

**MEJORAMIENTO DE LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL EN LA
CONSTRUCCIÓN, MEDIANTE EL SISTEMA: EL ULTIMO PLANIFICADOR**

ING. LUIS RODRIGO DUARTE VARONA



**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
DEPARTAMENTO EN INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
MAGISTER EN INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN
BOGOTA D.C.
2006**

**MEJORAMIENTO DE LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL EN LA
CONSTRUCCIÓN, MEDIANTE EL SISTEMA: EL ULTIMO PLANIFICADOR**

ING. LUIS RODRIGO DUARTE VARONA COD. 200427434

Asesor:

Ing. Diego Echeverry Campos, Ph.D.



**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
DEPARTAMENTO EN INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
MAGISTER EN INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN
BOGOTA D.C.,
2006**

CONTENIDO

INTRODUCCION

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2. MOTIVACIÓN

3. ALCANCE

4. ANTECEDENTES

4.1 MARCO CONCEPTUAL PARA EL DESARROLLO DEL NUEVO MODELO DE PLANIFICACIÓN

4.2 CONSIDERACIONES PARA EL DESARROLLO DEL NUEVO MODELO DE PLANIFICACIÓN

4.3 CONTRIBUCIONES DEL NUEVO SISTEMA DE PLANIFICACIÓN A LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

4.4 EL FORMATO TRADICIONAL DE LA PLANIFICACIÓN Y SUS PROBLEMAS

4.5 EL NUEVO ENFOQUE DE LA PLANIFICACIÓN

5. METODOLOGÍA DESARROLLADA

6. METODOLOGÍA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL MEDIANTE EL SISTEMA “EL ÚLTIMO PLANIFICADOR”

6.1 COMPONENTES DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR

6.1.1 Programa Maestro

6.1.2 Planificación Intermedia

6.1.3 Planificación de trabajo semanal

6.1.4 Reunión de Planificación Semanal

7. ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA “EL ÚLTIMO PLANIFICADOR”

7.1 CAPACITACIÓN

7.2 DESARROLLO DE INICIATIVAS QUE PROMUEVAN LA IMPLEMENTACIÓN

7.3 OTRAS RECOMENDACIONES

8. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

8.1 PORCENTAJE DE ASIGNACIONES COMPLETADAS (PAC)

8.2 CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO DE LO PLANIFICADO

8.3 EVOLUCIÓN DEL PAC ACUMULADO EN EL PROYECTO

8.4 EFICIENCIA DE LA PROGRAMACIÓN POR MEDIO
DE EL ÚLTIMO PLANIFICADOR

8.5 COMPARACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DEL PAC EN SANTIAGO
DE CHILE, MEDELLÍN Y EL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

8.6 BARRERAS PRESENTADAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL
SISTEMA

9. CONCLUSIONES

10. RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Visión de los esquemas de conversión, flujo y valor.

Tabla 2. Ejemplo de un estado de Asignaciones (Inventario de trabajo realizable).

Tabla 3. Acciones detalladas de capacitación y sus posibles impactos.

Tabla 4. Resultado del PAC en el Proyecto.

Tabla 5. Frecuencia de las causas de no cumplimiento en el proyecto.

Tabla 6. Actividades del Plan Maestro o planificación inicial.

Tabla 7. Indicadores de eficiencia del proyecto.

Tabla 8. PAC promedios en Santiago de Chile, Medellín y el Proyecto.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Metodología empleada en el desarrollo de la investigación.
- Figura 2. Preparación de actividades en la planificación Intermedia.
- Figura 3. Sistema de Planificación Tradicional.
- Figura 4. Sistema de Planificación El Último Planificador.
- Figura 5. Ejemplo de un programa semanal de actividades.
- Figura 6. Medición del desempeño a través del PAC.
- Figura 7. Proceso de Planificación y Control El Último Planificador.
- Figura 8. Estrategia de implementación del sistema El Último Planificador.
- Figura 9. Algunos factores que pueden afectar la implementación.

LISTA DE GRAFICAS

Gráfica 1. Evolución del PAC en varias empresas Chile.

Gráfica 2. Análisis del PAC por obras. Medellín 2003.

Gráfica 3. Análisis del PAC por empresa. Medellín 2003.

Gráfica 4. Tipos de iniciativas existentes dentro de las empresas.

Gráfica 5. Evolución del PAC semanal en el Proyecto.

Gráfica 6. Causas de no cumplimiento de la planificación en el proyecto.

Gráfica 7. Evolución del PAC general del proyecto.

Gráfica 8. Indicadores de eficiencia del proyecto.

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción mediante sus procesos constructivos ha conservado principios que no han sufrido transformación durante mucho tiempo; dichos procesos tanto de diseño como de construcción, se encuentran arraigados a modelos inalterados. Como contraposición o diferencia notable a los modelos tradicionales en el desarrollo de proyectos de construcción, aparecen nuevas tendencias encaminadas a mejorar los procesos productivos en esta industria.

Como resultado de la búsqueda del mejoramiento de la productividad en los procesos constructivos, surge la filosofía Lean Construction o construcción sin pérdidas, cuyos modelos aplicados en la industria de la construcción pretenden conseguir la optimización de recursos, costos y tiempos sin afectar la calidad de los procesos. Esta filosofía está dirigida a eliminar las pérdidas en los procesos constructivos, entendiéndose como pérdida todo aquello que no agrega valor al producto final.

La planificación y el control en los sistemas convencionales, son sustituidos en muchas oportunidades por caos e improvisaciones, causando: mala comunicación, documentación inadecuada, ausencia o deficiencia en la información de entrada de los procesos que se realizan, desequilibrada asignación de los recursos, falta de coordinación entre disciplinas y errática toma de decisiones.

Para tratar de mitigar y aliviar los problemas que se originan en la planificación y en el control de los sistemas tradicionales, se origina la metodología o el sistema “El Último Planificador” el cual está basado en los principios de la teoría Lean Construction (Construcción sin Pérdidas) la cual data desde comienzos de los 90’s. Su propósito es incrementar la confiabilidad de la planificación y con esto

reducir considerablemente la variabilidad de los procesos, mejorando los desempeños y avances de los proyectos.

Está principalmente diseñado para mejorar el control de la incertidumbre en los proyectos aumentando la fiabilidad de los planes. El incremento de la confiabilidad del plan se realiza tomando acciones en diferentes niveles en el sistema de planificación.

El Último Planificador es un sistema de control de producción en donde se rediseñan los sistemas de planificación y control convencionales para lo cual participan nuevos estamentos, incorporando en algunos casos a inspectores de obra, subcontratistas, entre otros actores. Con el fin de lograr compromisos en la planificación. Este incremento de la confiabilidad se realiza tomando acciones principalmente en dos niveles: planificación intermedia y planificación semanal.

La construcción sin pérdidas (Lean construction), es uno de los principales objetivos de la mayoría de empresas constructoras en la ciudad de Bogotá D.C. y en el país donde la competitividad y el continuo mejoramiento son reglas básicas para mantenerse en el medio.

El principal aporte de esta investigación es el de crear conciencia en las empresas del sector de la construcción de obras civiles sobre la implementación de estas nuevas filosofías de mejoramiento de la productividad, otorgando una serie de oportunidades de mejora, con conocimiento de los factores que afectan directamente la planificación y el control, permitiendo la eficiencia en la ejecución de los proyectos de construcción.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer una metodología para el mejoramiento de la planificación y control en la industria de la construcción, basados en la filosofía de la producción sin pérdidas, mediante el sistema “El Ultimo Planificador”, aplicándola a un proyecto de Infraestructura Vial, acorde a las necesidades, características y el medio en que se ejecute, fomentando un procedimiento para el mejoramiento y desempeño de la competitividad de las empresas constructoras.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Ampliación y recopilación de las metodologías utilizadas en la construcción sin pérdidas.
- Capacitar a los profesionales encargados de la planificación y control en el nuevo sistema de implementación para el proyecto de construcción.
- Mejorar el sistema de planificación y control tradicional, incluyendo planificación intermedia y planificación semanal.
- Determinación del porcentaje de asignaciones completadas (PAC), mediante la comparación entre las actividades planificadas y las realmente ejecutadas.
- Evaluación y diagnóstico de las causas de no cumplimiento en cada una de las fases del proyecto de construcción.

- Generar un compromiso entre los diferentes actores involucrados, teniendo participación activa en el proyecto de construcción.
- Establecer una comparación del desempeño obtenido en el proyecto de construcción objeto de esta investigación, con los proyectos de construcción analizados en otros países y en la ciudad la ciudad de Medellín.
- Realizar las recomendaciones pertinentes obtenidas de los análisis de los resultados, de la aplicación de la metodología para el mejoramiento de la planificación y control en la industria de la construcción.

2. MOTIVACIÓN

Dada la falta de cultura que existe en nuestro medio sobre la implementación de una metodología que permita cambiar los sistemas tradicionales de planificación y control en los proyectos de construcción, por parte de las empresas constructoras en la ciudad de Bogotá y en el país, y así reducir las pérdidas de estos, surge la necesidad de realizar este tipo de investigación, la cual contribuirá con un pequeño aporte en el mejoramiento y calidad de los proyectos de construcción para que se genere una mayor competitividad dentro de la industria de la construcción, aprendiendo de los beneficios y las oportunidades que existen para mejorar, detrás de la implementación del Sistema El Último Planificador.

3. ALCANCE

El tema de la tesis se desarrolla en un proyecto de Infraestructura Vial, en particular en la carretera antigua entre la ciudad de Bogotá y Villavicencio, y se pretende que la metodología aplicada sea útil, sencilla y de fácil adaptación para cualquier empresa constructora en la ejecución de sus proyectos, proporcionando beneficios de productividad reales y medibles, reduciendo de manera considerable costos y plazos, sin afectar en ningún momento la calidad de los procesos, obteniéndose resultados satisfactorios en la planeación y control de los proyectos de construcción.

4. ANTECEDENTES

Las primeras ideas de la nueva filosofía de producción (Lean Production) se originan en Japón en el año 1950, las cuales fueron aplicadas en el Sistema Toyota. Las ideas básicas en el Sistema de producción de Toyota es la eliminación de inventarios y pérdidas, limitación de la producción a pequeñas partes, reducir o simplificar su estructura de producción, utilización de máquinas semiautomáticas, cooperación entre los proveedores, entre otras técnicas.

Simultáneamente, los aspectos de calidad han sido implementados por la industria japonesa bajo la dirección de consultores americanos como Deming, Juran y Feigenbaum. La filosofía de calidad fue desarrollada basada en un método estadístico de garantía de calidad, fue un acercamiento mucho más amplio que los aplicados hasta el momento, incluyendo ciclos de calidad y otras herramientas, para su desarrollo en las empresas.

Estas ideas han sido desarrolladas y refinadas por ingenieros industriales en un largo proceso de pruebas y errores; pero no establecieron una base teórica de fondo. Por consiguiente, hasta el principio de los años 80s, la información que tenía el mundo Occidental fue muy limitada. Sin embargo, las ideas difundidas a Europa y Norteamérica comienzan aproximadamente en 1975, debidas al cambio de mentalidad de la industria automotriz.

Solo hasta principios de los años 1990's, el nuevo sistema de producción, se introduce, aunque parcialmente, en la industria Americana y Europea, tomando diferentes nombres, como manufactura de clase mundial, lean production, nuevo sistema de producción, ingeniería concurrente, competición basada en el tiempo,

justo a tiempo, reingeniería de procesos. Todos estos enfoques tienen un gran impacto en el sistema actual de producción.

En 1992, Lauri Koskela, académico finlandés presenta un estudio (Application of the new production philosophy to construction, Technical report # 72. Stanford University), en el cual analiza el impacto de los nuevos enfoques en la industria de la construcción. Dicho estudio identifica, que las nuevas tendencias comparten un fundamento común, el concebir la producción y sus operaciones como procesos.

El profesor Glenn Ballard, desarrolló conceptualmente el modelo denominado El Último Planificador (last planner), cuya finalidad es aumentar la confiabilidad, rebajando la incertidumbre, de la planificación de los proyectos, que trae como consecuencia mejoras sustanciales en su desempeño.

Dicho aumento en la confiabilidad, se logra introduciendo planificaciones intermedias y semanales, enmarcadas dentro de un plan maestro o general del proyecto, analizando las restricciones (cuellos de botella) que se interponen al desarrollo de las tareas. Conocidas las restricciones, es posible actuar antes que sucedan, evitándolas, con lo que se logra desarrollar las actividades sin interrupciones.

El nuevo modelo de planificación establece un cambio al enfoque tradicional de producción, en el que se planifican las actividades según lo que debe hacerse, por otro en el que remueven las restricciones, después de lo cual se planifican las actividades que se pueden hacer, con lo cual hay una alta probabilidad de que se realicen, rebajando la incertidumbre en la planificación.

4.1 MARCO CONCEPTUAL PARA EL DESARROLLO DEL NUEVO MODELO DE PLANIFICACIÓN.

Los procesos de producción pueden ser concebidos al menos de tres formas diferentes: 1. Como un proceso de convertir entradas en salidas, 2. Como un flujo de materiales e información a través del tiempo y del espacio y 3. Como un proceso para generar valor para los clientes. Todas las concepciones son apropiadas y necesarias. Sin embargo, el modelo de conversión ha sido dominante en desarrollo de proyectos de Arquitectura, Ingeniería y Construcción hasta muy recientemente [Koskella y Huovila, 1997].

	Vista de la Conversión	Vista del Flujo	Generación de Valor
Naturaleza de la Construcción	Serie de actividades que convierten entradas en salidas	Los flujos de información y recursos que dirigen los trabajos: ordenamiento de las conversiones, inspección, transportes y esperas	Un valor de los procesos en desarrollo, quienes definen y cumplen los requerimientos del cliente
Principios vitales	Descomposición jerárquica de las actividades; control y optimización por actividad	Eliminación de los cuellos de botella. Eliminación del desperdicio (actividades innecesarias), reducción del tiempo	Eliminación del valor perdido – los vacíos entre los valores alcanzados y los posibles
Métodos y Prácticas	Interrupción de la estructura del trabajo; método de la ruta crítica. Planeamiento con tiempos de comienzo y asignación de responsabilidades de cada actividad por medios contractuales	Trabajo en equipo, reducción rápida de las incertidumbres. Planeamiento concierne con tiempos, calidad y realización del trabajo	Desarrollo y revisión de los trabajos terminados con respecto a los requerimientos determinados. Planeamiento involucrado con el trabajo de la estructura, los proceso y participación
Contribución Práctica	Cuidar que se haga lo necesario	Cuidar que lo innecesario sea reducido lo máximo posible	Cuidar que los requerimientos del cliente sean cumplidos de la mejor manera posible

Tabla 1. Visión de los esquemas de conversión, flujo y valor. [Botero, Luis Fernando, 2002]

El diseño y construcción de proyectos plantean difíciles problemas de administración a los cuales los modelos y técnicas basados en el punto de vista de la conversión se han probado inadecuados. Cada vez más, los proyectos están sujetos a incertidumbre por la marcha de los cambios tecnológicos y el cambio rápido de las oportunidades de mercado y las acciones de la competencia.

