EVALUACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

[1]Sheylla Pinto de la Sota Navarro- Ingeniero Civil-MSc

[1]Pontificia Universidad Católica de Chile

e-mail: sapintod@uc.cl

RESUMEN

La adaptación e implementación de las técnicas basadas en el pensamiento Lean, inicialmente utilizadas en la industria de la manufactura, representan un desafío para la construcción.

El Diseño de un Sistema de Producción (DSP), es un elemento importante dentro de la gestión de la producción, debido a que establece una serie de pasos y análisis necesarios a desarrollar durante la etapa de planificación, para llevar a cabo con éxito la ejecución de un proyecto.

En la industria de la construcción se viene utilizando el Sistema Último Planificador (SUP) como un sistema de control de la producción a través de la creación de compromisos confiables en distintos niveles de la planificación, lo que finalmente no está siendo abordado en su totalidad, utilizando este sistema únicamente para la planificación operativa.

Se propone entonces realizar una evaluación real en terreno mediante el análisis del comportamiento natural de los involucrados, creando una metodología paso a paso a través de un caso de estudio para a partir de este, proponer un mejoramiento al diseño de sistemas de producción en proyectos de construcción.

Donde la adecuada utilización del SUP así como otras técnicas de mejoramiento de procesos, generen el ambiente para la creación de un plan de trabajo confiable desde el inicio del proyecto, con la finalidad de evitar que ocurran múltiples complicaciones por la falta de importancia que se le otorga al plan inicial, impidiendo que los problemas que no fueron identificados a tiempo ocurran y causen mayor incertidumbre así como variabilidad al proyecto, ocasionando pérdidas y trabajo que no agregan valor. Además de crear la instancia necesaria para mejorar el oportuno control de la producción como una medida proactiva y no reactiva como se ha venido haciendo hasta ahora.

Palabras Clave: Diseño de Sistema de Producción, Administración de la Producción, Ultimo Planificador, Control de la Producción, Planificación.

EVALUATION AND IMPROVEMENT OF PRODUCTION SYSTEM DESIGN IN CONSTRUCTION PROJECTS

ABSTRACT

The adaptation and implementation techniques based on Lean thinking, initially used in the manufacturing industry, represent a challenge for construction.

The Design of a Production System (DSP) is an important element in the management of production, because it establishes a set of decisions and analysis needed to develop during the planning stage, to successfully carry out the execution of a project.
In the construction industry has been using the Last Planner (SUP) as a system of production control through the creation of credible commitments at various levels of planning, which ultimately is not being addressed fully, using this system only for operational planning.

This paper includes a diagnosis in field, through the analysis of the natural behavior of those involved, creating a methodology through a case study for starting this, establish an improvement to production system design projects construction. In this way, the proposal seeks to promote the proper use of the Last Planner and other process improvement techniques, which generate the environment for the creation of a reliable workplan since the start of the Project by reducing the improvisation, in order to prevent the occurrence of multiple complications from the lack of importance is given to the initial plan, preventing the problems that were not identified in time to happen and cause greater uncertainty and variability to the project, causing wastes and not adding value activities.

Key Words: Production System Design, Production Management, Last Planner, Production Control, Planning.

1. INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción, está enfrentando un gran desafío que no solo trasciende en el presente sino también el futuro. Esto producto principalmente de la alta competitividad del mercado, por lo que las constructoras deben responder eficientemente mejorando su desempeño y productividad eliminando las pérdidas y aumentando el valor de sus entregables.

Es por ello la necesidad de comprender e implementar un Sistema de Producción acorde con las necesidades de la industria de la construcción, cambiando la manera tradicional de gestionar los proyectos para aumentar la confiabilidad en los programas de trabajo y así alcanzar el cumplimiento de los plazos con el presupuesto requerido, la seguridad y la calidad solicitada.
En este entorno, el mejoramiento del desempeño en los proyectos de construcción ha sido estudiado y planteado en varias investigaciones alrededor del mundo. (Ballard 1999; Koskela 1992; Tso 2005; Howell 1999; Tommelein 1998; Formoso et al, 2002; Alarcón, 1997; Bertelsen, et al. 2002)

La industria de la Construcción, es distinta a otras industrias y es por ello que la filosofía Lean Construction apunta a mejorar la gestión de los proyectos, con un enfoque basado en los flujos y la generación de valor a diferencia del modelo tradicional que centra sus recursos en la transformación (Ballard, 2005).

