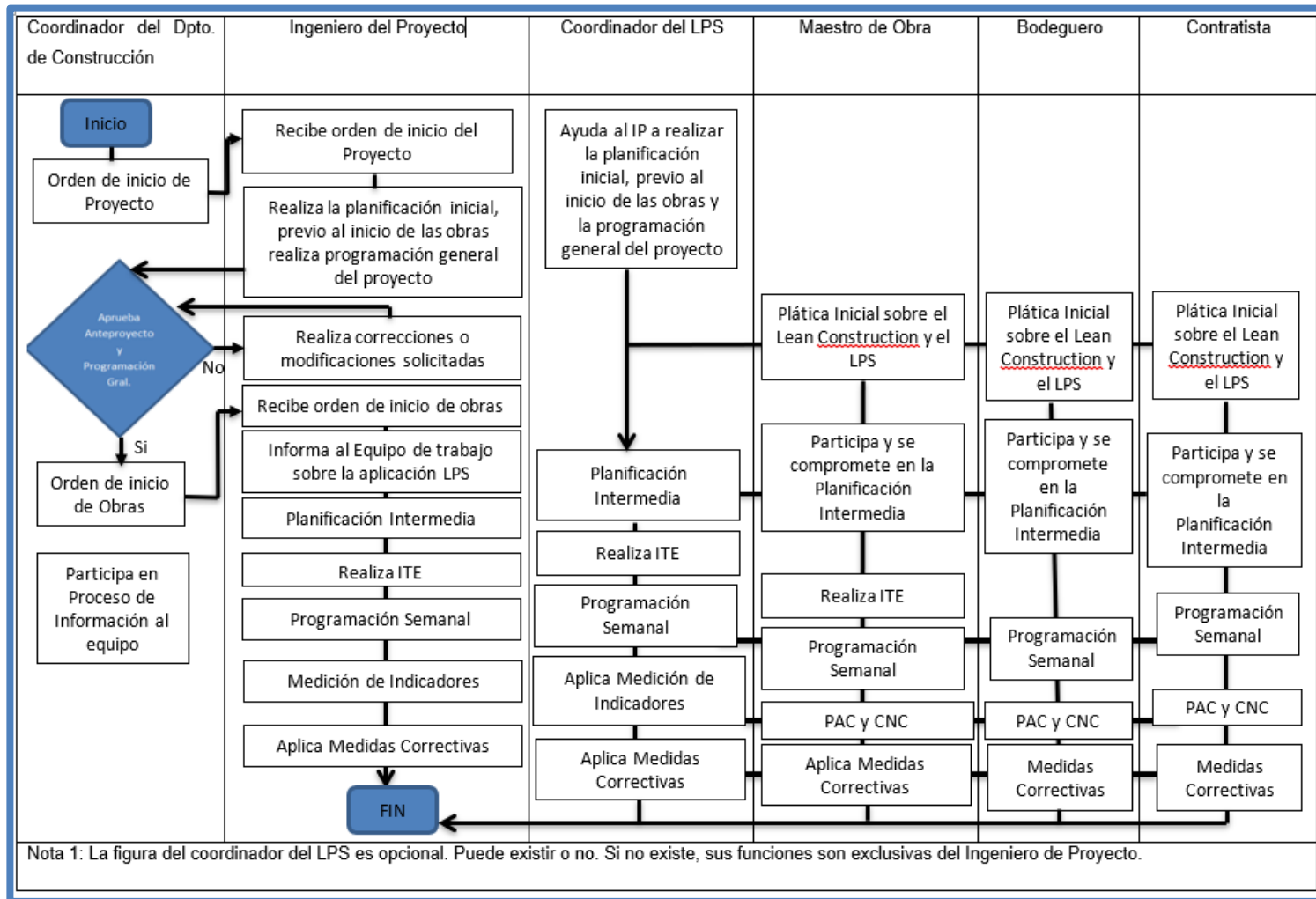


Figura 35. Diagrama de Flujo del LPS

Fuente: (Díaz, 2007)

