

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA



**DISEÑO DE UNA PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA
METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCCIÓN EN UNA EMPRESA DEL SECTOR
CONSTRUCCIÓN.**

**DESIGN OF A PROPOSAL FOR THE IMPLEMENTATION OF LEAN
CONSTRUCTION METHODOLOGY IN A CONSTRUCTION COMPANY SECTOR**

PRESENTADO POR

Jeyson Leonardo Cubaque Sarmiento
Ingeniero Industrial
Bogotá, Colombia
ingcubaque@hotmail.com

Trabajo final de especialización, presentado como
Requisito para obtener el título de Especialista.

TUTOR DEL TRABAJO DE GRADO
Docente Nataly Ortegón Cáceres.

**ESPECIALIZACIÓN GERENCIA INTEGRAL DE PROYECTOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
BOGOTÁ D.C.
2014**

RESUMEN

Basándose en la problemática actual en la industria de la construcción en Colombia y el deseo de mejorar cada vez los procesos de producción y poder disminuir la variabilidad de las actividades que se van a ejecutar se toma como base la filosofía de producción lean construction y la herramienta del last planner que se define como un flujo de información de recursos desde la materia prima hasta la entrega del producto final. Los sistemas de gestión tradicionales carecen de un sistema que permita predecir con exactitud si se cumplirá con las fechas establecidas desde el inicio del proyecto

Mediante la aplicación del last planer se busca aumentar la confiabilidad del flujo de trabajo mediante la medición de las actividades que se programaron con las actividades que no se cumplieron y mediante la determinación de las causas de no cumplimiento que son las restricciones se procede aplicar acciones correctivas para eliminar la variabilidad.

ABSTRACT

Based on the current problems in the construction industry in Colombia and the desire to constantly improve production processes and to reduce the variability of the activities to be executed is taken as the basic philosophy of lean production and tool construction the last planner which is defined as an information flow of resources from raw material to final product delivery. The traditional management systems lack a system that can accurately predict if it will meet the dates set out from the start of the project

By applying the last planer seeks to increase the reliability of workflow by measuring the activities that were planned with activities that were not met and by determining the causes of noncompliance that are the restrictions applicable corrective actions to eliminate variability.

Palabras Claves

Lean construction:

Last planner

Variabilidad/ variability.

Restricciones/ restrictions

INTRODUCCION

A pesar de su importancia, la industria de la construcción es, incomprensiblemente, uno de los sectores que menor grado de desarrollo presenta en la mayoría de los países latinoamericanos, convirtiéndose en una actividad caracterizada por grandes deficiencias y falta de efectividad. Lo que se traduce en la poca competitividad y coloca a las empresas constructoras en desventaja frente a los mercados de la economía internacional. (Botero L, 2002.)

A través de la construcción se satisfacen las necesidades de infraestructura de la mayoría de las actividades económicas y sociales de un país como los requerimientos de vivienda de la población. Este sector consume una actividad importante de recursos públicos y privados pues demanda una alta inversión por ende genera una dinámica económica entrono suyo como fuente de trabajo pues usa mano de obra intensivamente y genera muchas otras actividades directas e indirectas. Pero paradójicamente la construcción ha mantenido tradicionalmente muchos paradigmas fuertemente arraigados en cuanto al diseño de procesos constructivos manteniéndose con uno de los sectores más atrasados en Latinoamérica en comparación con la industria constructiva en países desarrollados esta cultura se ha sostenido gracias a que por ahora los métodos usados en la industria resuelven razonablemente bien los problemas del pasado. (Camacol 2012).

Los sistemas de gestión tradicionales carecen de un sistema que permita predecir con exactitud si se cumplirá con las fechas establecidas desde el inicio del proyecto de construcción. Mediante la aplicación del last planer y la eliminación de pérdidas se busca aumentar la confiabilidad del flujo de trabajo mediante la medición de las actividades que se programaron con las actividades que no se cumplieron y la eliminación de perdidas, se procede aplicar acciones correctivas para eliminar la variabilidad.