Muchas empresas, han implementado en sus proyectos el Último Planificador filosofía de trabajo basada en el pensamiento Lean, sin embargo no están aplicándolo eficientemente ya que la vorágine de contratación en la construcción y una constante resistencia al cambio no da lugar a que esto se implemente en todos los niveles: Maestro, Intermedio, Operacional utilizándose habitualmente para el control operativo es decir en la planificación semanal, con un control poco riguroso (Pinto de la Sota, 2010).

Conociendo entonces la importancia de una adecuada planificación temprana de la gestión de la producción y la poca disponibilidad de referencias y antecedentes respecto a los Sistemas de Producción en la construcción, se realizó este estudio e investigación en la industria de la construcción Chilena, donde se identificaron los aspectos más relevantes de un Sistema de Producción y se diseñó una metodología de mejoramiento la cual fue validada en un caso real y cuyos resultados satisfactorios se presentan a continuación.

Cabe destacar que la presente investigación se centró, en la propuesta desarrollada por Ballard (2001), Scharmm(2004) así como Nakagawa y Shimizu (2004) mediante la evaluación de los sistemas de producción en proyectos chilenos y el planteamiento del mejoramiento de los mismos, de acuerdo a una realidad nacional.

2. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

La industria de la construcción consume una gran cantidad de recursos, los cuales si no son bien utilizados podrían generar pérdidas como tiempos no productivos, no conformidades, rectificación de trabajos realizados, flujos de trabajo discontinuos, deficiente instalación de faena ó temporal facilities, problemas que se saben y se deben combatir ya que numerosas razones contribuyen al mal desempeño de los proyectos.

La gestión de las actividades de transformación, no asegura la utilización de recursos apropiados ni que los requisitos de los clientes internos, sean alcanzados para completar las tareas, por lo

que la gestión de la producción convencional en la construcción se vuelve ineficiente e ineficaz (Whelton, et al 2002).

Los Sistemas de Producción de acuerdo con Koskela (2000), son diseñados para alcanzar tres objetivos fundamentales: Entregar el producto, maximizar el valor y reducir las pérdidas, teniendo como base los principios de: Estructurar el trabajo para generar valor, comprender, criticar y ampliar los objetivos de los clientes e incrementar el sistema de control, para alcanzar dichos objetivos (Ballard et al. 2001).

Cabe señalar, que el diseño de los sistemas de Producción en la construcción es una actividad virtualmente invisible y tomada por hecha, aún cuando no existe la formalidad de proyectar en eficientemente dicho proceso de transformación.

Muchos sistemas de producción, incorporan la variabilidad como parte habitual de la construcción, planificando actividades con la referencia de la intuición, dejando de lado una planificación de tareas de acuerdo a la estructuración del trabajo, alejándose de los sistemas de control para la corrección oportuna del proceso.

Según Vrijhoef y Koskela (2005), la construcción posee tres peculiaridades importantes las cuales están relacionadas con el lugar de la producción ubicado sobre un sitio y depende de factores físicos como el suelo y las condiciones meteorológicas; el tipo de producción, ningún proyecto es igual a otro ya que cada proceso constructivo es distinto, la ubicación cambia, la situación económica el ambiente y finalmente una organización temporal como consecuencia de la producción en sitio y del tipo único de producción ya que la construcción es gestionada en organizaciones temporales, contratando personal por proyectos para la optimización financiera. Formándose equipos de trabajo distintos cada vez, lo que hace que funcionen con menor eficiencia y eficacia que las organizaciones estables bien constituidas.