Otra de los elementos que caracterizan al LPS es el hecho de que las estadísticas que surjan de la implementación de los indicadores PPC y CNC deben estar encaminadas a que las restricciones no se vuelvan a presentar en el proyecto, priorizando aquellas causas más frecuentes y luego las demás, porque son aquellas que generan más atrasos, para ello, la metodología LPS requiere de que se llegue a la raíz del problema a través de consultar a los diferentes jefes de área, y a partir de ahí, tomar acciones para solucionarlo, con esto se entra en un ciclo de mejora continua y de genera rentabilidad para el proyecto.

De modo que el propósito esencial del procedimiento es procurar que las CNC que generan atrasos en la obra no se vuelvan a presentar, a través de la gestión de cada una de ellas para solucionarla, si se consigue la implementación del sistema de gestión LPS en la obra, se logra un mejor control de los proyectos que se estén realizando, y esto responde a que:

- Se reducen plazos contractuales de ejecución de proyectos de construcción.
- Se reducen plazos, coste de proyectos, ya que se limita la utilización de recursos.
- Abre la posibilidad al aumento de la productividad de proyectos, debido a que se optimiza la utilización de los recursos necesarios para la ejecución del mismo.
- El gestor no planea solo, todas las partes involucradas en la ejecución del proyecto tienen injerencia en la ejecución de alguna de los flujos del procedimiento de construcción, se trata entonces de un proceso de trabajo en equipo en donde todos terminan ganando con los beneficios de una correcta implementación. Cabe señalar que el esquema de trabajo y participación siembran en los participantes un sentimiento de apropiación de la obra, por lo que la resistencia al cambio en la organización que se produce tras la implementación del LPS se ve reducida.

- Sin duda, es mayor la rentabilidad y las utilidades para el contratista derivados del plazo contractual de ejecución finalizado previamente o dentro del plazo.

Es importante la formación de nuevos líderes que manejen la filosofía *Lean*, que se encarguen de introducirlo en los proyectos, que incluso como puede observarse, el LPS es aplicable a otras industrias, y no restando valor a los sistemas tradicionales, pero si pudiendo incluirlos en la metodología de cero desperdicios a través de la observación se detectarán oportunidades de mejora, dando a conocer diferentes áreas de la filosofía *Lean* que van generando necesidad y deseos de participación.

La clave para que las fases semanales e intermedias tengan éxito es la mejora continua, pero ésta debe de ir de la mano con una velocidad de avance mayor a la que está planificada para poder terminar anticipadamente, lo que se traduce en reducción de costos. Como consecuencia, la persona a cargo de la implementación y de la verificación de resultados deberá vincular los resultados del cumplimiento de tareas y confrontarlo con los datos del avance físico de la obra.

## CONCLUSIONES

1. Uno de los problemas principales que se observaron a través de la consulta de la bibliografía utilizada es que en la realización del LPS existe una poca o nula motivación de los trabajadores para querer mejorar los procesos constructivos, a pesar del sentimiento de pertenencia que se pueda generar en los jefes de cada una de las áreas, es difícil cambiar la mentalidad de los trabajadores que se encuentran en niveles más operativos, el sector se caracteriza por tener una mano de obra poco especializada, que va adquiriendo experiencia con los años, por lo que la gente mayor está acostumbrada a hacer las cosas de cierta manera, misma que no siempre es la correcta, y tratar de cambiar esa forma de pensamiento y de trabajo no se logrará de la noche a la mañana.
2. En México la filosofía *Lean Construction* aún puede ser considerada como reciente, a pesar de que esta filosofía ha dado resultado en otras áreas, lo que es un incentivo para que las nuevas generaciones integren las metodologías de cero defectos en sus formas de trabajo; a pesar de ello, es necesario que al momento de querer implementar estas nuevas estrategias y herramientas de programación y control de la obra, se hagan bajo la consulta de especialistas en LPS de modo que su implementación en los primeros proyectos pueda ser lo suficientemente fructífera y valiosa como para poder implementarlo de manera autónoma en las consecuentes obras.
3. Varios autores coinciden en que se debe establecer un indicador donde se vincule el PPC con el avance físico de la obra, es decir, comparar el número de actividades cumplidas con el número de actividades que se deberían haber hecho según el programa inicial. Además de llevar un control de desempeño de los contratistas, con la finalidad de posteriores evaluaciones y tomar medidas en caso de que éstos no se estén comprometiendo con la obra.