1. Justificación

Uno de las dificultades que afronta todo tipo de proyectos de construcción es la incertidumbre en el cumplimiento de las actividades que deben ejecutarse a medida que avanza el proyecto. Para explicar este problema hay que revisar tres situaciones que suceden en los proyectos de construcción. La primera situación general del proyecto; está en la etapa de planificación donde se determinan los plazos y recursos de las actividades, es decir, lo que “debería hacerse”. Sin embargo, a medida que avanza el proyecto se hace cada vez más difícil de cumplir el plan inicial, y lo inicialmente planeado se modifica. En ese punto la situación cambia hacia lo que “se hará” realmente en el proyecto. Finalmente, el plan inicial se ha modificado de tal forma que solo “se puede” ejecutar la obra de una forma distinta a lo planteado inicialmente.

Otro aspecto importante negativo en la ejecución de los proyectos es la variabilidad desde el punto de vista de las desviaciones en los plazos de ejecución, consumo de mano de obra y materiales, en contra de lo presupuestado. Por ende la ausencia de la variabilidad es sinónimo de producción confiable como indicador del cumplimiento programado.

2. Materiales y Métodos

La construcción y la manufactura difieren significativamente en las características del producto final, en la manufactura los productos terminados se pueden mover en conjunto hacia el cliente final y tienen poca variabilidad al contrario le pasa a la industria de la construcción que se ocupa de unidades que no pueden ser transportadas además la industria de la construcción tiene producción por proyectos y cada proyecto es diferente uno del otro al igual que su complejidad (Koskela, 2002) A largo plazo, la construcción y la manufactura se esfuerzan por agregar valor a sus productos a través de un alto rendimiento de la inversión, sin embargo, cada uno utiliza diferentes medios para lograr este objetivo. En manufactura, el ciclo de vida de un producto en el mercado es largo suficiente para desarrollar las capacidades de investigación y formación relacionada y en construcción, el ciclo de vida de un producto es relativamente corta la duración en cada proyecto, y por lo tanto es más difícil para justificar la investigación y la formación (Journal of management 2006).

El sector de la construcción muestra características que explican el grado de dificultad en el desarrollo de los proyectos por ejemplo la curva de aprendizaje limitada, influencia de las condiciones climáticas, trabajo permanente bajo presión, fragmentación de los proyectos, incentivos negativos, poca capacitación, deficiente planeación o ausencia de la misma, actividad basada en la experiencia, falta de investigación y desarrollo. No obstante las anteriores consideraciones algunos

gremios empresarios relacionados con el sector han detectado la necesidad de mejoramiento

Debido al constante cambio de escenarios en que se desarrolla la actividad actualmente. Los proyectos cada vez más complejos que requieren la aplicación de nuevas tecnologías, mayores exigencias de calidad por parte de los usuarios finales de los proyectos, presión para la reducción de los plazos y costos de los proyectos son algunas que afectan directamente el desarrollo normal de los proyectos.

2.1 Antecedentes

La construcción como sector productivo de nuestro país, es de gran importancia en el desarrollo económico, ya que su dinámica, es un motor que impulsa permanentemente el progreso de la sociedad. A través de la construcción se da respuesta a las necesidades de la población, con el desarrollo de proyectos de infraestructura y soluciones de vivienda, constituyéndose en fuente permanente de trabajo, con la utilización de mano de obra de manera intensiva y generando una importante actividad indirecta en otros sectores de la economía del país.

(Camacol 2010)

Según información de la cámara colombiana de la construcción existe un amplio consenso sobre el importante aporte del sector de la construcción en Colombia en los últimos años al dinamismo de la actividad económica nacional. De hecho, la contribución promedio del sector al crecimiento en los años recientes (2002-2010) está en el orden de 0,8 puntos porcentuales, cifra que es superada por la industria manufacturera, el comercio y el transporte con: 1,8; 1,3; y 1,0, respectivamente. No obstante, la construcción es un sector que presenta fuertes fluctuaciones. En efecto, para el período 1980 – 2006 el Producto Interno Bruto (PIB), de la construcción (que incluye la actividad edificadora y las obras civiles) ha tenido cerca de dos ciclos, que involucran fases expansivas y recesivas. A pesar de esto, en ninguna de las fases expansivas registradas se ha observado una dinámica tan favorable como la de los últimos seis años, con una tasa de crecimiento promedio bastante alta de 13,2%. En ese sentido resulta importante analizar si esta dinámica creciente tendrá la corrección natural inherente a un amplio ciclo económico, o si por el contrario, se puede esperar una fuerte desaceleración en el sector.