Acerca del control de la producción, la adecuada utilización del último Planificador es una importante mejora a los sistemas de producción, ya que al monitorear las causas de no cumplimiento se toman medidas preventivas y correctivas, combatiendo la variabilidad y contribuyendo a la confiabilidad del flujo de trabajo. Igualmente al considerar distintos niveles de planificación se busca que el flujo de trabajo sea continuo, favoreciendo a una mejor gestión de la producción.

Imtiaz y Razak (2007), sostiene que al igual que en la industria de la manufactura para una adecuada gestión de la producción en la construcción, es necesario diseñar un Sistema de Producción para lo cual se debe tener una planificación agregada que es traducida como el desarrollo de un plan maestro el cual deberá desagregarse para incorporarle los recursos necesarios y de esa forma controlar la producción.
Las decisiones que se deben tomar en cuenta para un adecuado Sistema de Producción deben ser identificadas temprana y formalmente considerando un Programa Maestro que contenga un diseño del de Flujo de Producción de Recursos.

3. DIAGNÓSTICO LOCAL Y RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

La metodología desarrollada para obtener el diagnóstico local, estuvo conformada por 4 variables y 20 criterios de evaluación, con la finalidad de encontrar sus principales deficiencias y oportunidades de mejora, para lo cual se evalúo la evidencia objetiva obtenida y se complementó con entrevistas, cuestionarios, empleando para la medición de percepción la escala de Likert.

Esta metodología contiene el análisis de los aspectos necesarios para establecer una línea base para el mejoramiento de los sistemas de producción.

Tabla 1: Metodología de diagnóstico

VARIABLES	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
1 Identificación de Oportunidades de mejoramiento	1 Plan de Ataque 2 Materiales y equipos 3 Mano de Obra 4 Organización del Proyecto 5 Flujo de trabajo 6 Planificación de tareas 7 Control del proyecto
2 Indicadores de Control Desempeño	8 Porcentaje de cumplimiento de actividades PAC 9 Desviación Final del Programa 10 Productividad 11 Reprogramación del Proyecto 12 Control de avance y cumplimiento
3 Percepción del diseño de Sistema de Producción	13 Desarrollo del Sistema de Producción 14 Involucramiento Real e Ideal percibido durante el Diseño de Sistema de Producción 15 Caracterización de las reuniones de Planificación y coordinación 16 Formalidad de las actividades que comprenden los Sistemas de Producción
4 Problemas detectados para la realización de DSP	16 Tiempo 17 Definición de estrategia de ejecución 18 Interés y Motivación 19 Coordinación 20 Uso de herramientas de planificación

Esta metodología desarrollada fue aplicada a dos proyectos en empresas constructoras chilenas relacionadas, cuyos rubros estaban enmarcados en la construcción de casas residenciales y edificación, se eligieron estas empresas debido a que tenían configuraciones y filosofías de trabajo distintas, es decir una empresa con trayectoria en la utilización del Sistema Último Planificador en sus proyectos de construcción y otra donde los conocimientos Lean Construction estaban siendo implementados para mejorar el proceso existente, la evaluación fue realizada en un periodo de 8 meses donde se pudo conocer en detalle la ejecución y diseño de sus respetivos Sistemas de Producción.

Se utilizaron todas las herramientas desarrollas como fuentes de evidencia para el diagnóstico, además se realizó un diagrama de flujo inicial para entender la secuencia de toma de decisiones y análisis de los proyectos estudiados.