Los conceptos de administración de producción y las técnicas basadas en el modelo de conversión no han probado ser capaces de resolver estos difíciles problemas. El corazón del modelo de conversión es la presunción que el trabajo a realizarse puede dividirse en partes y administrarse como si aquellas partes fueran independientes unas de otras. Las estructuras de descomposición de trabajo son conducidas por intereses de alcance y presupuesto y tienen el objetivo de asegurar que todo el alcance del trabajo esté incluido en una de las partes, asegurando que ningún alcance del trabajo se traslape, y dirigiendo los costos a cada parte de modo que el acumulado cubra el total para el proyecto. Esta división en partes es necesaria para distribuir responsabilidades a centros de trabajo internos o externos, los cuales pueden ser subsecuentemente controlados contra compromisos de alcance, presupuesto y programación.

Esto es fundamentalmente una mentalidad contractual, la cual facilita la administración de los contratos en lugar de la administración de la producción o el flujo de trabajo. La administración de la producción es la responsabilidad "local" de aquellos a quienes las diferentes partes del proyecto fueron asignadas o contratadas. Si todo el mundo cumple sus obligaciones contractuales, el proyecto se desempeña exitosamente. Desafortunadamente este enfoque es errado, cuando algo sale mal, como frecuentemente ocurre, la estructura entera esta propensa a colapsar.

Si se requieren una filosofía de administración y herramientas que integren totalmente los modelos de conversión, flujo y valor, se deben considerar los

procesos de desarrollo de productos empleados por firmas que diseñan y manufacturan productos de consumo (automóviles, impresores, tostadoras, etc.). Estos procesos han desarrollado conceptos potencialmente útiles especialmente en el área de valor; identificación de las necesidades del cliente y traducción de las necesidades del cliente en especificaciones de ingeniería.

Conceptualizar el diseño y los procesos de construcción como en flujo de información y materiales lleva en sí a reducir el desperdicio mediante la minimización de tiempos, información o materiales de reserva, los tiempos empleados revisando información y materiales para que cumplan con requerimientos, tiempo empleado reprocesando la información o los materiales para lograr conformidad, y tiempo gastado moviendo información o materiales de un especialista al siguiente. Además, conceptualizar los procesos de diseño y construcción como un flujo de materiales e información permite la coordinación de flujos interdependientes y la integración del diseño con el aprovisionamiento y la construcción del sitio.

4.2 CONSIDERACIONES PARA EL DESARROLLO DEL NUEVO MODELO DE PLANIFICACIÓN.

Las consideraciones básicas tenidas en cuenta por el profesor Ballard para el desarrollo del sistema de planificación “El Último Planificador”, fueron las siguientes:

- La actual práctica y pensamiento de la administración de producción en la industria de la construcción están dominados por el modelo de conversión, consecuentemente los conceptos y técnicas de generación de valor y administración de flujo están subdesarrollados.

- Para ser consistente con los tres modelos, conversión, flujo y valor, la administración de la producción debe ser concebida como si tuviera el propósito de crear valor para el consumidor mientras se minimizan los desperdicios en tiempo y costo. “Valor al cliente” es entendido incluyendo no sólo el ajuste para el uso de las instalaciones considerados con respecto a la funcionalidad, sino también con respecto a todos los otros criterios a los cuales el consumidor agrega valor, por ejemplo, la entrega del proyecto dentro de un tiempo y costo que satisfagan el mercado y las necesidades financieras de los clientes.
- Producción debe ser entendida como diseño y manufactura. El desarrollo histórico de la teoría de producción en la manufactura ha sugerido erróneamente que la producción está enteramente enfocada con la manufactura.

4.3 CONTRIBUCIONES DEL NUEVO SISTEMA DE PLANIFICACIÓN A LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

- Adaptado de la manufactura, el sistema del Último Planificador, se presenta de modo que ejemplifique el concepto de control como el causante de que los eventos se ajusten a un plan, en contraposición al concepto tradicional de control de proyectos en términos de detección de varianzas después de los hechos.
- Una aplicación apropiada del sistema de control de la producción es mostrada para mejorar la confiabilidad del flujo de trabajo, la cual promete sustanciales beneficios en reducción del costo y duración de los proyectos.

Los controles de proyectos de Arquitectura, Ingeniería y Construcción se han enfocado en detectar varianzas de los objetivos del proyecto tanto en costos como

en programación y no han tratado directamente con la administración de la producción. El sistema del Último Planificador es una herramienta efectiva para mejorar la productividad de las unidades de producción que implementan sus procedimientos y técnicas [Ballard y Howell, 1997]. Este modelo cambia el enfoque desde la productividad de la unidad inmediata de producción a la confiabilidad del flujo de trabajo entre unidades de producción y también extiende la aplicación del sistema al diseño.

La investigación del último planificador empezó con el objetivo de mejorar la calidad de las asignaciones en planes de trabajo semanales, adicionó un proceso de previsión para formar y controlar el flujo de trabajo, y eventualmente fue extendido desde la construcción al diseño. Durante ese desarrollo, el objetivo pasó de mejorar la productividad a mejorar la confiabilidad del flujo de trabajo. Esto resultó de un cambio en el marco conceptual. El Marco inicial surge de las iniciativas de administración de la calidad y mejora de productividad que dominaron los esfuerzos de mejoramiento de desempeño de la industria de la construcción en los años 80s. El cambio a la confiabilidad del flujo de trabajo reflejó el creciente conocimiento del autor de la revolución en la manufactura inspirada por el Sistema de Producción de Toyota y eventualmente acuñó el término Lean Production, y también el contacto con el pensamiento de Lauri Koskela en lo referente a la teoría de producción y sus aplicaciones en la industria de la construcción.

La planificación es considerada como una de las funciones fundamentales dentro del proceso administrativo. Una de las causas que llevan al fracaso a un proyecto es la ausencia de un sistema de planificación efectivo y eficiente desde el inicio del proyecto.

Planificar no debe ser considerado únicamente, como la definición de actividades concebidas secuencialmente en el orden de ejecución. Una definición más amplia

de planificación debe incluir lo que se debe hacer, como se debe hacer, que acción debe tomarse y quien es el responsable de ella. Su objetivo básico, más que predecir el futuro es crearlo, diseñando un escenario deseable , creando las condiciones para lograrlo, basándose en una adecuada definición de actividades, determinando las potenciales dificultades y con una óptima utilización de los recursos disponibles.

4.4 EL FORMATO TRADICIONAL DE LA PLANIFICACIÓN Y SUS PROBLEMAS.

Como se mencionó antes, tradicionalmente el desarrollo de proyectos de Arquitectura, Ingeniería y Construcción se realizan bajo el enfoque de conversiones, formulando planes de lo que se debería hacer, en muchas ocasiones muy diferente a lo que se puede hacer, generando diferentes problemas.

- En la planificación tradicional, los flujos no son planificados pues solo se planifica el comienzo y el final de las actividades, sin incluir las diferentes interacciones de estas con los flujos involucrados.
- En el esquema tradicional de planificación se supone que todas las actividades pueden realizarse, colapsando el sistema cuando la actividad no puede cumplirse.
- Normalmente, no se realiza seguimiento formal del desempeño de los proyectos, para confrontar lo que debería hacerse con lo realmente ejecutado y verificar sistemáticamente lo que faltó por realizar y las razones del incumplimiento.

4.5 EL NUEVO ENFOQUE DE LA PLANIFICACIÓN

Si planificar consiste en seleccionar lo que debería hacerse para completar un proyecto y decidir lo que se hará en un lapso de tiempo. Debe reconocerse que debido a restricciones no todo puede hacerse



- Si un subconjunto de lo que debería hacerse puede hacerse, y un subconjunto de lo que puede hacerse se hará. Entonces hay una alta probabilidad de lo que se ha planificado se complete exitosamente (Trabajo Hecho)



- En la mayoría de los proyectos lo que puede y lo que se hará son ambos subconjuntos de lo que debería hacerse. Si el plan (se hará) se desarrolla sin saber lo que puede hacerse, el resultado será la intersección de ambos subconjuntos.



El sistema **El Último Planificador**, basado en los principios del **Lean Construction** desempeño. El incremento de la confiabilidad se logra realizando acciones en dos niveles diferentes, **planificación intermedia** y **planificación semanal**.

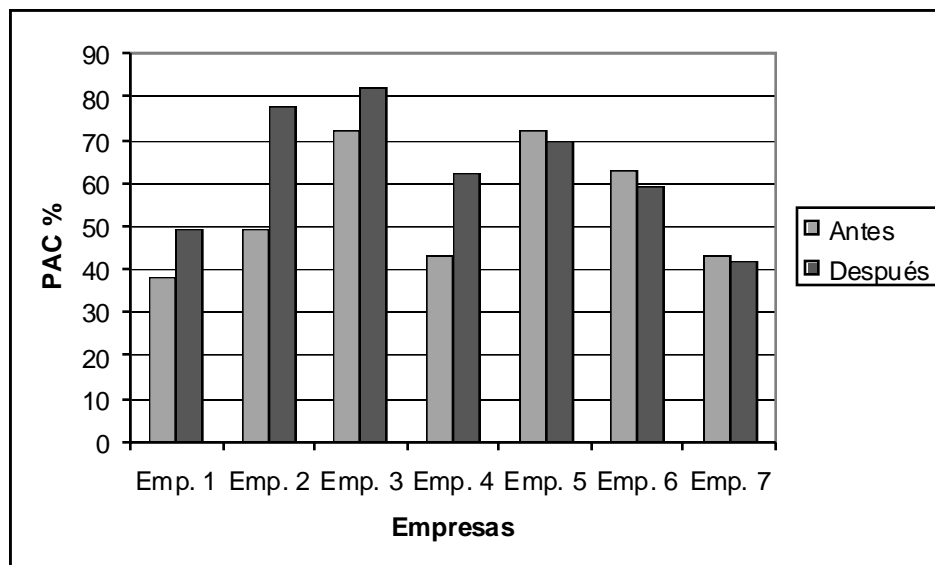
La filosofía de Lean Construction, y en especial el sistema El Último Planificador ha sido implementado con gran éxito en los Estados Unidos y en Latinoamérica.

En los Estados Unidos fue utilizado en la remodelación del edificio de química de la Universidad de Rice. El costo total de los estudios, diseños y construcción ascendió a la suma USD 28.5 millones. La duración de la construcción fue de 12 meses cumpliendo con todo lo planeado. El PAC se incrementó del 51% en un

comienzo, hasta obtener un promedio del 87.5% en las últimas semanas. Otra característica del proyecto fue la fluida comunicación en todos los niveles, logrando mejores rendimientos en las actividades ejecutadas.

En Brasil fue aplicado en el año de 1998 cuando la Constructora Hernández dio inicio a la construcción del edificio Gerona, el cual consistía en una torre de 18 pisos, cada piso era conformado por cuatro apartamentos, y con un área de construcción total de 14.230 metros cuadrados, cuando se llevó a cabo la implementación de Lean construction, ya se llevaba construido el 40% de la estructura. En las primeras seis semanas en las que se inició este proceso de implementación, el PAC se incremento del 50% al 82%. El tiempo se redujo en 2 meses y el tamaño del personal se redujo en un 30%.

En Chile desde finales de la década de los 90`s hasta la actualidad, principalmente dirigido por el Ingeniero Luis Fernando Alarcón, profesor de la Pontificia Universidad Católica de Chile a través del Programa de Excelencia en Gestión de Producción. Este sistema fue implementado con la ayuda de grandes empresas del sector de la construcción de este país y aplicado en varios proyectos desarrollados por estas. La gráfica 1 muestra los aumentos de PAC promedios logrados en la implementación con uno de los grupos de empresas y los respectivos aumentos en indicadores de productividad medidos. La explicación a estos mejoramientos es que por medio de un mejor cumplimiento de la planificación se logra estabilizar el ambiente de trabajo del proyecto lo que genera un ciclo virtuoso que permite que la producción se realice en forma continua, sin interrupciones y en forma eficiente. (Ver Gráfica 1)



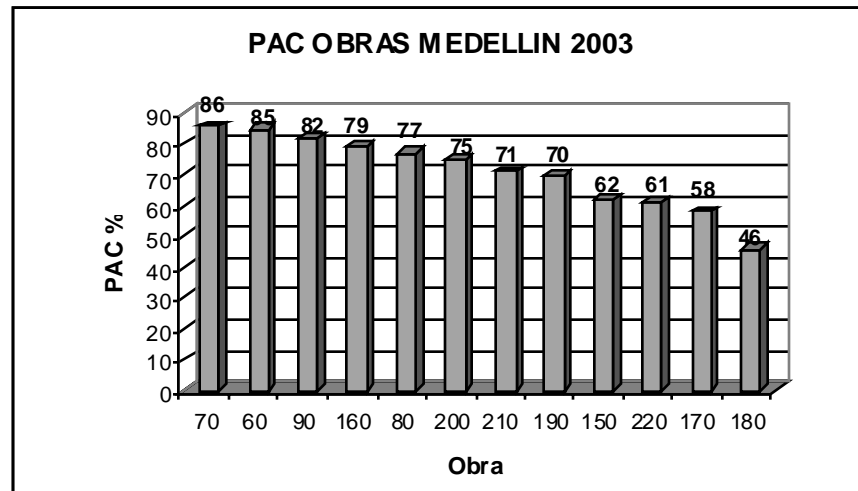
Gráfica 1. Evolución del PAC en varias empresas. Chile. [Alarcón, 2002]

Este sistema fue aplicado en menor proporción en un proyecto de viviendas unifamiliares en el 2001 en Quito, Ecuador.

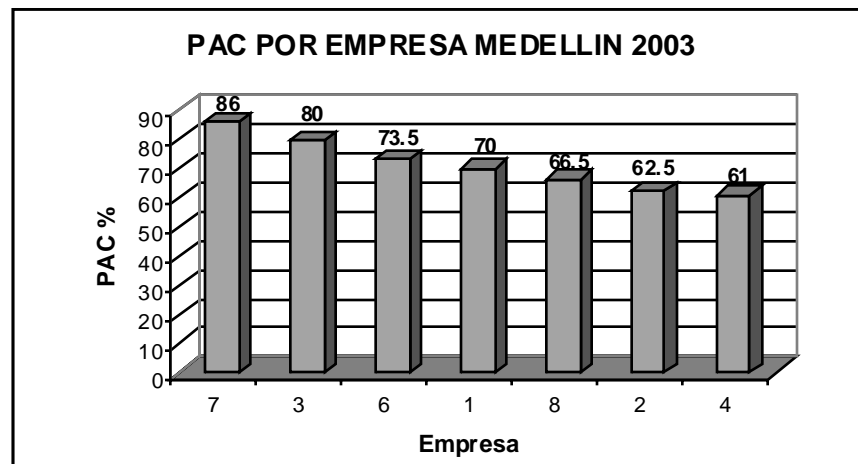
En Colombia ha sido implementado en la ciudad de Medellín en los años 2002 (prueba piloto “Mejoramiento de la productividad en proyectos de vivienda a través de la filosofía lean construction”) y 2003 (implementación de un programa de mejoramiento en gestión de la construcción), dirigidos principalmente por Luis Fernando Botero y Martha Eugenia Álvarez, profesores de la Universidad EAFIT. El desempeño promedio de la ciudad de Medellín fue de 75.5%, por debajo de lo considerado como bueno, un buen desempeño está por encima del 80% y un desempeño pobre por debajo del 60%. Equipos con experiencia mantienen un desempeño superior al 85%. [Howell, G. 2000]. Sin embargo algunas obras en particular (60, 70 y 90), alcanzaron promedios por encima de 80%. (Ver gráfica 2)

A nivel de empresas, la que obtuvo mayor porcentaje fue la constructora 7 con un 86%, y la siguiente fue la constructora 3 con 80%. Las restantes con desempeños

inferiores muestran grandes oportunidades para el mejoramiento en su sistema de planificación. (Ver gráfica 3).