Este crecimiento que ha tenido el sector de la construcción está relacionado al poder adquisitivo del colombiano promedio y adicional a esto la innovación en cada uno de los procesos, la implementación de nuevas técnicas de producción y estrategias para el control, la disminución de la variabilidad y la incertidumbre que conlleva cada proyecto, es por esto que las constructoras al observar que la competencia en calidad y entregas en los proyectos en el sector cada vez es más alta encuentra la necesidad de implementar nuevas metodologías de planeación y control para que llegar hacer más competitivas y poder entregar sus proyectos a tiempo con la calidad que se espera.

A continuación se presentan los indicadores de una empresa de construcción del los años 2010 y 2011 que muestran la desviación del plazo en los proyectos que se estaban ejecutando en estos años, evidenciando que la duración de los proyectos en todos los casos está por encima de la duración inicial y el resultado de esta excesiva duración se ve reflejada en los costos de cada proyectos.

Tabla 1. Indicadores desviación del plazo año 2010

PLAZO	PROMEDIO	PROYECTO 1	PROYECTO 2	PROYECTO 3	PROYECTO 4	PROYECTO 5
DURACION INICIAL	320	270	330	360	270	240
DURACIÓN FINAL PROYECTADA	402	381	387	438	384	360
DIFERENCIA [DIAS]	82	111	57	78	114	120
META	-5.0%	-5.0%	-5.0%	-5.0%	-5.0%	-5.0%
DP	26.7%	41.1%	17.3%	21.7%	42.2%	50.0%

Tabla 2. Indicadores desviación del plazo año 2011

PLAZO	PROMEDIO	PROYECTO 1	PROYECTO 2	PROYECTO 3	PROYECTO 4	PROYECTO 5	PROYECTO 6
DURACION INICIAL	413	270	495	420	454	450	375
DURACIÓN FINAL PROYECTADA	451	380	495	434	454	619	458
DIFERENCIA [DIAS]	38	110	0	14	0	169	83
META	-5.0%	-5.0%	-5.0%	-5.0%	-5.0%	-5.0%	-5.0%
DP	10.4%	40.7%	0.0%	3.3%	0.0%	37.6%	22.1%

Para mostrar un poco la necesidad de implementación de nuevas técnicas de planeación y control se evidencian los resultados de los indicadores en donde se muestra una desviación del plazo por encima del 30% en la mayoría de los proyectos ejecutados, esto indica que el control en la programación no es eficiente,

Por tal motivo que se requiere implementar nuevas metodologías para que esta desviación disminuya sustancialmente en cada proyecto.

Una planificación eficiente es la mejor herramienta para lograr un incremento de la productividad, pues se pueden reducir retrasos, definir la mejor secuencia en la realización de actividades, disponer de los recursos humanos necesarios, coordinar múltiples actividades independientes, etc.

2.2 MARCO TEÓRICO.

Conceptos de productividad en la construcción

Una aproximación a la definición de productividad presenta la relación existente entre lo producido y lo gastado. De una manera más amplia, podemos definir la productividad en la construcción como "la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado" (Serpell, 1999). El logro de la productividad involucra entonces la eficiencia y la efectividad, ya que no tiene sentido producir una cantidad de obra si ésta presenta problemas de calidad. El objetivo de cualquier proceso productivo es lograr una alta productividad, lo que se consigue mediante la obtención de alta eficiencia y efectividad.

Lean Construction (Construcción sin Pérdidas en español) es un enfoque dirigido a la gestión de proyectos de construcción. Se originó en el Lean Production Management, el cual produjo una revolución en el diseño y producción industrial en el siglo XX. Este ha cambiado la forma de construir los proyectos. Este enfoque maximiza el valor y minimiza las pérdidas de los proyectos, mediante la aplicación de técnicas conducentes al incremento de la productividad de los procesos de construcción. Como resultado de su aplicación se pueden obtener los siguientes resultados: El proceso de construcción y de operación del proyecto es diseñado conjuntamente para satisfacer las necesidades de los clientes y el trabajo del proyecto se estructura sobre los procesos, con el objetivo de maximizar el valor y reducir las pérdidas en el desarrollo de actividades de construcción.