4. Hay que reiterar que el LPS requiere de tiempo, dedicación, compromiso y ganas de querer mejorar, no se requiere de grandes inversiones ni de uso de tecnologías, solamente el compromiso del capital humano con el objetivo de querer mejorar en sus procesos, situación que en la industria puede generar bastante conflicto. Lo importante es la inquietud por mejorar presente en el equipo, para lograr la implementación se necesitará de organización, disciplina y fundamentalmente las ganas de mejorar continuamente.
5. La capacitación del personal debe ser fundamental en la implementación del LPS, pues genera los conocimientos necesarios que permitan que el personal conozca este tipo de metodologías creando así un cambio de visión de las formas en que se ejecuta el proyecto.
6. Con el objetivo de conseguir los resultados esperados a través de la implementación del LPS, en las reuniones semanales, todos aquellos que vayan a estar involucrados deberán tener claras sus responsabilidades, obligaciones, pero sobre todo la importancia del compromiso real.
7. Cuando se habla de compromiso, en seguida se deja fuera la obligación, se cambia el “Se DEBE”, por el “Se PUEDE”, donde se busca que cada quien sea responsable de definir la cantidad de trabajo que debe realizar conforme a su capacidad y rendimientos, logrando la fluidez requerida del proyecto, porque sin presiones e imposiciones, esto aporta a que se sientan parte del equipo generando compromisos.
8. Se necesita de una capacitación en la que todos los miembros del equipo de trabajo se identifiquen con su trabajo, la importancia que tiene en el desarrollo de todo el proyecto y cómo influye en el trabajo de los demás.

## BILIOGRAFÍA

- Acevedo, H. P. (2010). *Participación del Tiempo en la Gestión de la Empresa*. México: ISEF.
- Acosta Vera, J. M. (2012). *Gestión Eficaz del Tiempo y Control del Estrés*. Madrid: Esic.
- Adriazola, V., & Torres, E. (2004). *Estudio de productividad obra San Ignacio Constructora Desco S.A.* Santiago Chile: Universidad Tecnológica Metropolitana.
- Aguilar Barillas, M. A. (2010). *Estudio Comparativo de la Productividad de Construcción de Casas en Serie, Utilizando el Método de PPlanificación Tradicional y el LPS*. Guatemala: Universidad de San Carlos.
- Aguirre, A. C. (2013). *Implementación del Sistema del Último PPlanificador para la Optimización de la Programación en la Construcción de Viviendas Masivas*. Lima, Perú: Escuela Profesional de Ingeniería Civil.
- Ahlström, P. (1997). *Sequences in the implementation of lean production*. Estocolmo: THE ECONOMIC RESEARCH INSTITUTE.
- Al Hazim, Z. (2017). *Delay and Cost Overrun in Infrastructure Projects in Jordan*. Jordan: Procedia Engineering.
- Alarcón, L. (2003). *Planificación y Control de Producción para la Construcción, Guía para la Implementación*. Santiago de Chile: Ediciones UC.
- Alarcón, L. (2007). *Lean Construction*. New York, USA: Taylor & Francis Group.
- Alpízar, Á. G. (2017). *Aplicación del Lean Construction a través de la Metodología Last Planner*. San José, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Andrade, M., & Arrieta, B. (2011). Last Planner en Subcontrato de Empresa Constructora. *Revista de la Contrucción Volumen 10*, 36-52.
- Angeli, C. A. (2017). *Implementación del Sistema Last Planner en Edificación en Altura en una Empresa Constructora*. Santiago, Chile: Universidad Andrés Bello.