Gráfica 2. Análisis del PAC por obras. Medellín 2003. [Botero y Álvarez, 2003]



Gráfica 3. Análisis del PAC por empresa. Medellín 2003. [Botero y Álvarez, 2003]

En la Universidad de los Andes se han realizado cinco investigaciones de tesis de Magíster en Ingeniería Civil en el área de Ingeniería y Gerencia de la Construcción, una en “Mejoramiento de la productividad a través de la Construcción sin Pérdidas” [Romero, 1999], “Políticas de productividad para compañías constructoras de vivienda de interés social” [Garzón, 2001], “Metodología para el mejoramiento de la productividad de vivienda de interés social” [Perdomo, A., 2003], “Mejoramiento de gestión en la construcción mediante el sistema Ultimo Planificador” [Perdomo, R., 2004] y “Creación de un sistema de referencia en Bogotá, aplicando la construcción sin pérdidas” [Núñez, C., 2006]. Y un proyecto de grado en Ingeniería Civil “Lean Construction” aplicado a un proyecto de vivienda de interés social” [Bermúdez, 1999].

5. METODOLOGÍA DESARROLLADA

La metodología utilizada para la investigación de esta tesis, fue dividida en dos fases o etapas, la primera etapa o fase teórica se encuentra dividida en cuatro fases las cuales fueron desarrolladas durante el segundo semestre del año 2005 y comprendió toda la parte teórica y de conocimiento de la filosofía Lean. La segunda etapa o fase práctica se divide en seis fases las cuales se ejecutaron en el primer semestre del año 2006, esta fase consistió principalmente en la implementación del sistema El Último Planificador en el proyecto de infraestructura vial. (Ver figura 1).

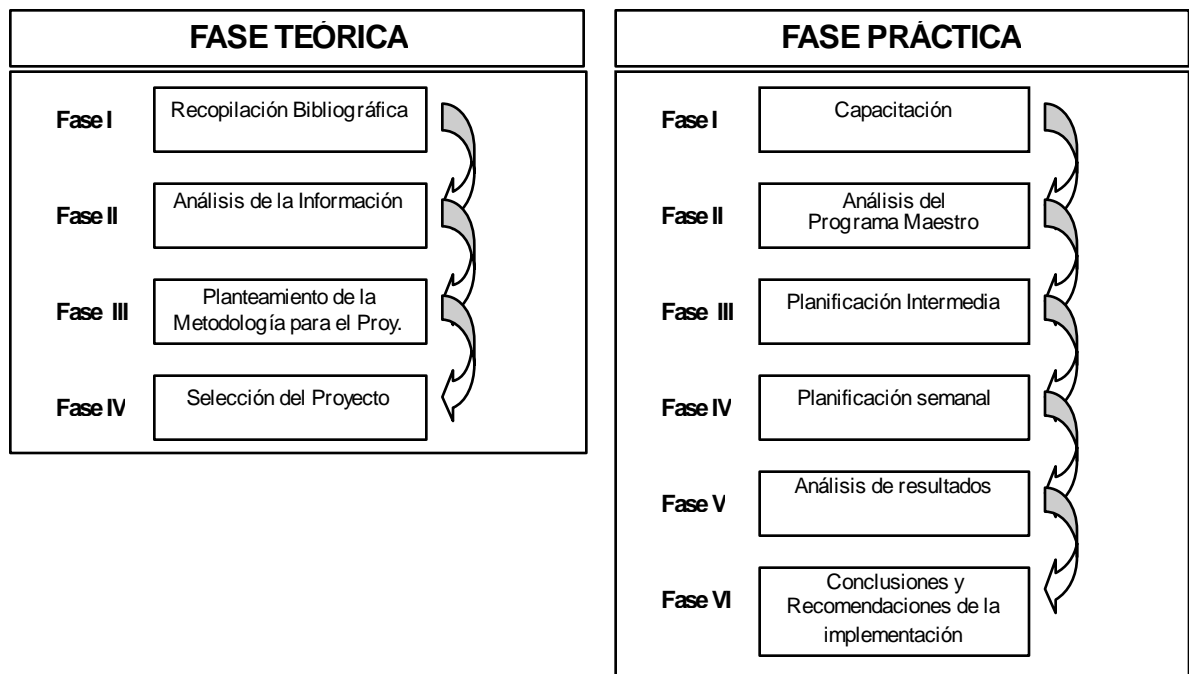


Figura 1. Metodología empleada en el desarrollo de la investigación.

- En el primer semestre de la tesis se investiga y se recopila todas las referencias bibliográficas y antecedentes de la filosofía Lean Construction. Para esta información se utilizan datos recientes como son las investigaciones realizadas por universidades e institutos internacionales después de 1990 y la información obtenida de artículos y/o publicaciones internacionales.
- Durante el transcurso del primer semestre, se decidió junto al asesor, el camino que tomaría la tesis porque al comienzo se tenía una visión muy general del tema, y no se tenía bien definido el camino específico en que se desarrollaría el trabajo de investigación, el cual consistió en la implementación del sistema “El Último Planificador”, para obtener un mejoramiento de la planificación y control en la industria de la construcción en proyectos de tipo inmobiliario en la ciudad de Bogotá D.C.
- Se realizó el planteamiento de la metodología a implementar en el proyecto de tipo inmobiliario en la ciudad de Bogotá D.C., basada en los estudios, análisis y resultados investigados y relacionados anteriormente. Análogamente se fueron escogiendo las herramientas de apoyo (Formatos del sistema El Último Planificador), que acompañaría a la implementación del sistema.
- Para la selección del proyecto, surge un cambio debido a que el autor de la investigación se emplea en una firma constructora cuyo objeto es la Construcción de Infraestructura Vial y la Locación de Pozos Petroleros, en consecuencia la implementación del sistema El Último Planificador, ya no tendría lugar en un proyecto de tipo inmobiliario en la ciudad de Bogotá D.C. El autor expone el tema ante la Gerencia de la empresa constructora y esta le da su aval para que sea desarrollado en un proyecto. El proyecto seleccionado es de Infraestructura Vial en la carretera antigua que de Bogotá D.C. conduce a la ciudad de Villavicencio (Meta).

- Con el proyecto ya seleccionado se realiza una capacitación de la plataforma El Último Planificador, a las personas que hacen parte del proyecto de Infraestructura Vial, esto incluye tanto directivos como al personal responsable de la dirección, planeación, ejecución y control del proyecto.
- Se realiza una revisión de los componentes del Programa maestro o planificación inicial del proyecto, entre las cuales se encuentran las estrategias de ejecución, estructuración del trabajo, hitos principales de control para el proyecto, programación de obra y coordinación de actividades.
- La duración del proyecto de Infraestructura Vial es de 14 semanas, tiempo ideal para la implementación del sistema por parte del autor. Se ejecuta por parte del último planificador (Autor de la investigación) la planificación intermedia para el proyecto, donde se toman tres intervalos de tiempo, el primer y segundo intervalo comprenden una duración de seis semanas, por ser el rango mínimo que el sistema ofrece en su aplicación y el último con intervalo de dos semanas. El principal objetivo de estos intervalos de tiempo es controlar el flujo de trabajo, entendiéndose como flujo de trabajo la coordinación de diseño (planos), proveedores (materiales y equipos), recurso humano, información y requisitos previos.
- Se ejecuta la planeación semanal con reuniones periódicas cada ocho días en el sitio de la obra, donde asisten los diferentes actores involucrados en la ejecución del proyecto. Donde se establece comparación entre las actividades planificadas y las realmente ejecutadas, midiendo el desempeño del sistema de planificación en la construcción del proyecto.
- Con los datos obtenidos en la implementación del sistema se procede al análisis de los resultados, los cuales serán comparados con los resultados obtenidos en la ciudad de Medellín y en Santiago de Chile, teniendo en cuenta

que la implementación del sistema en estas ciudades se realizó en proyectos de tipo inmobiliario.

- En último lugar, se elaboró el documento final, donde aparece consignada toda la información generada por la investigación, y en la que se encuentra una serie de conclusiones y recomendaciones que corresponden a los resultados obtenidos de la implementación del sistema El Último Planificador, desarrollada en el proyecto de Infraestructura Vial.

6. METODOLOGÍA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL MEDIANTE EL SISTEMA “EL ÚLTIMO PLANIFICADOR”

6.1 COMPONENTES DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR.

6.1.1 Programa Maestro. El programa maestro genera el presupuesto y el programa del proyecto. Proporciona un mapa de coordinación de actividades que lleva a la realización de éste. Esta etapa es de vital importancia para que el sistema Ultimo Planificador proporcione los beneficios esperados. El programa maestro o planificación inicial debe ser desarrollado con información que represente el verdadero desempeño que posee la empresa en obra, sólo de esta manera se podrá dar validez al sistema El Último Planificador, ya que se estarán supervisando tareas que, en la realidad, representan la forma en que trabaja la empresa.

6.1.2 Planificación Intermedia. El proceso de planificación Intermedia es el segundo nivel en la jerarquía del sistema de planificación. Resalta las actividades que deberían hacerse en un futuro cercano. Su principal objetivo es controlar el flujo de trabajo, entendiéndose como flujo de trabajo la coordinación de diseño (planos), proveedores (materiales y equipos), recurso humano, información y requisitos previos, que son necesarios para que la cuadrilla cumpla su trabajo. Luego, para poder cumplir las funciones de la planificación Intermedia, existen determinados procesos específicos. A continuación se explicarán cada uno de los procesos específicos que permiten desarrollar una adecuada planificación Intermedia.

Definición del intervalo de tiempo de la Planificación Intermedia. El número de semanas sobre el cual se extiende la Planificación Intermedia es escogido de acuerdo a 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. Algunas actividades tienen tiempos de respuestas largos para generar el abastecimiento, es decir, un largo período desde el momento en que se piden recursos hasta que éstos son recibidos. Estos períodos de respuesta deben ser identificados durante la planificación inicial para cada actividad incluida en el programa maestro.

Definición de las actividades de la Planificación Intermedia. Para preparar la Planificación Intermedia se explotan las actividades del programa maestro que estén contenidas dentro del intervalo definido, siempre y cuando el nivel de detalle de programación inicial sea bajo. Lo anterior es de vital importancia, ya que obtendremos en la Planificación Intermedia un nivel de detalle que nos permitirá clarificar de mejor forma las restricciones que nos impiden realizar una determinada tarea. Lo que obtendremos en la planificación Intermedia es un conjunto de tareas para un intervalo de tiempo dado. Cada una de estas tareas tiene asociada un conjunto de restricciones, que determinan si la tarea puede o no ejecutarse. Una restricción es algo que limita la manera en que una tarea es ejecutada. La restricción involucra requisitos previos o recursos. Después de identificar cada una de las tareas y sus restricciones dentro de la Planificación Intermedia, se procede a realizar el análisis de las restricciones.

Análisis de Restricciones. Una vez que las asignaciones o tareas sean identificadas, se someterán a un análisis de restricciones. En la tabla 2 se observa, una simple construcción de un análisis de restricciones para el proceso de planificación intermedia, las que pueden ser de diseño, trabajo previamente ejecutado, espacio, equipos y además una categoría ampliable para otras restricciones. Las cuales podrían incluir permisos, inspecciones, aprobaciones,

etc. Las restricciones de diseño prácticamente pueden ser extraídas de la definición del modelo de actividad: la claridad de las directrices (el nivel de exactitud requerida), el trabajo previamente necesario (datos, evaluaciones, modelos), y recursos técnicos para la ejecución.

Actividad	Diseño	Materiales	Mano de Obra	Equipos	Pre-Requisitos
A	Si	No	Si	Si	Si
B	No	Si	Si	Si	No
C	Si	No	Si	Si	Si
D	Si	No	No	Si	No
E	Si	Si	Si	Si	Si
F	Si	No	Si	Si	No

Tabla 2. Ejemplo de un estado de Asignaciones (Inventario de trabajo realizable)

Se debe dejar en claro que el Análisis de Restricciones no sólo involucra poner un “Si” o un “No”, ya que detrás de eso existen dos procesos claves para poder liberar las restricciones, éstos son: Revisión de las restricciones y Preparación de las restricciones.

a) *Revisión*. Consiste en determinar el estado de las tareas en la planificación intermedia en relación a sus restricciones y a la probabilidad de removerlas antes del comienzo programado de la actividad, a partir de lo cual, se puede escoger adelantarlas o retardarlas con respecto al programa maestro. El concepto de “Revisión” es la primera oportunidad que se presenta en el sistema para comenzar a estabilizar el flujo de trabajo, ya que se está tomando conocimiento que existen actividades que, llegado el momento de ejecutarlas, no podrían realizarse por tener restricciones que lo impiden. La revisión se hace primero

cuando las actividades son consideradas para entrar a la planificación Intermedia, basados en los distintos tiempos de respuesta de los proveedores de cada una de las restricciones que son necesarios para visualizar una futura liberación. Esto se repite en cada ciclo de planificación, cuando el planificador actualiza la planificación Intermedia y se adelanta para la próxima semana. Posteriormente vienen revisiones de las restricciones de las tareas que se encuentran dentro del intervalo de planificación intermedia, la cual tiene como objetivo determinar el estado en que se encuentran éstas.

b) Preparación de Restricciones. Este término se refiere a tomar las acciones necesarias para remover las restricciones o limitaciones de las actividades, para que así estén dispuestas para comenzar en el momento fijado. El planificador puede remover las restricciones de una tarea para dejarla lista para ser asignada. Esta acción se conoce como “preparación”. La preparación es un proceso que tiene 3 pasos:

1. Confirmar el “tiempo de respuesta”: el remover una restricción de una actividad comienza por determinar quién es el último involucrado en liberar la última restricción faltante de esa actividad y determinar cual 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 tarea no será admitida en este programa. Sin embargo, eventos imprevistos siempre pueden presentarse, por lo que el contacto con los 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.

2. Arrastrar: El segundo paso del proceso de preparación es conocido como arrastre, que significa pedirle al proveedor certeza sobre las necesidades para completar con prontitud la actividad que comienza.