Principios de lean construction.

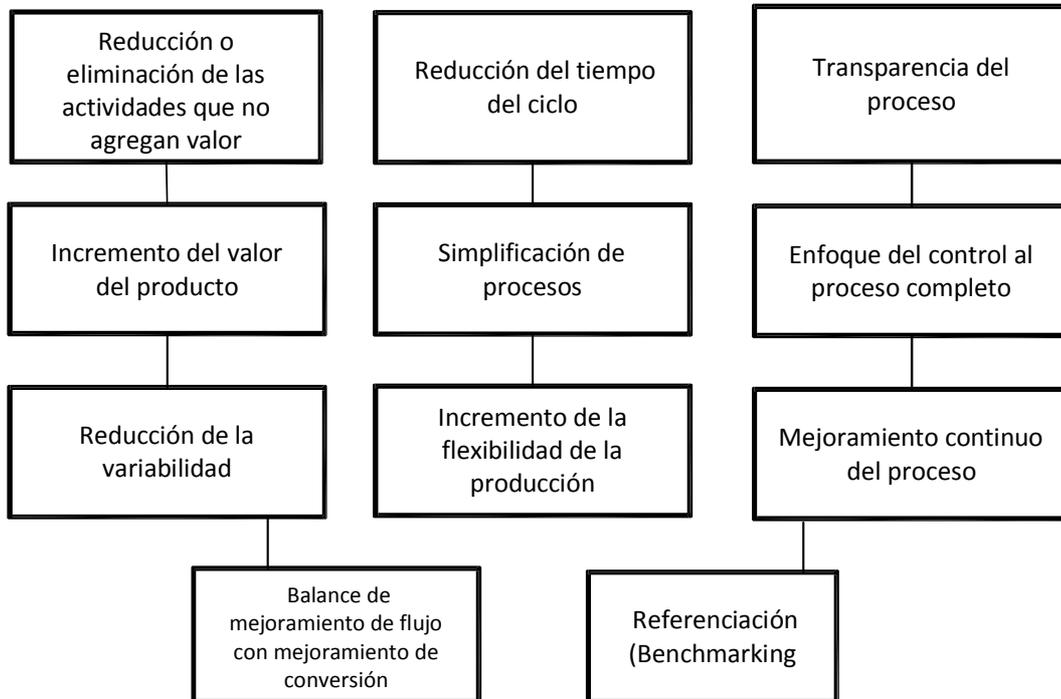


Figura 1. Principios de lean Construction

Fuente: Koskela L.1992, Application of the new production philosophy to construction

Reducción o eliminación de las actividades que no agregan valor:

La experiencia ha demostrado que las actividades que no agregan valor predominan en el sistema de producción, pero este principio no se puede llevar al extremo pues algunas actividades aunque no agregan valor para el cliente directamente son primordiales para la eficiencia global de los procesos como el control de calidad, capacitación de la mano de obra.

Incremento del valor del producto

Este es otro principio fundamental. El valor se genera por la realización de exigencias del cliente, no como un mérito inherente de conversión. Para cada actividad hay dos tipos de clientes el interno y el externo. El fundamento práctico de este principio consiste en planificar la producción de un proyecto se identifiquen los clientes y se analicen sus exigencias.

Reducción de la variabilidad

Todos los procesos de producción son variables así se utilicen los mismos materiales y la misma mano de obra, hay dos motivos para reducir la variabilidad del proceso, primer lugar desde el punto de vista del cliente un producto uniforme siempre es mejor. En segundo lugar la variabilidad especialmente en la duración de algunas actividades que aumenta el volumen de actividades que no agregan valor y aumentan los tiempos de ciclo

Reducción del tiempo del ciclo

El tiempo es una medida natural para los procesos de flujo. El tiempo entrega una medida más útil y universal que el costo o la calidad ya que puede ser usado de mejor forma para la mejora de los otros dos (M. Krupka 1992).