3.1 Análisis Variable 1: Identificación de Oportunidades de Mejoramiento

Los proyectos estudiados presentaron un bajo nivel de planificación y control en terreno, ya que se pudo observar la poca importancia que se le dio al proceso de planificación inicial y análisis de mano de obra, materiales y equipos estableciendo dentro de la organización del proyecto un pensamiento errado el cual consistía en ejecutar las tareas sin algún análisis previo que involucre a todo el equipo del proyecto. Además la planificación era vista como un cronograma de actividades inicial el cual había sido realizado por una persona sin experiencia alguna en la etapa de licitación del proyecto, este programa de trabajo no tenía credibilidad ni lógica, y solo cumplía con mostrar las fechas de inicio y fin, ya que la secuencia establecida en el programa no reflejaba la realidad ya que no fueron consultados los responsables de la dirección del proyecto, no considerándose además los rendimientos históricos de las empresa los cuales ya tenían experiencia en la realización de ese tipo de proyectos. Adicionalmente al iniciar la obra, el equipo encargado utilizó la planificación maestra entregada por la Oficina Central y la utilizó como guía de referencia para la elaboración de los planes a corto plazo, introduciendo muchos errores en la ejecución del proyecto, ya que este programa no había sido analizado para generar un flujo de trabajo constante y no se realizaba una planificación intermedia ni tampoco se realizaba el esfuerzo por planificar a un nivel más detallado el proyecto en forma anticipada y la planificación de trabajo semanal se realizaba de manera informal sin mayor rigurosidad en el cumplimiento de las actividades que este sistema demanda además de no gestionar las restricciones que podrían aparecer afectando el flujo de trabajo continuo.

La variabilidad de utilización de la mano de obra presentada en estos proyectos, fue alta, entre 20% y 30% entre cada semana. Cabe señalar que la comunicación al interior del proyecto no era fluida y tampoco lo era con la oficina central lo que generó una mala relación laboral. Adicionalmente no estaban establecidas en forma clara las funciones del personal en ambos proyectos no existió una oficina técnica.

3.2 Análisis Variable 2: Indicadores De Control

El control de estos proyectos era realizado de manera informal, no se midieron avances diarios, ni tampoco se realizó un análisis de cumplimientos por hitos ya que se dirigía la obra como un todo no dividiéndose en fases, además no se verificaba en terreno los niveles de productividad. Por otro lado no se analizaban las causas de no cumplimiento como una oportunidad de mejoramiento. La falta de cumplimiento del programa establecido también fue producto de que los rendimientos empleados fueron poco realistas.

Tabla 2: Indicadores de Control revisados

Casos de Estudio	Desviación Final del Programa Inicial	PAC	Plazo Contractual	Variabilidad Utilización Mano de Obra entre semana	Re-Programación del Proyecto	Control de Avance y cumplimiento
Caso A	7 meses	90%	15 meses	Alta	4 veces	Mensual
Caso B	6 meses	46%	14 meses	Media	3 veces	Mensual

3.3 Análisis Variable 3: Percepción Del Diseño De Sistema De Producción

De los resultados obtenidos, se pudo verificar que las personas entrevistadas consideran en su mayoría, que el diseño de un Sistema de Producción es un proceso informal 71,5%, ya que no se sienten parte de él y no existe mayor rigurosidad de evaluación y análisis.

Se pudo diagnosticar que entre todos los participantes el que reconoce menor involucramiento es el Coordinador del Proyecto, quien trabaja directamente para la Oficina Central y quien coordina de manera anticipada la licitación de los proyectos, razón por la cual este profesional es quien define muchos de los aspectos estratégicos y tiene mucha incidencia en la toma de decisiones durante el diseño de Sistema de Producción antes de la ejecución, por lo que debiera estar más comprometido con el proyecto para un mejor desempeño del mismo.

Existe también, una situación particular en los resultados, ya que en el área de planificación el Administrador de Obra tiene un grado de involucramiento medio y el Jefe de Obra (11%) muy bajo, por lo que se puede concluir que las actividades de trabajo no fueron programadas en equipo.

Así mismo, los subcontratos tuvieron un involucramiento muy bajo (13%) y esto se debió a la rotación existente en el proyecto y a la inconsistencia de órdenes entregadas por lo que cuando los subcontratos se preocupaban de mantener al personal operativo, se cambiaba la orden del día y se perdía el trabajo coordinado previamente.

Las reuniones realizadas, por el proyecto eran de planificación y coordinación y se traducían en una semanal, la cual era exigida por la oficina central. No existieron reuniones antes de la ejecución del proyecto, y las realizadas carecían de rigurosidad, dejando de lado la oportunidad de pensar en conjunto soluciones creativas y técnicas.