3. Apresurar: Si el período de respuesta anticipado es demasiado largo, entonces puede ser necesario asignar recursos adicionales para acortarlos. La idea fundamental es liberar a la tarea de las restricciones que le impiden ser ejecutada. Realizado esto se está en condiciones de crear un listado de tareas que tiene alta probabilidad de ser cumplido, el inventario de trabajo ejecutable ITE.

Inventario de trabajo ejecutable (ITE). El inventario de trabajo ejecutable está compuesto por todas las tareas que poseen alta probabilidad de ejecutarse, es decir, está conformado por las tareas de la planificación intermedia que tienen liberadas sus restricciones. De esta manera se crea un inventario de tareas que sabemos que pueden ser ejecutadas. Dentro del Inventario de Trabajo Ejecutable puede existir el siguiente tipo de actividad:

- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen al ITE de la semana en curso que no pudieron ser ejecutadas.
- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen a la primera semana futura que se desea planificar.
- Actividades con restricciones liberadas con dos o más semanas futuras (situación ideal de todo planificador)

Si una actividad del Plan de Trabajo Semanal no es capaz de ser ejecutada o si se ejecutan algunas actividades antes de lo esperado, el inventario de Trabajos Ejecutables proveerá otras actividades, con lo que las cuadrillas de producción no quedarán ociosas, o lo que sería peor, no terminarán realizando tareas al azar que se salgan de la secuencia de trabajo y que más tarde generen trabajos más costosos o de mayor dificultad. Las actividades listas para ejecutar deben cumplir los mismos criterios de calidad que las asignaciones de la semana. Luego de realizar el inventario de trabajo ejecutable, se está en condiciones de crear un Plan

de Trabajo Semanal (PTS), que no es más que seleccionar un conjunto de actividades del ITE que se realizarán en la semana siguiente.

En la figura 2, se presenta el proceso de planificación Intermedia

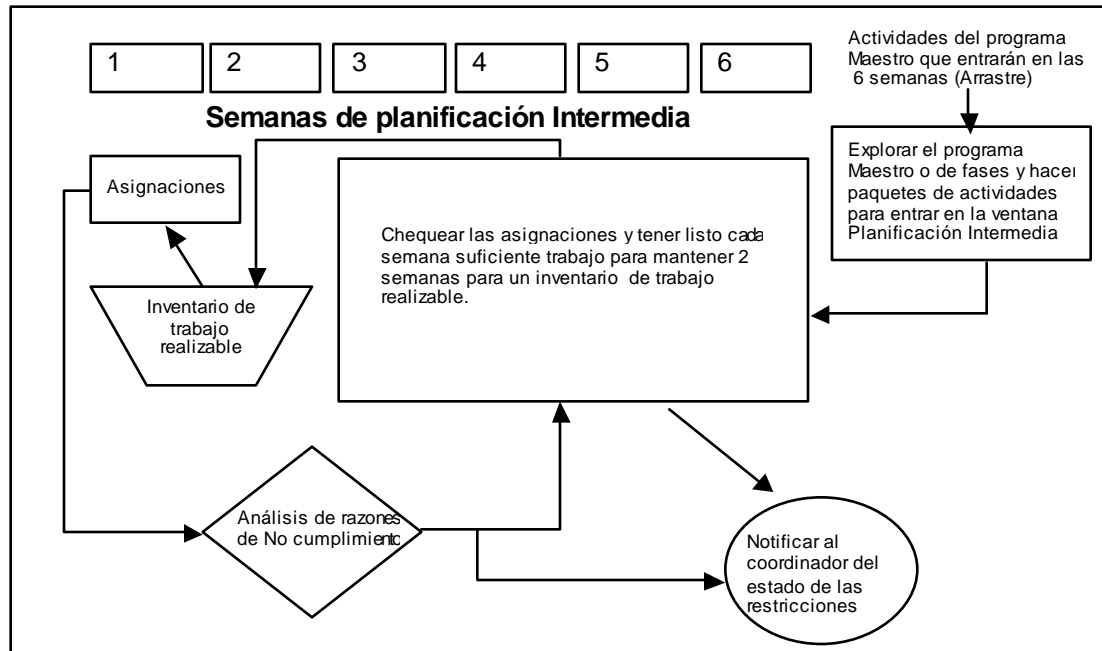


Figura 2. Preparación de actividades en la planificación Intermedia

6.1.3 Planificación de trabajo semanal. La planificación semanal presenta el mayor nivel de detalle antes de ejecutar un trabajo. Debe ser realizada por administradores de obra, supervisores de terreno, capataces y otras personas que supervisan directamente la ejecución del trabajo. La gestión de proyectos tradicional aborda la planificación semanal definiendo actividades y un programa de trabajo, antes de comenzar, en términos de lo que DEBE ser ejecutado. Las actividades son identificadas, se estima su duración y se organizan secuencialmente para cumplir de la mejor forma los objetivos del proyecto. Se realiza el trabajo, diseñando cuadrillas, que son encomendadas por la administración para hacer lo que el programa señala DEBE ser ejecutado, sin

considerar si PUEDE realmente hacerse en un intervalo de tiempo específico. Los recursos se asumen disponibles cuando se necesiten, lo que debe presumiblemente garantizar la ejecución de lo programado. Después que el programa ha sido determinado y el trabajo está en progreso, se reúnen los recursos: materiales y mano de obra, y se termina adaptándolos al programa de la mejor manera posible. Este sistema de trabajo se puede observar en la gráfica en la figura 3.

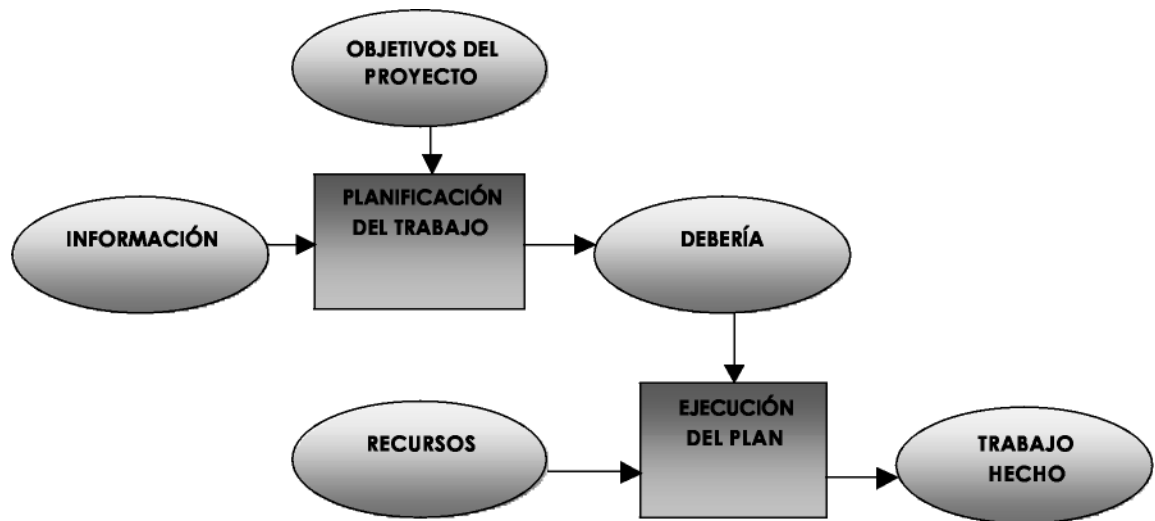


Figura 3. Sistema de Planificación Tradicional. [Botero, Luis Fernando, 2002]

Con el nuevo sistema, se asume que la planificación significa seleccionar lo que debe realizarse para completar el proyecto y decidir para un marco de tiempo lo que será hecho, reconociendo que a raíz de las limitaciones de recursos, no todo puede ser hecho, y por consiguiente si de lo que debe realizarse se determina el subconjunto de lo que puede ser hecho, y a la vez de lo que puede realizarse se determina el subconjunto de lo que será realizado, entonces existe una alta probabilidad de que lo que se ha planificado sea completado con éxito. Lo anterior puede verse gráficamente en la Figura 4.

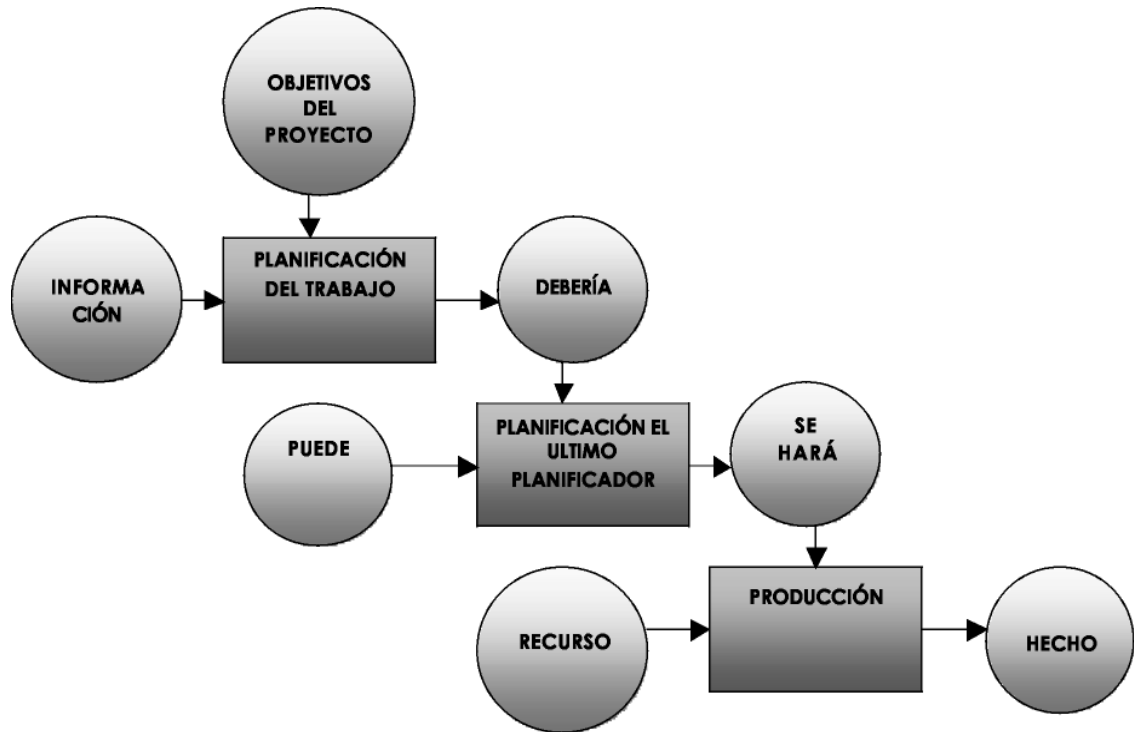


Figura 4. Sistema de Planificación El Último Planificador. [Botero, Luis Fernando, 2002]

Formación del Plan de Trabajo Semanal. Como se mencionó anteriormente, el Plan de Trabajo Semanal es una selección de tareas que se encuentran dentro del ITE. Escoger que trabajo será ejecutado en la próxima semana desde lo que sabemos puede ser ejecutado (ITE), recibe el nombre de “asignaciones de calidad”. Sólo asignaciones de calidad pueden ser ejecutadas en el plan de trabajo semanal, lo que protege el flujo de producción de incertidumbres, lo que apunta a crear un flujo confiable de trabajo para la unidad de producción que ejecutará el plan de trabajo semanal.

Los planes de trabajo semanal son efectivos cuando las asignaciones cumplen los cinco criterios de calidad:

1 Definición: ¿Las asignaciones son suficientemente específicas para que pueda recolectarse el tipo y cantidad correcta de información o materiales? ¿El trabajo

puede coordinarse con otras disciplinas u ocupaciones? ¿Es posible decir al final de la semana si la asignación ha sido completada?

2 Consistencia: ¿Son todas las asignaciones ejecutables? ¿Se entiende lo que se requiere? ¿Se tiene lo que necesita de otros? ¿Están todos los materiales disponibles? ¿Está completo el plan? ¿Están los prerrequisitos completados? Debe tenerse en cuenta además, que algún trabajo que debió estar listo la semana anterior será terminado durante la actual semana, por lo que es necesario coordinarse con otras ocupaciones que trabajarán en la misma área. No obstante, debe hacerse el esfuerzo por conseguir terminar el trabajo en la semana que en que se planificó.

3 Secuencia: ¿La selección de asignaciones se hace a partir de aquellas consideradas legítimas en orden de prioridad y laborabilidad? ¿Son el resultado de estas asignaciones esperadas por alguien más? ¿Existen asignaciones adicionales consideradas de baja prioridad identificadas en el inventario de trabajos ejecutables, es decir, existen tareas de calidad disponibles en caso de fallar la productividad o de exceder las expectativas.

4 Tamaño: ¿Los tamaños de las asignaciones se determinan según la capacidad individual o grupal de las unidades de producción antes de comenzar el período de ejecución?

5 Retroalimentación o aprendizaje: Para las asignaciones que no son completadas en la semana ¿Existe una identificación de las causas y de las acciones tomadas? En la figura 5 vemos un plan de trabajo semanal de actividades, en donde sólo se deben incluir asignaciones de calidad, que realmente vamos a ejecutar.

Item	Descripción de la Actividad	Responsable	% Completado		Logrado		Análisis del No-cumplimiento
			Planificado	Real	SI	NO	
1	Loc. y Replant.	V. Murcia	80	80	X		
2	Des. y Limp.	D. González	100	100	X		
3	Dem. Pav. As.	V. Murcia	40	20		X	Subcontratista
4	Dem. Pav. Ri.	D. González	20	10		X	Subcontratista
5	Dem. Estruct.	V. Murcia	30	30	X		
6	Excav. Tierra	D. González	20	20	X		
7	Estab. Tal. Iz.	D. González	25	25	X		
8	Zanjas de Cor.	V. Murcia	10	10	X		
		# actividades Completadas	6				
		% de cumplimiento (PAC)	75%				

Figura 5. Ejemplo de un programa semanal de actividades

El Último Planificador. La unidad de producción debe tener su plan de generar el tiempo para diseñar las operaciones y estudiar los métodos de trabajo que serán utilizados. También favorece la oportunidad de abordar problemas identificados durante la planificación que podrían ser resueltos antes de ejecutar el trabajo. La unidad de producción debe, por lo tanto, llevar a cabo este último paso en la planificación un tiempo razonable antes de realizar el trabajo. Esto les permitiría identificar que parte del trabajo que debe ser realizado puede ser ejecutado y así comprometerse a realizar sólo este tipo de trabajo. El plan de trabajo resultante generado por el último planificador será así un reflejo de lo que puede hacerse y no sólo de lo que debería realizarse.

El último planificador se refiere a la persona encargada de que lo anterior se lleve a cabo, pero también es responsable del proceso mismo. El Último Planificador típicamente es responsable de la capacidad de las unidades de producción, de sus rendimientos y de la calidad de sus productos. El Último Planificador en la etapa de diseño puede ser el diseñador líder, en la etapa general de construcción puede ser el ingeniero del proyecto, en una construcción específica puede ser el capataz a cargo.