Un flujo de producción puede ser caracterizado por el tiempo de ciclo que se refiere al tiempo requerido para que un material atraviese parte del flujo. El tiempo de un ciclo puede representarse así.

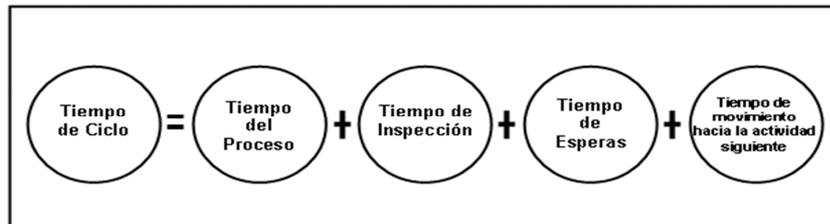


Figura 2. Representación de un ciclo de un proceso

Fuente: Orduz 2007 Universidad de Bucaramanga

Simplificación de procesos

Si no intervienen otros factores la complejidad misma de un producto o del proceso aumenta los costos más allá de la suma de sus costos de sus partes individuales o pasos. Otro problema fundamental de complejidad es la fiabilidad del sistema simplemente se puede entenderse como: reducir la cantidad de componentes de un producto y reducir la cantidad de pasos en el flujo de información o de materiales

Incremento de la flexibilidad de la producción

Aunque parezca contradictorio a la simplificación, el principio de flexibilización ha dado muy buenos resultados. Para obtener estos resultados hay que generar modelos modulares, estandarizar piezas y partes del producto y utilizar cuadrillas que se adapten al nuevo modelo de producción (multicadrillas que realizan varias labores). Se refiere a la posibilidad de alterar las características de los productos entregados a los clientes sin aumentar los costos de los mismos.

Se puede definir con la mejora de las características del producto entregado a los clientes sin aumentar el costo de estos. Por ejemplo: productos finales personalizados, uso de tecnologías que permite la personalización del producto sin carga importante para la producción y la formación de mano de obra versátil

Transparencia del proceso

Concepto que se relaciona a la mejora del control visual de la producción, la calidad y la organización del lugar del trabajo. Por ejemplo: Aumentar la transparencia significa retirar los obstáculos del camino, dejando informaciones visibles, utilizando las herramientas y controles visuales en la obra y el programa de las 5 S.

Enfoque del control al proceso completo

Conocer el proceso en su totalidad para hacer posible el reconocimiento de los resultados globales de la empresa y probar soluciones mucho mas eficaces. Por ejemplo: supervisar el desempeño de las células de producción en las diferentes fases de la construcción.

Mejoramiento continuo del proceso

Estar abierto a recibir o a buscar informaciones relevantes para agregar el valor al proceso. Por ejemplo: realizar capacitación en obra, introducir nuevos equipamientos y motivar a los trabajadores para sugerir mejoras al proceso.

Observar los procesos y analizar lo que se puede mejorar, tanto en relación con los flujos y sus cambios. Por ejemplo: una forma de equilibrar la mejora del flujo y las conversiones es la utilización de mecanismos que disminuya el tiempo de la ejecución de una tarea.

Referenciación (Benchmarking)

Comparar las actividades realizadas entre las empresas, con el fin de identificar las mejores prácticas desarrolladas por el mercado. Por ejemplo: utilizar equipamiento de procesos constructivos innovadores utilizados por empresas líderes en el mercado.

Herramienta de lean Construction

Sistema de control last planner. y su implementación

Last Planner es un sistema de control de proyectos en donde se rediseñan los sistemas de planificación convencionales para lo cual participan nuevos estamentos, incorporando en algunos casos a supervisores, subcontratistas, entre otros actores, con el fin de lograr compromisos en la planificación. El concepto de planificación no debe ser entendido simplemente como la utilización de un programa computacional para organizar las actividades del proyecto, la planificación debe determinar lo que se debe hacer, cómo se debe hacer, qué acción debe tomarse, quién es el responsable de ella y por qué. En este sentido, y con el fin de implementar un sistema de planificación que incorpore los puntos antes mencionados (por lo general ampliamente aceptados, pero pocas veces implementados), Glenn Ballard, propone el sistema Last Planner, basado en los siguientes principios:

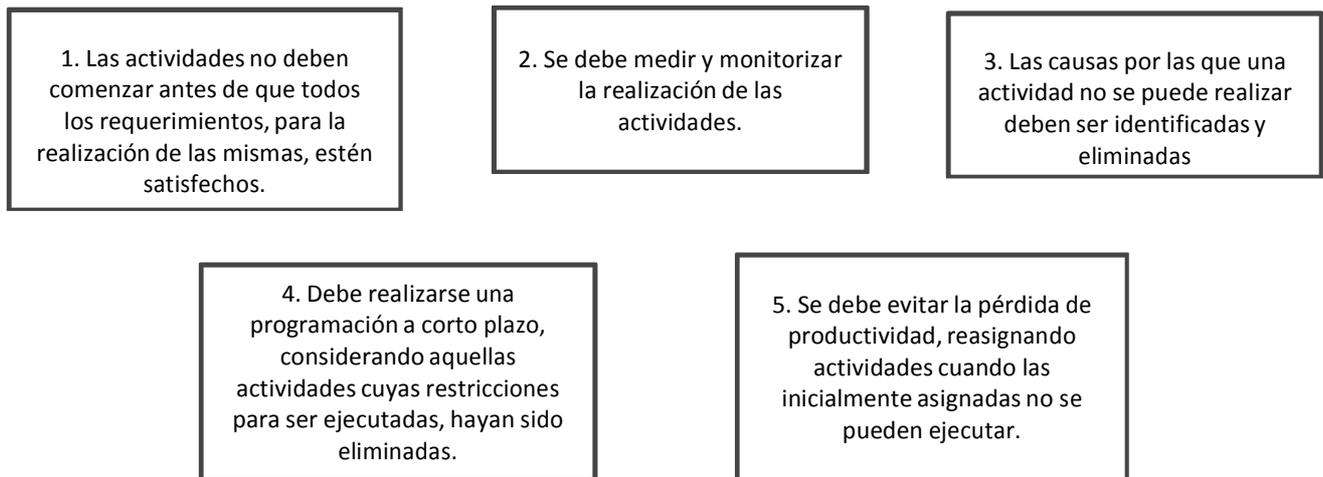


Figura 3. Principios del last planner

Fuente: Botero L 2002 Universidad EAFIT Medellín

El sistema Last Planner apunta fundamentalmente a aumentar la fiabilidad de la planificación y con eso a mejorar los desempeños. Este incremento de la confiabilidad se realiza tomando acciones principalmente en dos niveles: planificación intermedia y planificación semanal. Partiendo del programa Maestro, la planificación intermedia está conformada por el conjunto de actividades que deberían hacerse en un futuro cercano. Estas actividades pueden tener restricciones asociadas (requisitos previos, necesidad de recursos), que determinan si la actividad puede o no ser ejecutada. Identificadas las actividades y las restricciones dentro del proceso de planificación intermedia, se procede al análisis de las restricciones con objeto de eliminarlas y así poder definir el inventario de trabajo ejecutable formado por todas las actividades que se pueden ejecutar por estar libres de restricciones. Partiendo de la planificación intermedia y en concreto del inventario de trabajo ejecutable se define la planificación semanal que presenta un gran nivel de detalle en la planificación de las actividades que serán ejecutadas la próxima semana. Dentro de esta herramienta cabe destacar el concepto de porcentaje de actividades completadas, definido como el número de actividades planificadas completadas dividido por el número total de actividades planificadas. Este factor mide el grado de compromiso del equipo en el desempeño del proyecto.

En la planificación jerárquica, el proceso Lookahead o planificación intermedia, cumple la función de controlar los flujos de trabajo. La planificación Lookahead es común en las actuales prácticas, pero típicamente desempeña la función de resaltar lo que se debería hacer en un futuro cercano. A diferencia de los sistemas tradicionales, el proceso de planificación Lookahead en el sistema "Last Planner" tiene parámetros a seguir.