- Azócar, G. (1976). *Planificación de Obras*. Chile: Universidad de Chile.
- Ballard, H. G. (2000). *The Last Planner System of Production Control*. Birmingham: The University of Birmingham.
- Barría, N. C. (2009). *Implementación del Sistema Last Planner en al Construcción de Viviendas*. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile.
- Bautista Baquero, M. Á. (2007). *Gerencia de proyectos de construcción inmobiliaria*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- Botero, B. L. (2005). *Last Planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción*. Barranquilla, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Botero, L. (2012). *Administración y Control de Obra*. Armenia: EAFIT.
- Campero, Q. M., & Alarcón, C. L. (2008). *Administración de Proyectos Civiles*. Chile: Universidad Católica de Chile.
- Campiña, V. A. (2015). *Evaluación, Planificación, Análisis de Redes Sociales, Flujo de Información, Comunicación*. España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Carneiro Cadena, M. (2010). *Dirección Estratégica Innovadora*. La Coruña, España: Netbiblo.
- Centro de Análisis de Políticas Públicas. (09 de Octubre de 2014). *Por un presupuesto realista y sostenible. 5 puntos de atención urgente, elaborado por México Evalúa*. Recuperado el 20 de Mayo de 2020, de <https://www.mexicoevalua.org/2014/10/por-un-presupuesto-realista-y-sostenible-5-puntos-de-atencion-urgente/>
- CMIC. (01 de Diciembre de 2019). *Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción*. Recuperado el 17 de Mayo de 2020, de Reporte de la Actividad Económica de la Industria de la Construcción: [https://www.cmic.org.mx/cmic/ceesco/2017/Reporte%20CEESCO%20de%20la%20Industria%20de%20la%20Construcci%C3%B3n%2019\\_12\\_17.pdf](https://www.cmic.org.mx/cmic/ceesco/2017/Reporte%20CEESCO%20de%20la%20Industria%20de%20la%20Construcci%C3%B3n%2019_12_17.pdf)

- Coronel Carcelén, J. (2010). *Planificación y Control del Proceso Productivo en la Construcción de Proyectos Civiles*. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Cusumano, M. (1992). *Japanese Technology Management Review*. Massachusetts: Sloan Management Review.
- Davidson, F. J. (2005). *La dirección de proyectos en las organizaciones*. Argentina: Granica.
- De la Peña, E. (2 de Agosto de 2017). *Deloitte*. Recuperado el 20 de Mayo de 2020, de Corrupción en la Industria de la Construcción:  
<https://www2.deloitte.com/mx/es/pages/dnoticias/articulos/corruccion-en-industria-construccion.html>
- Delers, A. (2016). *El Principio de Pareto*. Madrid: 50 minutos.
- Delgado, O. E. (2007). *Aplicación de la Metodología de Planeación Last Planner en el mejoramiento de la Productividad, Efectividad y Eficiencia en el Sistema Constructivo aporticado*. Santander, Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- Díaz, M. D. (2007). *Aplicación del sistema de planificación Last Planner a la construcción de un edificio habitacional de media altura*. Chile: Universidad de Chile.
- Donoso, J. (01 de Junio de 2017). *Creación Empresas*. Recuperado el 18 de Mayo de 2020, de Subcontratación en el sector de la Construcción:  
<https://www.creaciondempresas.es/gestion-y-actualidad/laboral/la-subcontratacion-en-el-sector-de-la-construccion/>
- Drucker, P. (2007). *The practice of Management*. USA: Elsevier.
- Ferdows, K., & De Meyer, A. (1990). *Lasting Improvements in Manufacturing Performance: In search of a New Theory*. New York: Journal of Operation Management.