Medición del desempeño del sistema de planificación con el porcentaje de asignaciones completadas (PAC). El sistema del último planificador necesita medir el desempeño de cada plan de trabajo semanal para estimar su calidad. Esta medición, que es el primer paso para aprender de las fallas e implementar mejoras, se realiza a través del Porcentaje de Asignaciones Completadas (PAC), que es el número de realizaciones divididas por el número de asignaciones para una semana dada. El PAC así evalúa hasta que punto el sistema del último planificador fue capaz de anticiparse al trabajo que se haría en la semana siguiente. Es decir, compara lo que será hecho según el plan de trabajo semanal con lo que realmente fue hecho, reflejando así la fiabilidad del sistema de planificación.

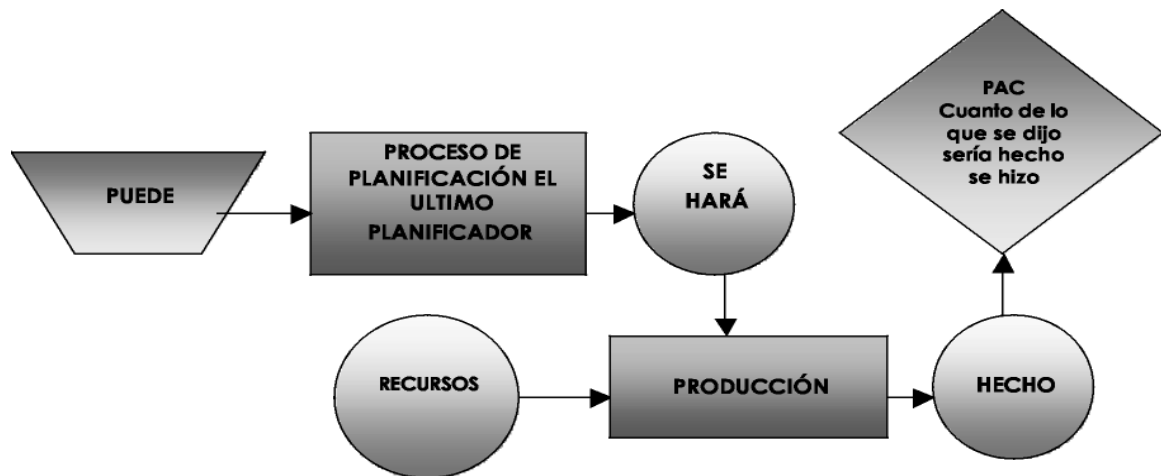


Figura 6. Medición del desempeño a través del PAC. [Botero, Luis Fernando, 2002]

Una visión integrada del proceso de planificación y control, utilizando el último planificador (last planner), se muestra gráficamente a continuación:

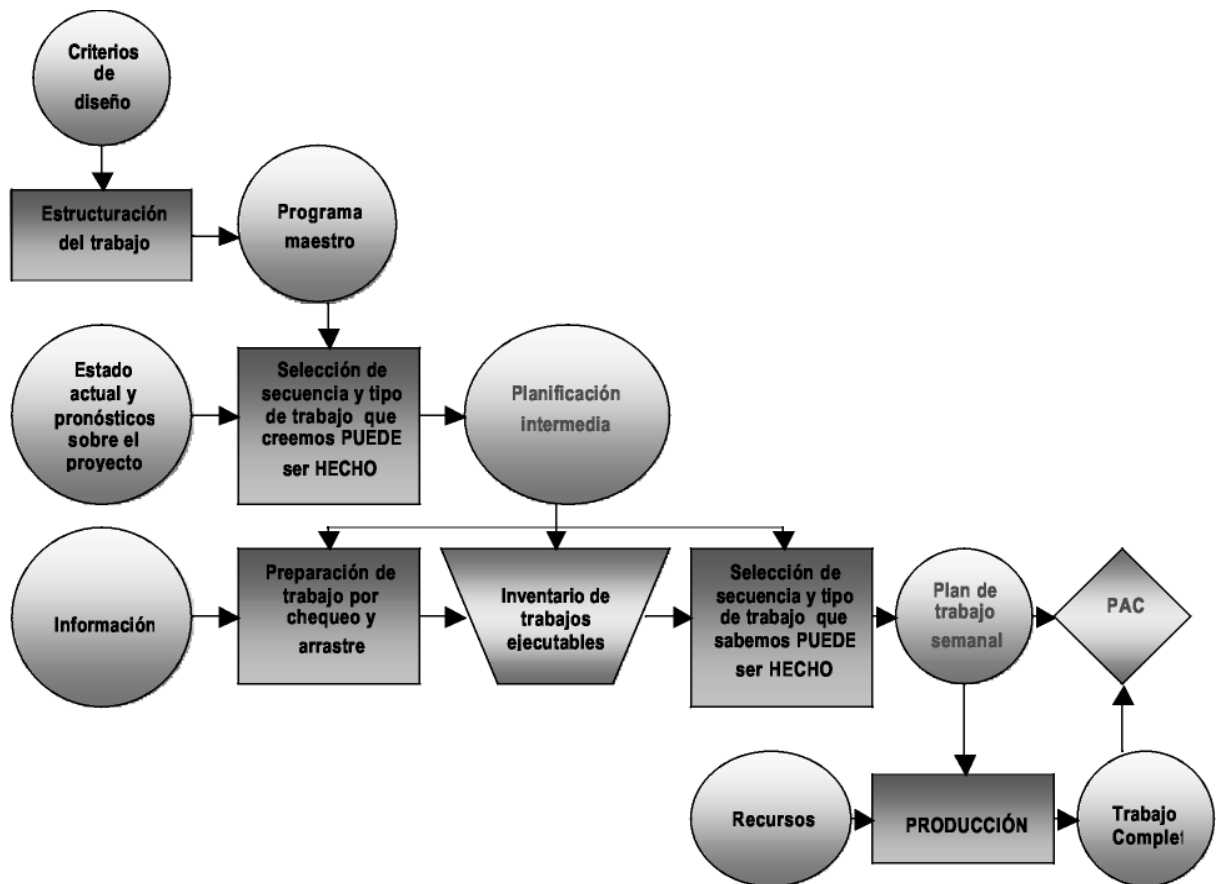


Figura 7. Proceso de Planificación y Control El Último Planificador. [Botero, Luis Fernando, 2002]

6.1.4 Reunión de Planificación Semanal. La planificación del trabajo semanal se debe desarrollar preferentemente durante una reunión en la semana anterior. En esta reunión deben participar todos los involucrados relacionados con prerrequisitos, recursos compartidos, directrices u otras limitaciones potenciales. Los propósitos de la reunión son los siguientes:

Revisar y aprender del PAC de la semana anterior.

- Analizar las causas de no cumplimiento.

- Tomar acciones para mitigar las causas de no cumplimiento.
- Realizar un paralelo entre los objetivos alcanzados y los propuestos por el proyecto.
- Determinar las actividades que entran en la planificación Intermedia, analizando y responsabilizando las restricciones de cada tarea ingresada.
- Realizar un adecuado análisis de las restricciones (revisión y preparación).
- Determinar el ITE para la próxima semana.
- Formular el plan de trabajo para la semana siguiente.
- Determinar la preparación necesaria a desarrollar en la semana en curso.

Para cumplir los propósitos de la reunión existe información que debe llevar el coordinador del sistema de control y el último planificador.

El último planificador:

- Lleva a la reunión su PAC y causas de no cumplimiento, adicionalmente entrega una primera opinión de las causas de no cumplimiento.
- La información del estado del trabajo.
- Lista tentativa de las tareas para la próxima semana
- Una revisión del estado de restricciones de las tareas que se le asignaron dentro de la ventana o planificación intermedia.
- Listado de las tareas que entrarán en el proceso de planificación intermedia, además de la planificación intermedia de la semana anterior.

Coordinador:

- Lleva programa Maestro y la planificación Intermedia.

- Lleva una comparación entre los objetivos logrados y los propuestos por el proyecto, con el objetivo de marcar claramente las directrices del funcionamiento de cada unidad productiva.
- Actualiza y lleva el ITE.

La reunión debe seguir una determinada estructura. Sólo de esta forma se asegurará que se cumplan los propósitos de la reunión. A continuación se señala una estructura que resume la secuencia básica a tratar en la reunión:

Estructura de la reunión:

- Se parte analizando el PAC de la semana anterior, las causas de no cumplimiento, tomando acciones correctivas inmediatamente si es posible.
- Se analiza el cumplimiento de las tareas pendientes de la semana anterior.
- Se realiza el paralelo entre los objetivos alcanzados y los propuestos por el proyecto, aclarando las responsabilidades de todos los involucrados.
- Se analiza el análisis de restricciones para las tareas que entran en la semana siguiente.
- Se crea el ITE con las actividades que poseen todas sus restricciones liberadas, más las tareas remanentes de la semana anterior.
- Con la planificación Intermedia de la semana anterior y teniendo en cuenta el ITE preparado de la semana siguiente, cada último planificador entrega las tareas para la semana siguiente y se discute la que en definitiva se realizará, analizando secuencia, responsables, carga de trabajo (si son capaces de ejecutarlo) y si el trabajo seleccionado es adecuado.
- El coordinador se compromete a entregar al siguiente día el programa semanal a cada último planificador.
- Además se discute el estado de las otras actividades dentro de la planificación Intermedia en relación a sus restricciones (se discute con cada responsable), lo

anterior con el objetivo de poder liberarlas en lo posible con dos semanas de anticipación o para dar soluciones que faciliten esta liberación.

- Luego, y teniendo presente las tareas que cada último planificador entrega como tentativas para ingresar a la planificación Intermedia, se verifican las que realmente entrarán a la planificación Intermedia contrastándolas con el programa Maestro.
- Posteriormente se asignan los responsables de liberar las restricciones de las nuevas tareas ingresadas a la planificación Intermedia.
- Teniendo la nueva planificación Intermedia, el coordinador la entregará a más tardar al día siguiente a cada último planificador.
- Por último se destaca el “compromiso” que asume cada “último planificador” haciendo referencia que es la instancia más importante de la reunión.

En cada reunión semanal debemos discutir abiertamente la planificación Intermedia, el inventario de trabajo ejecutable y la planificación semanal, sin imponer órdenes por parte del coordinador, esto hará que los últimos planificadores se sientan partícipes dentro de la planificación de la obra.

Resumen ejecutivo de una buena reunión de planificación semanal

Asistentes

- √ Administrador de Obra
- √ Facilitador, Jefe de terreno o Encargado de Planificación
- √ Supervisión y capataces
- √ Representante de la Oficina Técnica
- √ Subcontratistas
- √ Adquisiciones (Almacenista)

Revisión de la semana anterior

- √ Controlar el cumplimiento de las actividades
- √ Calcular el PAC
- √ Determinar las causas de No cumplimiento
- √ Tomar acciones correctivas para las causas de No cumplimiento
- √ Definir actividades pendientes
- √ Tomar acciones correctivas para recuperar atrasos, principalmente con las actividades críticas

Preparación de Programa semanal

- √ Revisar el estado de restricciones de la Planificación Intermedia anterior
- √ Definir el nuevo Inventario de trabajo ejecutable
- √ Contrastar el inventario con el programa propuesto por el ultimo planificador
- √ Definir el programa semanal, adquiriendo compromisos y dejando actividades en espera por si existe algún inconveniente con las planificadas

Actualización de la Planificación Intermedia

- √ Presentación de la nueva Planificación Intermedia por parte del planificador de la obra
- √ Revisar el estado de restricciones de la nueva Planificación Intermedia
- √ Definir un responsable para la liberación de restricciones, definiendo las acciones para esto.

Documentos e información que deben traer los asistentes

Planificador o Facilitador de la reunión

- √ Programa Maestro
- √ Planificación Intermedia antigua

- √ Planificación Intermedia nueva tentativa
- √ Posterior a la reunión entrega la Planificación Intermedia definitiva a los asistentes
- √ Posterior a la reunión entrega el plan Semanal definitivo a los asistentes

Ultimo Planificador

- √ PAC
- √ Causas de no cumplimiento
- √ Propuestas de Soluciones a causas de no cumplimiento
- √ Información del estado de trabajo
- √ Estado de liberación de restricciones bajo su responsabilidad
- √ Plan de trabajo tentativo
- √ Plan intermedio anterior

7. ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA “EL ÚLTIMO PLANIFICADOR”

Para la implementación del sistema El Último Planificador, se estableció una estrategia para la empresa constructora del proyecto de Infraestructura vial. Donde se suministrarán los pasos para una exitosa puesta en práctica.

Las fases, inicialmente propuestas, en la implementación del sistema El Último Planificador se complementaran con 2 fases claves: capacitación y desarrollo de iniciativas que promuevan el uso del sistema. Es necesario analizar estas dos fases que son fundamentales para el éxito de cualquier iniciativa de mejoramiento en cualquier sector productivo.

La figura 8, recuerda la estrategia resumida de aplicación del sistema El Último Planificador, propuesta anteriormente.

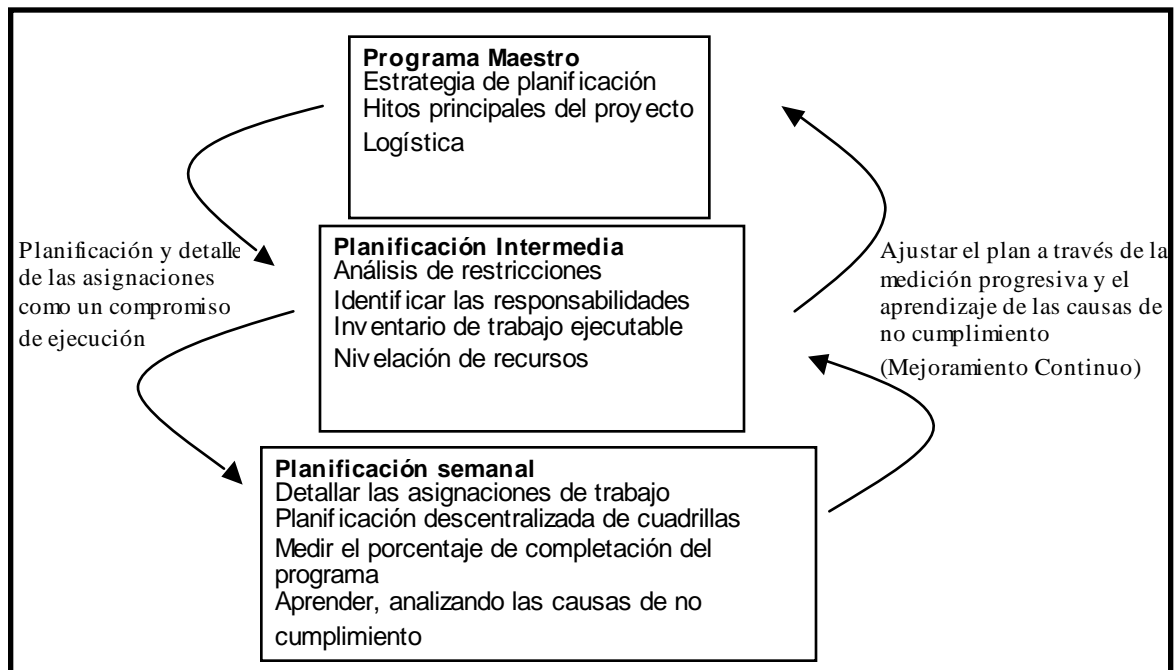


Figura 8. Estrategia de implementación del sistema El Último Planificador

7.1 CAPACITACIÓN

Uno de los factores críticos en la implementación del sistema El Último Planificador fue la capacitación, la cual proporcionó los conocimientos necesarios que permiten que el personal de cualquier proyecto realice buenas prácticas del sistema. La capacitación es un proceso fundamental para producir un cambio en la visión de los agentes en el proceso. La tabla 3 propone los contenidos a revisar de cada taller o sesión de entrenamiento y las acciones que se realizaron y fueron coordinadas por el encargado de la implementación (El Autor).