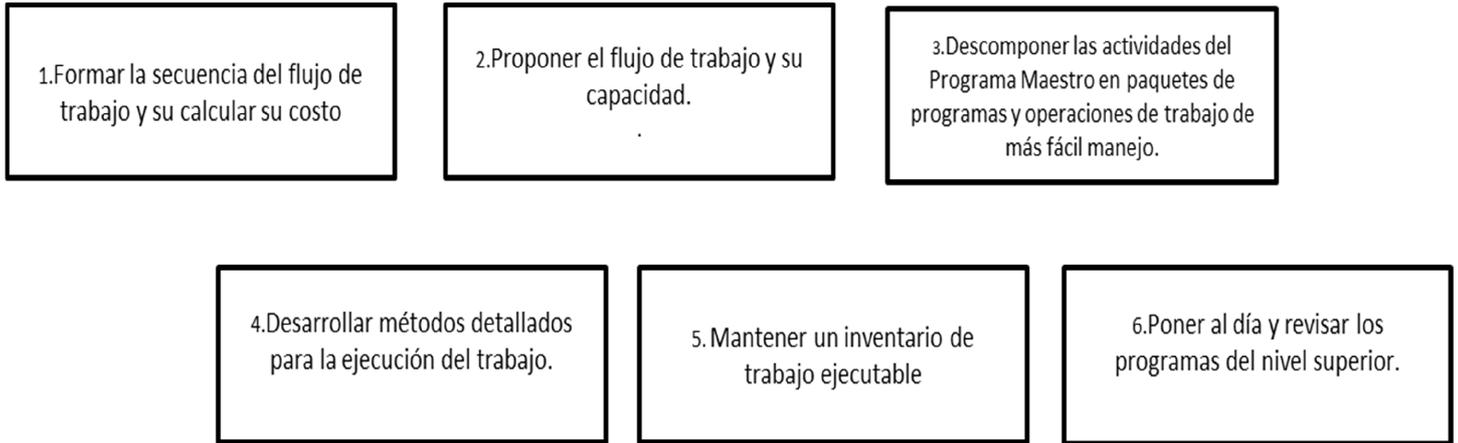


Figura 4. Lineamientos y funciones del last planner
Fuente: Botero L 2002 Universidad EAFIT Medellín

Para cumplir las funciones antes mencionadas se definen los siguientes procesos Específicos:

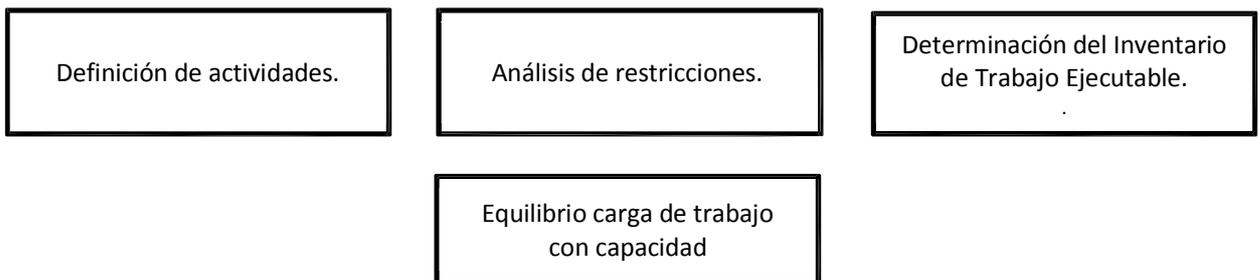


Figura 5. Procesos específicos para la aplicación del last planner
Fuente: Botero L 2002 Universidad EAFIT Medellín

El intervalo de tiempo que abarca la Planificación intermedia, se encuentra entre 4 y 12 semanas, 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.

3. RESULTADOS y ANALISIS

Para preparar la Planificación intermedia, se descomponen las actividades del Programa Maestro, que estén contenidas dentro del intervalo de tiempo definido, en actividades más concretas, con objeto de identificar con mayor precisión las restricciones que nos impiden realizarlas, entendiendo por restricción algo que limita la manera en que una actividad es ejecutada.

Las restricciones asociadas a cada una de las actividades definidas en la Planificación intermedia permiten determinar si la actividad puede ejecutarse o no.