- Gonzalez, J., Solís, R., & Alcudia, C. (2016). Diagnóstico sobre la Planeación y Control de Proyectos en las PYMES de Construcción. *Revista de la Construcción.*, 17-25.
- Grifa Bassó, E. (2017). *Desarrollo de un Modelo para el Seguimiento y Control Económico y Temporal durante la fase de Ejecución en la Obra Pública*. Girona, España: Universitat de Girona.
- Guadarrama, J. d. (12 de Febrero de 2019). *Dinero Imagen*. Recuperado el 17 de Mayo de 2020, de Miles de obras sin terminar en México:  
<https://www.dineroenimagen.com/actualidad/miles-de-obras-sin-terminar-en-mexico-desvio-hormiga-de-recursos/107144>
- Guzmán, T. A. (2014). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Helios Comunicación. (Diciembre de 2018). *Observatorio de la Industria de la Construcción*. Recuperado el 20 de Mayo de 2020, de Revista Mexicana de la Construcción: [https://issuu.com/helios\\_comunicacion/docs/rmc-636\\_baja\\_fin](https://issuu.com/helios_comunicacion/docs/rmc-636_baja_fin)
- Herrera Valencia, R. F. (2016). Pros y Contras al implementar el Sistema Last Planner en un proyecto de edificación: Un caso de estudio. *Ingenium Vol. 18 No. 35*, 91-104.
- Howell, G., & Macomber, H. (2002). *A Guide for new users of the Lat Planner TM System nine Steps for Success*. Lean Project Consulting. Inc.
- Hoyos, M. F., & Botero, L. F. (2018). *Evolución e Impacto Mundial del Last Planner System: Una revisión de la Literatura*. Medellín: Universidad EAFIT.
- INEGI. (15 de Enero de 2019). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Recuperado el 15 de Mayo de 2020, de Construcción:  
<http://cuentame.inegi.org.mx/economia/secundario/construccion/default.aspx?tema=E>

- Kenny, C. (2007). *Construction, Corruption, and developing Countries*. EEUU: World Bank Policy Research.
- Klastorin, T. (2013). *Administración de Proyectos*. México: Alfaomega.
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. Finland: Standford University.
- Lean Construction Institute. (2010). *Lean Construction Institute*. Recuperado el 28 de Abril de 2020, de <https://www.leanconstruction.org/>
- Liker, J. (2006). *Las claves del éxito Toyota. 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo*. Gestión 2000.
- López, E. (2004). *Causas de la resistencia al cambio en las Organizaciones*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Luengas Zuñiga, C. A. (2011). *Implementación y Seguimiento de la Metodología Lean Construction a las Actividades Constructivas de la Obra Metropolitana Park en la Empresa Marval*. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Marín Aravena, J. (2015). *Recomendaciones para extender y sostener prácticas Lean a traves del tiempo en la industria de la Construcción*. Santiago, Chile: Universidad de Chile.
- Millán, M. I. (2020). Curso Last Planner. *Curso Last Planner*. México: Lean Contruction Institute México.
- Molina Hernández, J. (2007). La programación CPM y PERT y sus aplicaciones. *Revismar*, 368.
- Mondragón Véliz, F. J. (2003). *Efectos de la Variabilidad de producción en la Construcción*. Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Muiño, A. (17 de Noviembre de 2008). *El Método del Camino Crítico CPM*. Obtenido de Degerencia: [http://www.manuelgross.bligoo.com/content/view/324407/El-metodo-del-Camino- Crítico-CPM-tiene-vwntajas-e-inconvenientes.html](http://www.manuelgross.bligoo.com/content/view/324407/El-metodo-del-Camino-Crítico-CPM-tiene-vwntajas-e-inconvenientes.html).