Programa	Contenidos	Tareas	Impactos	Semana
1 (3-hrs.)	<ul style="list-style-type: none"> Diferencias entre el proceso tradicional y el Último Planificador. Impactos de la variabilidad Representación del sistema del Último Planificador Discusión acerca de barreras. Medición del PAC. Importancia de las reuniones semanales Análisis de las causas de no cumplimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo de reuniones Consolidación del programa maestro Medir el PAC Registrar las causas de no cumplimiento Seleccionar un indicador de desempeño 	<ul style="list-style-type: none"> Cambios de visión Incorporar nuevos actores en el proceso de planificación Compromisos de los nuevos actores 	1
2 (3-hrs.)	<ul style="list-style-type: none"> Análisis de la información recogida Revisión de los conceptos Discusión de las barreras 	<ul style="list-style-type: none"> Consolidar las tareas iniciales Introducir procesos de Planificación Intermedia. 	<ul style="list-style-type: none"> Disminución de la variabilidad Mejor productividad Promesas confiables 	2
3 (3-hrs.)	<ul style="list-style-type: none"> Estudio de la reunión de planificación Análisis de las causas de no cumplimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Correlacionar la información y los indicadores Tomar acciones eficaces contra las causas de no cumplimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Eliminar las prácticas negativas del sistema Comenzar el mejoramiento continuo Incrementar la productividad 	2 y 3

Tabla 3. Acciones detalladas de capacitación y sus posibles impactos.

Investigadores nacionales e internacionales proponen un plan de 2 a 4 semanas de capacitación en tres talleres en donde se proponen los contenidos de cada sesión, sus tareas y los impactos que puedan provocar en la puesta en práctica.

7.2 DESARROLLO DE INICIATIVAS QUE PROMUEVAN LA IMPLEMENTACIÓN

Este trabajo de investigación presenta una metodología que ha sido desarrollada para el mejoramiento de la planificación y control en la industria de la construcción, para seleccionar que tipos de incentivos se pudieran ocupar para promover y aumentar las acciones que llevan a la utilización de nuevas acciones de mejoramiento de la gestión dentro de la organización de la empresa constructora y por ende el proyecto de infraestructura vial.

La implementación de metodologías “Lean” dentro de la organización y el proyecto, requiere de niveles de compromisos y participación. Para obtener estos compromisos, es fundamental la investigación de los motivos y factores que resultan críticos en la puesta en marcha de estrategias de implementación. Las etapas desarrolladas en esta metodología son las siguientes:

Etapas 1: Identificar un sistema de incentivos, como una estrategia que facilite su implementación.

- Los jefes del proyecto o los líderes de cada especialidad son claves, para generar el compromiso con el fin de quitar de barreras para promover la implementación.

- Es fundamental para los participantes en el proceso tener un conocimiento suficiente de los conceptos “Lean” y el plan de puesta en marcha.
- Se debe definir las funciones de cada participante, sus responsabilidades y niveles de autoridad de los jefes de proyecto y/o profesionales cuya participación sea crítica.

Etapa 2: “Provocar en la empresa un cambio en la forma de ver las cosas”

- La interacción directa entre los involucrados en la producción mediante reuniones periódicas de trabajo en donde se presenten todos los conceptos y experiencias relacionadas con el tema.

Etapa 3: “Diagnóstico dentro de la empresa”

- Básicamente se basa en la identificación y análisis de los factores que pueden afectar la implementación. Una vez identificados deben ser filtrados, pues no todos estos factores pueden contar con el tiempo necesario para su análisis o no son necesariamente críticos (Figura 9).

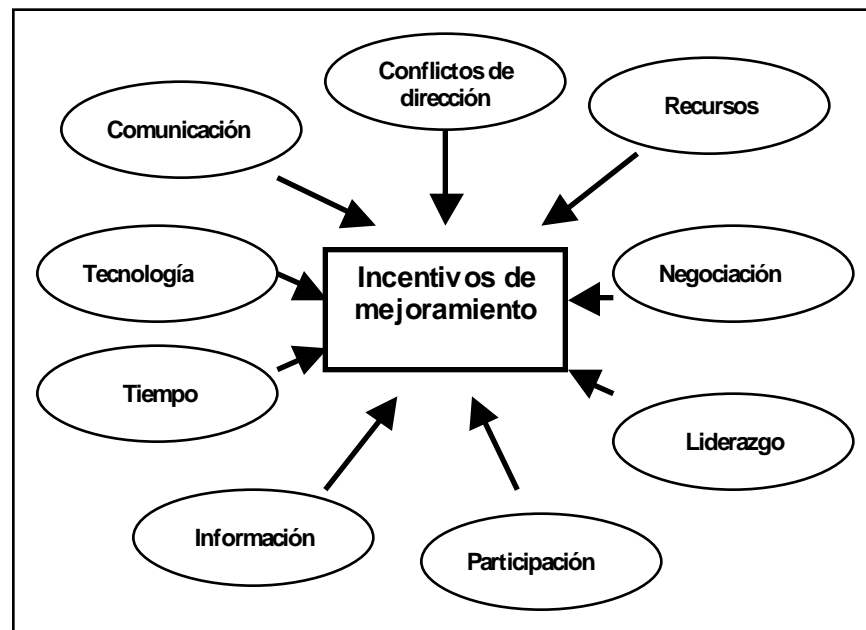
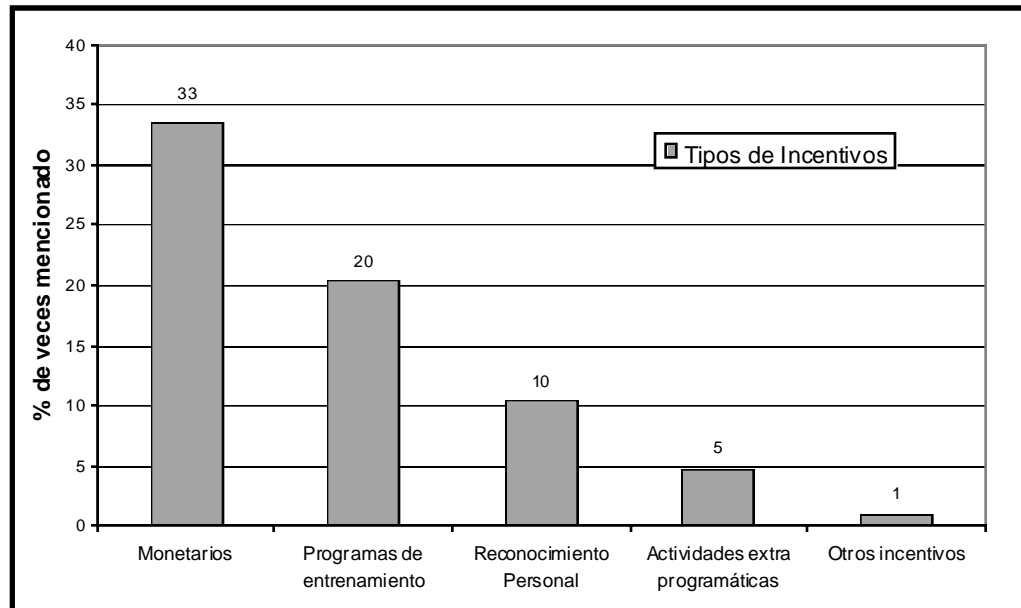


Figura 9. Algunos factores que pueden afectar la implementación.

- La búsqueda de incentivos para el personal, en la necesidad de motivación para la puesta en práctica, deben ser buscado justamente dentro de la organización. Encuestas a los involucrados pueden ser de mucha utilidad para buscar el incentivo más indicado dentro de los recursos disponibles por la empresa. Algunas de los incentivos que pueden existir dentro de las organizaciones que implementen la metodología pueden ser los mostrados en la Gráfica 4.



Gráfica 4. Tipos de iniciativas existentes dentro de las empresas

Etapas 4: “Análisis de resultados”

- Identificar los incentivos para alcanzar una alta motivación dentro de la organización. Mediante encuestas al personal involucrado, también se pueden obtener estos elementos que pueden ser: el reconocimiento del personal, una efectiva participación, el entrenamiento para mejorar el trabajo en progreso, premios económicos o estabilidad laboral.
- Por otra parte, si bien un compromiso de la gerencia puede ser observado en términos de la participación en el programa de mejoramiento así como la creación de condiciones para la participación del personal en ello, la existencia de una persona que conduzca el proyecto de mejoramiento claramente es fundamental. Los resultados en empresas chilenas muestran que hay un 40% de los involucrados en la planificación, claramente no identifican al líder que debe motivar la puesta en práctica del proyecto [Alarcón & Seguel, 2002]. Por

ello es crucial que la gerencia identifique claramente al líder en este proceso de mejoramiento.

- El nivel de información que se maneja en lo que concierne al progreso del proyecto de mejoramiento (conocimientos, dificultades) también tiene una influencia significativa sobre el comportamiento y la actitud de las personas que pertenecen a la organización. Sin embargo, en empresas chilenas, el 55 % de los involucrados se declara inconsciente del progreso del proyecto para la empresa, y además, el 33 % no había recibido ningún tipo de información antes de su puesta en marcha en cuanto al proyecto, metodología y alcance [Alarcón & Seguel, 2002].

Etapas 5: “Cambios y futuras acciones”

- Tomar las acciones de mejoramiento basado en el diagnóstico realizado en las fases anteriores.
- Junto con la activa participación de la gerencia de la empresa y los líderes de la implementación, monitorear y controlar las acciones y sus impactos.

7.3 OTRAS RECOMENDACIONES

Cronología de Reuniones. La cronología de las reuniones deberá ser semana a semana y pasará a formar parte fundamental para la implementación del sistema. Es necesario que se deje establecido el día y hora de la reunión en la semana y respetar estos acuerdos como una forma de trabajo permanente.

Secuencia de Implementación. Se recomienda realizar una secuencia de implementación evolutiva, es decir ir implementando partes del sistema hasta llegar a su implementación total. A continuación se da un ejemplo de una secuencia de implementación [Alarcón, 2000]:

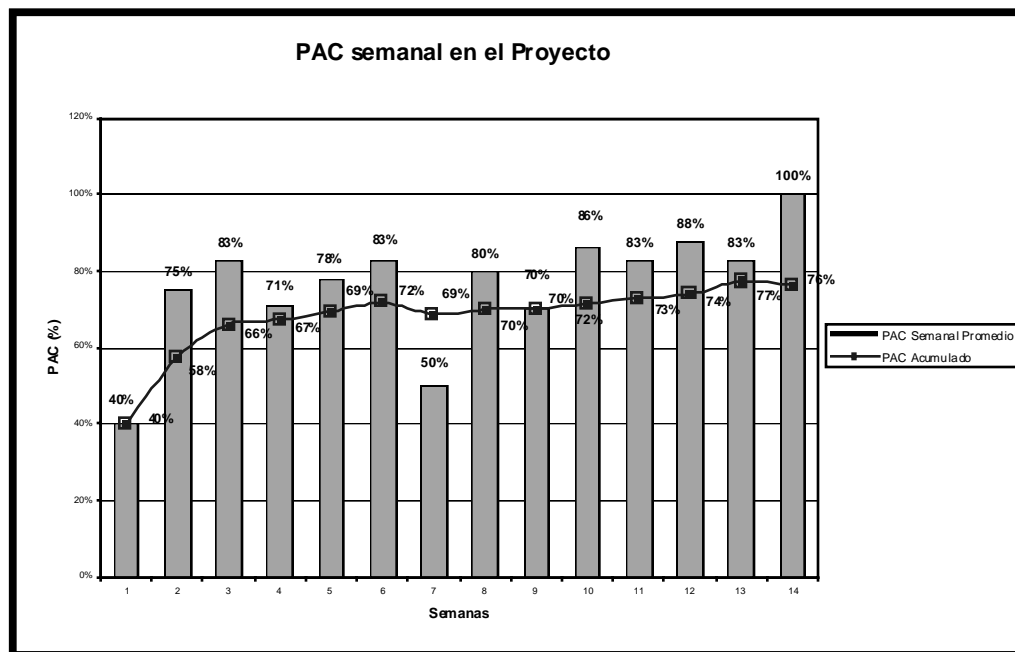
- Mes 1 (Semanas 1 a 4):
 - Formación del trabajo semanal
 - Medición del PAC
 - Análisis de las causa de no cumplimiento y toma de acciones
- Mes 2 (Semanas 5 a 8):
 - Creación de la Planificación Intermedia
 - Revisión y análisis de restricciones.
- Mes 3 (Semanas 9 a 12):
 - Implementar algún indicador de desempeño de procesos que de validez al PAC y medir la variabilidad del indicador.
 - Afinar conceptos de revisión y asignaciones de calidad.

8. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

8.1 PORCENTAJE DE ASIGNACIONES COMPLETADAS (PAC)

Un buen desempeño está por encima del 80%, un desempeño pobre está por debajo del 60%. Equipos con experiencia mantienen un desempeño por encima del 85% [Howell, G. 2002]. El desempeño general del proyecto de Infraestructura vial fue del 76.4%, por debajo de lo considerado como bueno.

Sin embargo, hay semanas con desempeños (semana 3, 6, 8, 10, 11, 12, 13, y 14) están por encima del 80%. Las semanas 10, 12 y 14 alcanzan resultados del indicador PAC, por encima del 85%, lo cual puede calificarse como muy bueno. Dando una demostración a la empresa constructora de la eficacia de la implementación del sistema El Último Planificador.