3.1 Análisis de restricciones

Identificadas las actividades y sus restricciones, se realiza el análisis de las restricciones. Este análisis no se limita poner un “sí” o un “no” a la posibilidad de ejecutar una actividad, sino que también implica proponer los medios para eliminar las restricciones identificadas. Se puede dividir en dos etapas: Revisión de restricciones y preparación de restricciones.

3.2 Revisión de restricciones.

Se determina el estado de las actividades de la Planificación intermedia con respecto a sus restricciones: posibilidad de eliminarlas antes del comienzo programado de la actividad, o necesidad de adelantarlas o retardarlas con respecto al Programa Maestro.

La revisión de las restricciones asociadas a cada actividad es la primera oportunidad que se presenta en el sistema para establecer el flujo de trabajo, ya que se pone de manifiesto que existen actividades que, llegado el momento de ejecutarlas, no podrían realizarse por tener restricciones que lo impiden.

La revisión no sólo se realiza cuando se identifican las actividades a considerar en la Planificación intermedia, sino que se repite en cada ciclo de planificación, cuando se actualiza la planificación intermedia y se incorpora una nueva semana.

3.3 Preparación de Restricciones

Se toman las acciones necesarias para eliminar las restricciones o limitaciones de las actividades, para que así puedan comenzar en el momento determinado.

El proceso de preparación de restricciones puede dividirse en tres etapas:

A). Confirmar el “tiempo de respuesta”. La eliminación de una restricción de una actividad, comienza por determinar quién es el último involucrado en eliminar la última restricción de esa actividad y determinar cuál es el tiempo de respuesta más probable para comenzar la siguiente actividad. Este tiempo de respuesta debe ser más corto que la ventana intermedia o la actividad no será admitida en este programa. Sin embargo, eventos imprevistos siempre pueden presentarse, por lo que el contacto con los contratistas/proveedores es un elemento fundamental en el proceso de preparación. La confirmación de los tiempos de respuesta es parte del proceso de revisión y debe ser repetido durante la actualización semanal del programa de planificación intermedia.

B). Identificar necesidades específicas. Pedir a los departamentos o entidades que participan en la ejecución de una actividad certeza sobre sus necesidades para completar con prontitud la actividad asignada.

C). Reasignar recursos: Si el período de respuesta anticipado es demasiado largo, entonces puede ser necesario asignar recursos adicionales para acortarlos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La implementación de programas enfocados al mejoramiento, deben iniciarse con la creación de una cultura de medición y evaluación. Modelos cuantitativos, como el muestreo de trabajo, se convierten en herramientas útiles para medir pérdidas, variabilidad y otras variables en el desempeño de los proyectos en ejecución. La implementación del sistema de planificación y control Último planificador (Last Planner), aumenta la confiabilidad del sistema de planificación de las empresas que lo utilizan

Se debe trabajar en el modelo dinámico utilizando la implementación de esta metodología para reducir la variabilidad de los proyectos y poder cumplir los plazos pactados al inicio de cada proyecto, se ha evidenciado en otras constructoras que la implementación de esta metodología trae resultado a corto y largo plazo.

REFERENCIAS

Alarcón, L., Campero, M. (1999). *Administración de proyectos civiles. Santiago de Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.*

Botero, L. (2002). *Mejoramiento de la productividad en proyectos de vivienda, a través de la filosofía Lean construction (construcción sin pérdidas).*

Botero, Luis Fernando; Álvarez, Martha. (2003). "Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción". En: Revista Universidad EAFIT.

J. Solomon²; A. Genaidy³; and I. Minkarah, M (2006) *JOURNAL OF MANAGEMENT IN ENGINEERING*

Koskela, L. (1992). "Application of the new production philosophy to construction". In: *Technical report. No 72. Center for integrated facility engineering. Department of civil engineer. Stanford University.*

Lean Enterprise Institute. (2009). *Principles of lean Retrieved 25 August 2012 from <http://www.lean.org>*

Mohd Arif Marhani*, Aini Jaapar, Nor Azmi Ahmad Bari (2012) *Faculty of Architecture, Planning and Surveying, Universiti Teknologi*

Project Management Institute, Inc. (2008). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBoK® Guide. (5th ed.).*