- Napolitano, P. (2013). *Last Planner System*. Gropu for Lean Construction.
- Navarro, D. (2005). *Limitaciones del modelo CPM*. Obtenido de Armell:  
[http://www.armell.com/docs/Limites\\_del\\_CPM.pdf](http://www.armell.com/docs/Limites_del_CPM.pdf)
- Nieto Morote, A. (2009). *Estrategias para la implementación del Sistema de Gestión Last Planner*. Cartagena: CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE PROYECTOS.
- Nyoni, T., & Bonga, W. (2017). *Towards factors affecting delays in Construction Projects: A Caso of Zimbabwe*. Zimbabwe: Journal of Economic and Finance.
- Ocampo Quirola, D. E. (2011). *Lecciones sobre la implementación del Last Planner System*. Loja, Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja.
- OCDE. (2005). *Organization for Economic Co operation and Development*. Recuperado el 18 de Mayo de 2020, de Issues Papers on Corruption and Economic Growth:  
[https://www.oecd-ilibrary.org/taxation/bribery-and-corruption-awareness-handbook-for-tax-examiners-and-tax-auditors\\_9789264205376-en](https://www.oecd-ilibrary.org/taxation/bribery-and-corruption-awareness-handbook-for-tax-examiners-and-tax-auditors_9789264205376-en)
- Orihuela, P., & Ulloa, K. (2011). *La planificación de las obras y el Sistema Last Planner*. Lima, Peru.: Corporación Aceros Arequipa. Construcción Integral.
- Oropesa-Vento, J., García Alcaraz, L., Rivera, & Manotas. (2015). *Effects of management commitment and organization of work teams on the benefits of Kaizen: Planning Stage*. Medellín, Colombia: DYNA.
- Perdomo Rivera, J. L. (2004). *A framework for decision support model for supply chain management in the construction*. Virginia, EEUU: Virginia Polytechnic Institute.
- Pichi, F. (1993). *Sistema de calidad en empresas de la construcción. Tesis Doctoral*. Brasil.
- PMI. (2013). *A guide to the project management body of knowledge* . Pennsylvania, EEUU: Project Management Institute.

- Pons Achell, J. F., & Rubio Pérez, I. (2019). *Lean Construction y la Planificación Colaborativa*. Madrid: Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.
- Pons, J. (2014). *Introducción al Lean Construction*. Madrid, España: Fundación Laboral de la Construcción.
- Ponz Tienda, J. L. (2008). *Project Magnament con Redes Pert*. Valencia, España: Universitat Politècnica de Valencia.
- Porras Díaz, H. (2014). *Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: Una revisión Actual*. Bucaramanga, Colombia: Avances.
- Porter, M. (2015). *Ventaja Competitiva*. México: Patria.
- Prada Cáceres, D. A. (2010). *La WBS en la planeación de proyectos de construcción*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Puigpelat Barrado, P. (2012). *Desarrollo de una herramienta para la implantación de Lean Construction*. Barcelona: Universidad Politècnica de Catalunya.
- Quiroz Zamora, J. (13 de Marzo de 2020). *Grupo Financiero Monex*. Recuperado el 17 de Mayo de 2020, de Análisis Sectorial:  
<https://www.monex.com.mx/portal/download/reportes/200313b%20Sectorial%20-%20Construcci%C3%B3n.pdf>
- Ramírez, E. (18 de Abril de 2019). *El Sol de México*. Recuperado el 20 de Mayo de 2020, de Disruptores, Lean Construction: Más rápido, más fuerte, mejor:  
<https://www.elsoldemexico.com.mx/finanzas/disruptores-lean-construction-mas-rapido-mas-fuerte-mejor-3339021.html>
- Reséndiz, O. E. (2015). *Lean Manufacturing como un sistema de trabajo en la industria manufacturera*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Richards, C. (1996). Agile manufacturing: Beyond lean? *Production and Inventory Management Journal*, Tomo 37, 60.