Gráfica 5. Evolución del PAC semanal en el Proyecto

Semana	PAC
1	40.0%
2	75.0%
3	83.3%
4	71.4%
5	77.8%
6	83.3%
7	50.0%
8	80.0%
9	70.0%
10	85.7%
11	83.3%
12	87.5%
13	83.3%
14	100.0%
Promedio del Proyecto	76.5%

Tabla 4. Resultado del PAC en el Proyecto

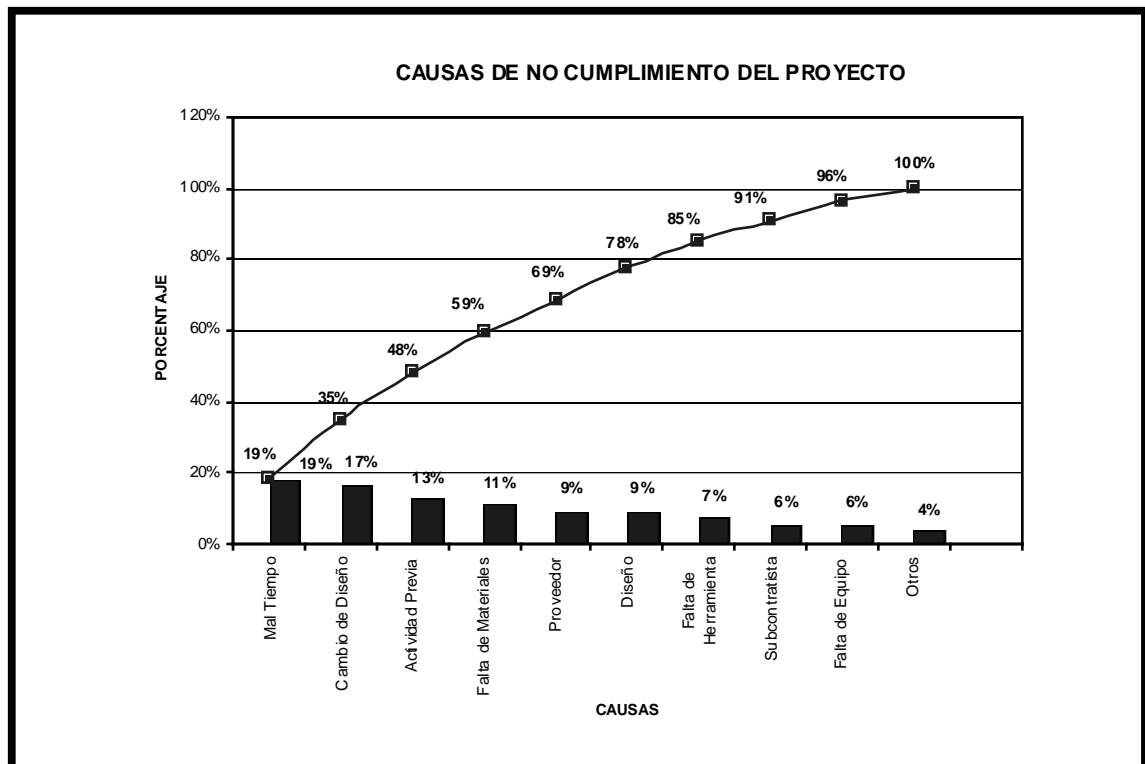
8.2 CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO DE LO PLANIFICADO

El sistema el último planificador es un sistema proactivo cuya finalidad es aumentar la confiabilidad en la planificación de los proyectos. Adicional al indicador que mide el desempeño en cuanto al cumplimiento de lo planificado, cada reunión semanal de planificación incluye el análisis de las actividades que no alcanzaron a ser completadas en el periodo anterior. Si se analiza esta información de manera estadística, puede establecerse un conjunto de causas a las cuales se atribuyen el no cumplimiento de la planificación. Esta información es de suma importancia para el administrador de la obra, ya que puede anticiparse a la ocurrencia de las causas si se conocen con anticipación, de acuerdo a lo ocurrido en periodos anteriores.

El siguiente es el análisis de Pareto correspondiente a las causas de no cumplimiento en el proyecto.

Causa	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
Mal Tiempo	10	10	18.52%	18.52%
Cambio de Diseño	9	19	16.67%	35.19%
Actividad Previa	7	26	12.96%	48.15%
Falta de Materiales	6	32	11.11%	59.26%
Proveedor	5	37	9.26%	68.52%
Diseño	5	42	9.26%	77.78%
Falta de Herramienta	4	46	7.41%	85.19%
Subcontratista	3	3	5.56%	90.74%
Falta de Equipo	3	6	5.56%	96.30%
Otros	2	8	3.70%	100.00%
Total		54		

Tabla 5. Frecuencia de las causas de no cumplimiento en el proyecto



Gráfica 6. Causas de no cumplimiento de la planificación en el proyecto

El 69% de la ocurrencia de no cumplimiento de lo planificado semanalmente en el proyecto puede atribuirse a las siguientes causas: mal tiempo debido a la zona donde se desarrolla la obra (18.52%), cambios en el diseño (16.67%), actividad previa sin terminar (12.96%), falta de materiales (11.11%), y proveedor (9.26%). Las dos primeras causas aparecen como causas no controlables por la administración de la obra y hacen parte del riesgo característico de la actividad de construcción.

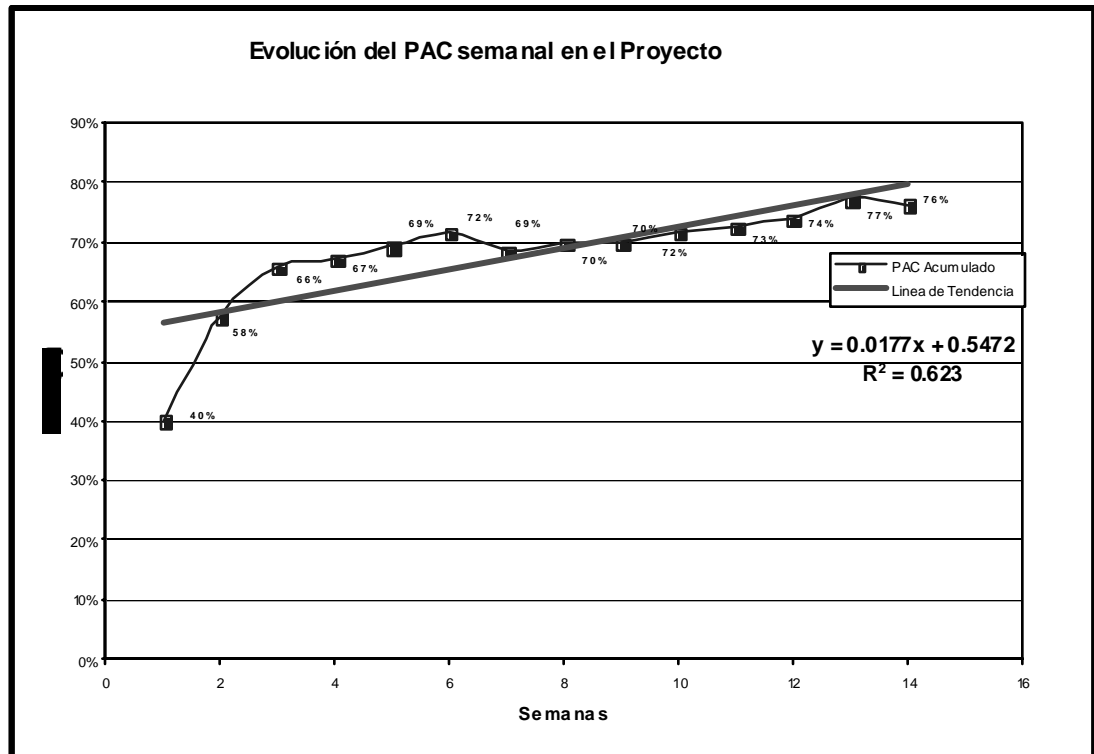
Las otras causas, correspondientes al 31 %, son causas controlables por la administración de la obra. Una buena gestión al respecto garantizará un cumplimiento más cercano al compromiso adquirido en los programas semanales.

8.3 EVOLUCIÓN DEL PAC ACUMULADO EN EL PROYECTO

De acuerdo a la teoría existente sobre implementación del sistema de planificación y control El Último Planificador, a medida que la obra implementa el nuevo sistema, aumenta la confiabilidad, rebajando la incertidumbre en cuanto al cumplimiento de lo planificado.

La Gráfica 7 muestra la evolución del sistema en el proyecto y por ende la empresa durante las 14 semanas de implementación del sistema, desde el 13 de Febrero al 19 de Mayo del presente año. De la línea de tendencia del PAC en el tiempo, mostrada en la figura, podemos destacar que; tras la utilización del sistema El Último Planificador, el promedio del PAC tiende a aumentar a medida que transcurren las semanas de implementación lo que trae consigo una disminución de la variabilidad sumado a una mayor capacidad de anticiparme a lo que realmente SE HARA. Esto se debe a que a medida que transcurren las semanas de implementación, el aprendizaje del sistema, sumado al nuevo orden e la planificación, coordinación, seguimiento y control de las actividades en períodos

cortos de tiempo, permite la toma de acciones correctivas más oportunas, lo que aumenta el desempeño de todo el proyecto.



Gráfica 7. Evolución del PAC general del proyecto

El Rsquared= 0,623 indica el porcentaje de error corregido al estimar el PAC mediante el modelo lineal hallado, con relación a aquel que se cometería si se estimara el PAC por su promedio. Este valor corresponde a un coeficiente de correlación lineal de 0,789, lo que es un valor muy significativo de la forma como se correlacionan linealmente el PAC con las semanas transcurridas en la implementación del sistema El Último Planificador.

La pendiente de la recta 0.0177 es el porcentaje semanal que en cada semana el proyecto incrementó en promedio el valor del PAC y finalmente, el intercepto establece el valor promedio con el cual empezó el proyecto al implementar el sistema El Último Planificador.

Si se mantuviera la tendencia, se necesitarían 26 semanas para que el promedio del PAC del proyecto llegue al 100%. Si se logra generar cultura de mejoramiento a través de la implementación de este sistema, un proyecto con varias etapas, lo lograría. En su defecto, es ideal que el componente autónomo (intercepto) se diera en valores cercanos a 0.80, en cada proyecto.

8.4 EFICIENCIA DE LA PROGRAMACIÓN POR MEDIO DE EL ÚLTIMO PLANIFICADOR

El sistema Último Planificador es una herramienta que no sólo permite hacer más eficiente la programación, sino que ella facilita a las diferentes personas que en él participan tener un mayor sentido de pertenencia al grupo y conocer de qué manera inciden las acciones precedentes en el buen desempeño de las actividades posteriores. Sólo cumplir esta misión, hace que la persona se haga responsable de sus compromisos y de llevarlos a cabo. En la medida en que haya continuidad en posteriores proyectos, la organización aprende y perfecciona dicha herramienta. [Botero, 2002]

El PAC es un buen indicador de desempeño, siempre que el sistema El Último Planificador se realice a la luz del Plan General. El analista de los resultados no debe pensar que un buen PAC (por encima del 80%) dará como resultado un buen rendimiento general de la obra. ¿Cómo entender entonces que una obra tenga un buen valor en el PAC con retrasos en su entrega final? O peor aún, ¿con

sobrecostos significativos? De otra parte ¿A qué precio se entrega a tiempo la obra, cuando el PAC ha tenido malos resultados en algunas semanas? El planificador debe tener presentes dos aspectos importantes de calidad: la oportunidad en la entrega y los costos de operación. [Botero, 2002]

Pero, en lugar a que sea el tiempo quien le enseñe al equipo, se han establecido tres indicadores que establecen la relación existente entre el Plan General, el Plan Semanal y la ejecución de las actividades. Ellos son:

- La Eficiencia de la Planeación Semanal (%) (**EPS**)
- La Eficiencia de la Ejecución Semanal (%) (**EES**)
- El Atraso en la Ejecución de las Actividades (%) (**AEA**)

$$EPS = \frac{NAPS_i}{NAPG_i} * 100\%$$

$$EES = \frac{TAS_i}{TAPG_i} * 100\%$$

$$AEA = \frac{TAPG_i - TAE_i}{TAPG_i} * 100\%$$

Donde:

NAPS_i : Número de actividades programadas en el Plan Semanal en la semana i

NAPG_i : Número de actividades programadas en el Plan General en la semana i

TAS_i : Total de actividades realizadas hasta la semana i

TAPG_i : Total de actividades programadas en el Plan General hasta la semana i

TAE_i : Total de actividades ejecutadas hasta la semana i

Es posible obtener un valor muy satisfactorio en el PAC, sin que ocurra lo mismo en la Eficiencia de la Planeación Semanal, lo que traerá como consecuencia un mal indicador en la Eficiencia de la Ejecución Semanal y a su vez, un valor alto en el porcentaje de Atraso en la Ejecución de Actividades.

	Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Plan General	Nro. Actividades	6	8	8	8	10	8	8	5	5	8	7	8	7	2
	Total actividades	6	14	22	30	40	48	56	61	66	74	81	86	89	91

Tabla 6. Actividades del Plan Maestro o planificación inicial

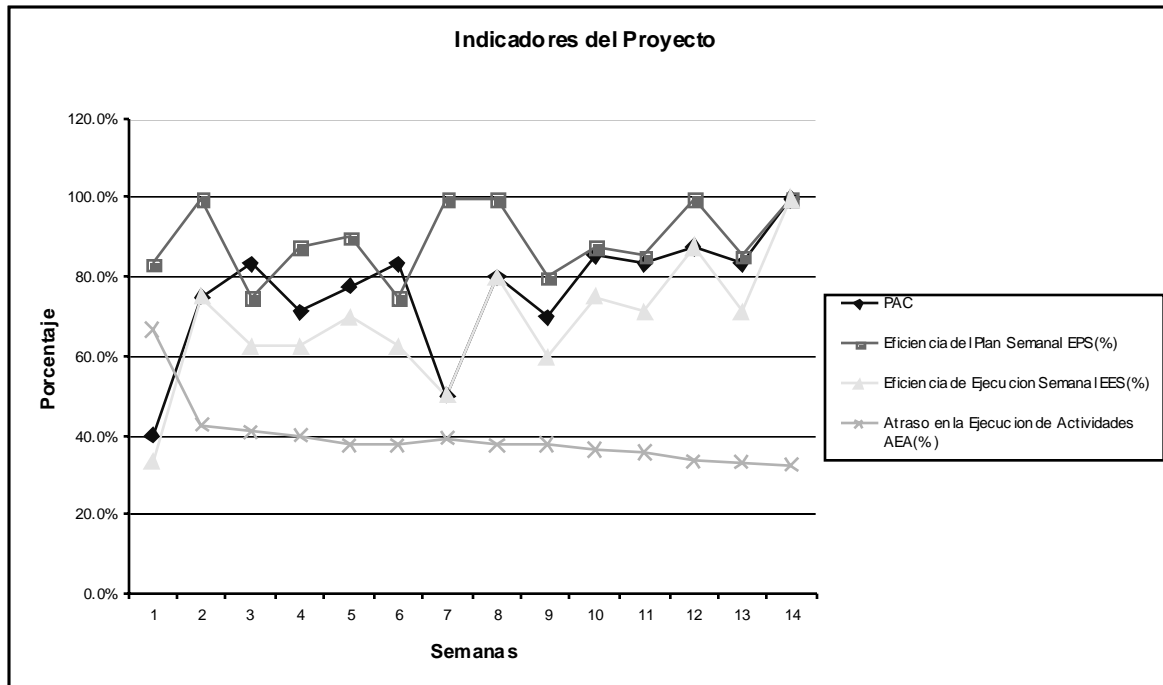
	Semana	1	2	3	4	5	6	7
Plan Semanal	Nro. Actividades	5	8	6	7	9	6	8
	Total actividades	5	13	19	26	35	41	49
Ejecución	Nro. Actividades	2	6	5	5	7	5	4
	Total actividades	2	8	13	18	25	30	34
PAC		40.0%	75.0%	83.3%	71.4%	77.8%	83.3%	50.0%
Eficiencia del Plan Semanal EPS(%)		83.3%	100.0%	75.0%	87.5%	90.0%	75.0%	100.0%
Eficiencia de Ejecución Semanal EES(%)		33.3%	75.0%	62.5%	62.5%	70.0%	62.5%	50.0%
Atraso en la Ejecución de Actividades AEA(%)		66.7%	42.9%	40.9%	40.0%	37.5%	37.5%	39.3%



	Semana	8	9	10	11	12	13	14	Promedio	
Plan Semanal	Nro. Actividades	5	4	7	6	8	6	2		
	Total actividades	54	58	65	71	79	85	87		
Ejecución	Nro. Actividades	4	3	6	5	7	5	2		
	Total actividades	38	41	47	52	59	64	66		
PAC		80.0%	70.0%	85.7%	83.3%	87.5%	83.3%	100.0%		76.5%
Eficiencia del Plan Semanal EPS(%)		100.0%	80.0%	87.5%	85.7%	100.0%	85.7%	100.0%		89.3%
Eficiencia de Ejecución Semanal EES(%)		80.0%	60.0%	75.0%	71.4%	87.5%	71.4%	100.0%		68.7%
Atraso en la Ejecución de Actividades AEA(%)		37.7%	37.9%	36.5%	35.8%	33.7%	33.3%	32.7%		

Tabla 7. Indicadores de eficiencia del proyecto

En la Gráfica 8 que se presenta a continuación se puede ver con más claridad los diferentes indicadores de eficiencia en el proyecto.