- Roberts, P., & Vallejo, C. (2012). *Programa Manejo de Proyectos*. San José, Costa Rica: IICA.
- Rodríguez, C. M. (1962). *Aplicaciones en Ingeniería de Métodos modernos de Planeación, programación y control de procesos productivos*. México: Limusa.
- Rodríguez, F. A., Alarcón, C. L., & Pellicer, A. E. (2011). *La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador*. Valencia, España: Revista de Obras Públicas.
- Rojas, R. (2005). *Lean Construction como una filosofía de planificación de proyectos*. Chile: Universidad Andrés Bello.
- Roldán, N. (9 de Octubre de 2014). *Animal Político*. Recuperado el 20 de Mayo de 2020, de Sin planeación, costosas y tardadas, las obras de infraestructura en México: <https://www.animalpolitico.com/2014/10/sin-planeacion-costosas-y-tardadas-las-obras-de-infraestructura-en-mexico/>
- Rudeli, N. (2018). Causas de retrasos en proyectos de Construcción: Un análisis cualitativo. *Memoria Investigaciones en Ingeniería, núm. 16*, 71-84.
- Sabbatino Barros, D. (2011). *Análisis de indicadores claves para una exitosa implementación del sistema Last Planner en proyectos de edificación*. Santiago de Chile. Chile: Universidad de Chile.
- Saldaña, I. (06 de Agosto de 2019). *Obras sin planeación pueden incrementar costo hasta en 10 veces, advierte CNEC*. Recuperado el 20 de Mayo de 2020, de El Universal: <https://www.eluniversal.com.mx/cartera/obras-sin-planeacion-pueden-incrementar-costo-hasta-en-10-veces-advierte-cnec>
- Sanchis Mestre, I. (2013). *Last PLanner System*. Chile: Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación.
- Santana, V. J. (1989). El tiempo improductivo en obras de construcción. *Revista Ingeniería de Construcción No. 7*.

- Sanvido, V., Gloor, F., Parfitt, K., & Guvenis, M. (2017). Factores de éxito en los proyectos de construcción. *Revista de Construcción, Ingeniería y Gestión*.
- Senaratne, S. (2008). *Lean Construction as a strategic option: testing its suitability and acceptability in Sri Lanka*. Washington: Lean Construction Journal.
- Serer Figueroa, M. (2001). *Gestión Integrada de Proyectos*. Barcelona: UPC.
- Serpell, A., & Alarcón, L. (2001). *Planificación y Control de Proyectos*. Santiago de Chile: Universidad Católica.
- Serpell, B. A. (2012). *Administración de Operaciones de Construcción*. Santiago, Chile: Alfaomega.
- Sierra, G. A. (2012). *Planeación y Control Administrativo en Proyectos Estadísticos*. México: INEGI.
- Solís Carcaño, R., Martínez Delgadillo, J., & González Fajardo, J. (2009). Estudio de Caso: Demoras en la construcción de un proyecto en México. *Revista Académica de la FI-UADY*, 41-48.
- Torres Hernández, Z. (2014). *Administración de Proyectos*. México: Patria.
- Torres, E. S. (2012). *Reorganización y Modelo MAC4DV*. México: Producciones en Concreto.
- Ventura, P. (04 de Marzo de 2019). *El Financiero*. Recuperado el 20 de Mayo de 2020, de Alistan primer congreso internacional Lean Construction México 2019: <https://www.elfinanciero.com.mx/empresas/alistan-primer-congreso-internacional-lean-construction-mexico-2019>
- Wild Entrepreneur. (24 de Junio de 2019). *Wild Entrepreneur*. Recuperado el 21 de Mayo de 2020, de Lean Construction Institute México Firma convenio de colaboración con la BUAP: <https://wildentrepreneur.org/lean-construction-institute-mexico-firma-convenio-de-colaboracion-con-la-buap/>

Womack, J., Jones, D., & Ross, D. (1993). *La máquina que cambio al mundo*. México: McGraw Hill.

Zemmelman, H. (1997). *Conocimiento y sujetos sociales*. México: El Colegio de México.