Gráfica 8. Indicadores de eficiencia del proyecto

La eficiencia del plan semanal esta por encima del 80% siendo esto un muy buen indicador en la implementación del sistema, la eficiencia en la ejecución de actividades esta por debajo del 80% esto incide en el porcentaje de actividades atrasadas.

Es por lo tanto, necesario enfatizar en que es importante tener el PAC por encima del 80% por ciento pero que él sólo, no garantiza un buen desempeño de la obra. Un excelente desempeño empieza con un buen diseño de una Planificación Inicial o plan maestro, sin improvisaciones que harán necesario que posteriormente el

equipo que realice la obra, sea quien no sólo la realice sino que tenga que empezar por terminar el diseño de la Planificación Inicial o plan maestro.

Pero, un buen diseño del Plan Maestro no garantiza aún un buen desempeño. El grupo ejecutor de la obra debe cuidar porque en las reuniones semanales, el plan de trabajo realizado, se ajuste muy bien al Plan Maestro con lo cual su indicador EPS deberá estar por encima del 90%. Y además, debe perseguir cumplir muy eficientemente tal plan con lo cual tendrá un buen EES. De esta manera queda conformada una cadena de actividades que le traerán beneficio y valor a la industria de la construcción en Colombia.

8.5 COMPARACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DEL PAC EN SANTIAGO DE CHILE, MEDELLÍN Y EL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA VIAL.

Al establecer una comparación de los resultados obtenidos en la ciudad de Medellín y en Santiago de Chile con el proyecto de infraestructura donde se implementó el sistema El Último Planificador, se debe tener en cuenta que el sistema había sido implementado en proyectos de construcción de tipo inmobiliario, y el proyecto objeto de la investigación es de Infraestructura Vial, existiendo diferencias notables entre estos, debido a su ubicación geográfica, entorno y espacio donde se desarrollan, los promedios obtenidos en los estudios son los siguientes:

Ciudad - Proyectos	PAC Promedio
Medellín (Construcción Inmobiliaria)	75.5%
Santiago de Chile (Construcción Inmobiliaria)	64.80%
Vía Bogotá – Villavicencio (Const. Infraestructura Vial)	76.5%

Tabla 8. PAC promedios en Santiago de Chile, Medellín y el Proyecto

El resultado logrado en la implementación del sistema es satisfactorio porque se encuentra 11.7% por encima de los resultados promedios obtenidos en Santiago de Chile, y a 1.1% del promedio obtenido en la ciudad de Medellín.

8.6 BARRERAS PRESENTADAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Durante la implementación del sistema El Último Planificador, los diversos factores humanos se convirtieron en importantes barreras que obstruyeron los esfuerzos de implementación y afectaron el comportamiento del equipo. Las barreras identificadas en este ambiente se mencionan a continuación:

Resistencia al cambio. Un principal obstáculo para alcanzar una implementación acertada, es el miedo al cambio. Este problema se hizo evidente por síntomas tales como la temprana negación para asumir las comisiones, negación para incluir subcontratistas en reuniones de planificación o reacciones negativas a los conceptos teóricos del sistema El Último Planificador y a su uso en el proyecto de infraestructura. La investigación para identificar los elementos que motivan cambio se está realizando actualmente, para facilitar la puesta en práctica de técnicas de Lean Construction debemos realizar un fuerte debate dentro de las empresas, nuestras obras y en el ámbito académico [Alarcón y Seguel, 2002].

Carencia de autocrítica. La carencia de autocrítica impidió una clara visión de los problemas del proyecto y limitó la capacidad de aprender de errores puesto que solamente una parte de los problemas fue percibida. Inicialmente, los problemas de la no conformidad, asociados exclusivamente a los subcontratistas y al dueño o a los diseñadores, fueron identificados completamente. Esta situación no permite tomar ventajas de las oportunidades de acciones de mejoramiento dentro de la misma organización del contratista. En este caso, preguntarse a uno mismo puede transformarse en la primera oportunidad de mejora.

Visión de corto plazo. La visión a corto plazo no permite visualizar los problemas con bastante tiempo de anticipación para tomar decisiones correctas. Un ejemplo visto en el proyecto es la falta de preparación de la logística necesaria para los ciclos de aprovisionamiento de la obra. Una solución posible en desarrollo por la empresa, es la preparación de un benchmarking de materiales al comienzo de la obra, esto es el referenciamiento de los proveedores de la obra en donde se deben medir todos los indicadores de desempeño de cada uno de los proveedores, tales como: precio, tiempo de entrega, stock disponible, servicio de venta. Esto fue un obstáculo para ejecutar los planes en el proyecto. Sin embargo, en este proyecto situado a cierta distancia de los centros de aprovisionamiento, el real beneficio de la planeación Intermedia fue realmente apreciado y valorado.

Mala interpretación del indicador PAC. El administrador intentó utilizar el indicador de PAC para medir el progreso físico de los trabajos cambiando su fórmula de cálculo, considerando como actividades 100% terminadas a algunas que no habían sido ejecutadas totalmente. Así el uso de este indicador como forma de controlar y de evaluar la terminación individual de tareas afectó seriamente la implementación y generó barreras a todos los niveles de la organización. Este proyecto concentro todos los esfuerzos de la implementación en el valor del PAC. Sin embargo, este foco sirvió para incitar su utilización y las medidas de PAC fuera utilizada por el administrador del proyecto para obtener ventajas en negociaciones con los mandantes y la gerencia de la empresa. Por ejemplo las medidas de PAC ayudaron a justificar los pedidos de extensiones en los plazos, justificar inversiones, rompiendo fácilmente la inercia inicial para la implementación.

9. CONCLUSIONES

- El sistema del Último Planificador permite reducir los plazos contractuales de ejecución de los proyectos de construcción. Al reducir plazos, permite importantes reducciones de costo, ya que al reducir plazos se limita la utilización de recursos que se estimaron hasta la fecha de término contractual de ejecución del proyecto.
- Es indudable que lo que no se mide no se puede mejorar, por lo tanto una parte importante de la teoría del Último Planificador consiste en la medición (tanto de PAC, como de causas de no cumplimiento), en orden a mejorar los resultados de un proyecto de construcción. Por lo tanto, se incentiva la cultura de medición no solo para el caso que se estudio, sino para futuras implementaciones de herramientas que mejoren la productividad.
- El medir y comunicar adecuadamente el PAC y causas de no cumplimiento a todos los involucrados en el proyecto, esto es, desde los Administradores de obra hasta los obreros, a través de charlas de información es necesario para el éxito de la implementación del sistema El Último Planificador.
- Con el PAC, se pretende observar claramente los beneficios que acarrea la implementación del Último Planificador en un proyecto de construcción. Este indicador, además de tener un carácter estratégico, tiene claramente un carácter motivacional para con los involucrados en el proyecto y los procesos de planificación y control (esto tiene validez mientras este indicador sea positivo).

- Al aumentar el porcentaje de actividades completadas (PAC) se disminuye la variabilidad de obra, lo que se traduce en una disminución de la incertidumbre del proyecto, por lo tanto los flujos de producción se hacen más seguros y estables. Se necesario insistir el hecho que el Último Planificador permite dar mayor confiabilidad a la planificación y a su vez a la producción en obra, estabilizándola y proporcionándole seguridad.
- Del análisis de las causas de no cumplimiento depende la retroalimentación y el mejoramiento continuo, pues en el análisis de ellas se encuentra la capacidad de no volver a cometer errores.
- La baja participación en general de los profesionales de diseño de un proyecto de construcción en los procesos de planificación y de los profesionales de construcción en las fases de diseño, hacen que los proyectos presenten bajos desempeños.
- La implementación del Último Planificador se aprecia como una oportunidad para definir adecuadamente los requerimientos de cada subcontratista y responder en un tiempo oportuno en forma conjunta con ellos. Luego se podrán ver más aliviadas las interrupciones y atrasos de tiempo. Además es la oportunidad de transmitir el conocimiento de esta nueva teoría a los subcontratistas (capacitación) y los requerimientos de estos al contratista.
- Toda oportunidad de aprendizaje de errores no debe ser desperdiciada y debe ser adecuadamente analizada a tiempo para presentar mejoramiento continuo en la implementación del sistema.
- El Último Planificador insiste en la participación de todos los involucrados en un proyecto de construcción y que tengan relación con la planificación y la producción, en un proceso de trabajo de equipo, donde el esquema es ganar-

ganar (todos ganan con los beneficios de una buena implementación). Se debe hacer notar que este esquema de trabajo y participación hace sentir más propio el trabajo realizado, luego la resistencia al cambio en la organización que se producen por la implementación del Último Planificador, se ve fuertemente reducida, por la significativa relevancia que le dan los involucrados con la implementación del Último Planificador al hecho que dicho cambio, es promovido por ellos mismos (y no es unilateralmente impuesto).

10. RECOMENDACIONES

- Asegurar que todos los involucrados (incluyendo a los diseñadores e incluso a subcontratistas, aunque para estos últimos se deben buscar fórmulas de capacitación de interés común) en los procesos de planificación de un proyecto, donde se implemente el Último Planificador comprendan cabalmente sus principios y funcionamiento. Se puede realizar talleres de capacitación antes y durante la ejecución de un proyecto de modo que se pueda cuidar el éxito de la implementación del sistema.
- Se deben establecer mecanismos y procedimientos en la implementación del sistema que controlen las restricciones que dependen de los agentes externos, pues cuando el PAC tiende a estabilizarse (reducción al mínimo de la variabilidad), las causas de no cumplimiento apuntan a factores externos a la empresa y/o al proyecto.
- Para futuras implementaciones del sistema El Último Planificador en cualquier tipo de proyecto de construcción, cada empresa participante debe diseñar un sistema de incentivos que promuevan la utilización de herramientas de mejoramientos de los procesos en la empresa. Una opción puede ser el incentivo económico a los Administradores y/o Residentes de obra, y a todo el personal involucrado en los proyectos.
- Cada día a nivel nacional e internacional aumentan los interesados en aprender de la nueva filosofía de Lean Construction, como herramienta para aumentar la productividad en sus empresas. Con los resultados obtenidos, se espera que cada día aumenten los profesionales y expertos en construcción

que implementen mejores métodos de planificación de proyectos y control de producción.

- La implementación de una metodología que permita el mejoramiento de la planificación y control en la industria de construcción, es necesaria para provocar una fuerte autocrítica acerca de sus métodos tradicionales de planificación de proyectos y la forma de controlarlos. Con esto se busca principalmente que todas las nuevas generaciones de profesionales y estudiantes de Ingeniería Civil, realicen mejores prácticas en su vida profesional y mantengan altos índices de productividad y eficiencia.

BIBLIOGRAFIA

Alarcón, L. (2002). Mejorando la productividad de proyectos con planificaciones más confiables, Revista BIT, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

Alarcón, L. (2003). Un sistema de control de producción para la construcción: El último planificador (versión para revisión preliminar). Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

Alarcón, Luís F. y Cruz, J. (1997). Diagnóstico, evaluación y mejoramiento del proceso de planificación de proyectos, Revista de ingeniería de construcción. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile. Chile.

Ballard, G. y Howell, G. (1999). The Last Planner: Improving Reliability in Planning and Work Flow. This workbook is used in The Last Planner workshop offered by the Lean Construction Institute, Lean Construction Institute, San Francisco, California, U.S.A.

Ballard, G. (2000). The last planner system of production control. A thesis submitted of the faculty of engineering of the University of Birmingham, for the degree of DOCTOR OF PHILOSOPHY. School of Civil Engineering, Faculty of engineering, The University of Birmingham.

Botero, L. (2002). Mejoramiento de la productividad en proyectos de vivienda, a través de la filosofía lean construction (Construcción sin pérdidas). Proyecto de investigación. Universidad EAFIT. Medellín, Colombia.

Botero, L. y Álvarez, M. (2003). Implementación de un programa de mejoramiento en gestión de la construcción. Proyecto de investigación. Universidad EAFIT. Medellín, Colombia.

Garzón, M. (2001). Políticas de productividad para compañías constructoras de vivienda de interés social. Tesis de Magíster en Ingeniería civil. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de los andes. Bogotá, Colombia.

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

Núñez, C. (2006). Creación de un Sistema de Referencia en Bogotá, Aplicando la Construcción sin Pérdidas. Tesis de Magíster en Ingeniería civil. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de los andes. Bogotá, Colombia.

Perdomo, A. (2003). Metodología para el mejoramiento de la productividad de vivienda de interés social. Tesis de Magíster en Ingeniería civil. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de los andes. Bogotá, Colombia.

Perdomo, R. (2004). Mejoramiento de gestión en la construcción mediante el sistema Ultimo Planificador. Tesis de Magíster en Ingeniería civil. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de los andes. Bogotá, Colombia.

Romero, J. (1999). Mejoramiento de la productividad a través de la construcción sin Pérdidas. Tesis de Magíster en Ingeniería civil. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de los andes. Bogotá, Colombia.

Serpell, A. Ventura, A. y Contreras, J. (1995). Characterization of waste in building construction projects. Presented on the 3^o workshop on lean construction. Albuquerque.

Serpell, A. y Alarcón, L.F. (2000). Planificación y Control de Proyectos, Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

Serpell, A. (2002). Administración de operaciones de construcción. México DF: Alfaomega grupo editor.