Finalmente se puede apreciar, que todos los elementos considerados dentro de un Sistema de Producción, son realizados de manera informal no realizándose un trabajo coordinado y ordenado al respecto, lo que repercute en el desorden e incumplimiento de plazos observado.

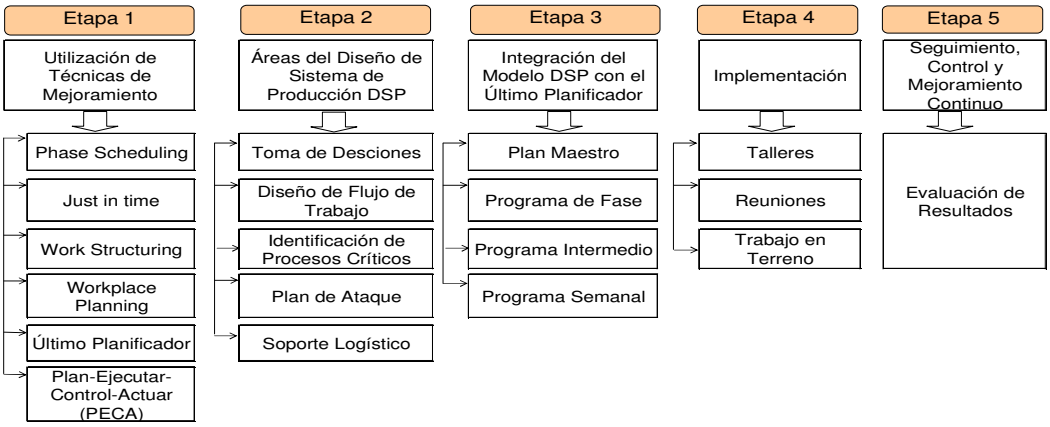
3.4 Análisis Variable 4: Percepción Del Diseño De Sistema De Producción

De los principales problemas encontrados el que tuvo mayor incidencia fue: Definición y configuración del equipo de trabajo: Debido a que los profesionales de terreno, no tenían establecidas o definidas sus funciones no existía mayor claridad acerca de las responsabilidades y alcance de trabajo de cada uno de ellos, por lo para ellos el tiempo de trabajo debía destinarse únicamente a permanecer en terreno, por lo que analizar el proyecto de manera formal antes de la ejecución, era considerado por ellos como una pérdida de tiempo, a esto se sumaba la inexistencia de un ingeniero planificador o una oficina técnica encargada de realizar en forma conjunta con los trabajadores los planes de trabajo y realizar el respectivo seguimiento.

4. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

Como ya está definida la situación actual referente a los Sistemas de Producción en los proyectos de construcción podemos decir que todos estos antecedentes significan una plataforma para desarrollar un adecuado Diseño de Sistema de Producción.De manera que se resuelvan las deficiencias y la informalidad encontradas en la ejecución habitual de los Sistemas de Producción y de esta forma contribuir al mejor desempeño de los proyectos maximizando el valor y minimizando las pérdidas.

Figura 1: Metodología de Mejoramiento DSP



3.1 Etapa 1: Utilización de Técnicas de Mejoramiento de Sistemas

3.1.1 Phase Scheduling o Programación de Fases : Creada bajo la concepción pull, brinda un método para generar un programa de trabajo más confiable evitando pérdidas (Ballard, 2000)
3.1.2 Work Structuring : El desarrollo de la operación y diseño del proceso, alineado con la cadena de suministro, para lograr un flujo de trabajo continuo (Ballard, G. 1999a).
3.1.3 Work Place Planning: Ubica los recursos en relación al entorno de trabajo, sus usuarios y la estrategia organizacional (Pennamen y Ballard,2004)
3.1.4 Just in Time: Jala la Producción para un flujo de trabajo continuo. Materiales en cantidad y tiempo requerido (Monden,1996).
3.1.5 Ciclo Mejoramiento Continuo: Promueve el mejoramiento continuo (Deming, 1989)
Last Planner: Divide la producción en niveles, para controlar la variabilidad (Ballard, 2000).

3.2 Etapa 2: Modelo de Diseño de Sistema de producción

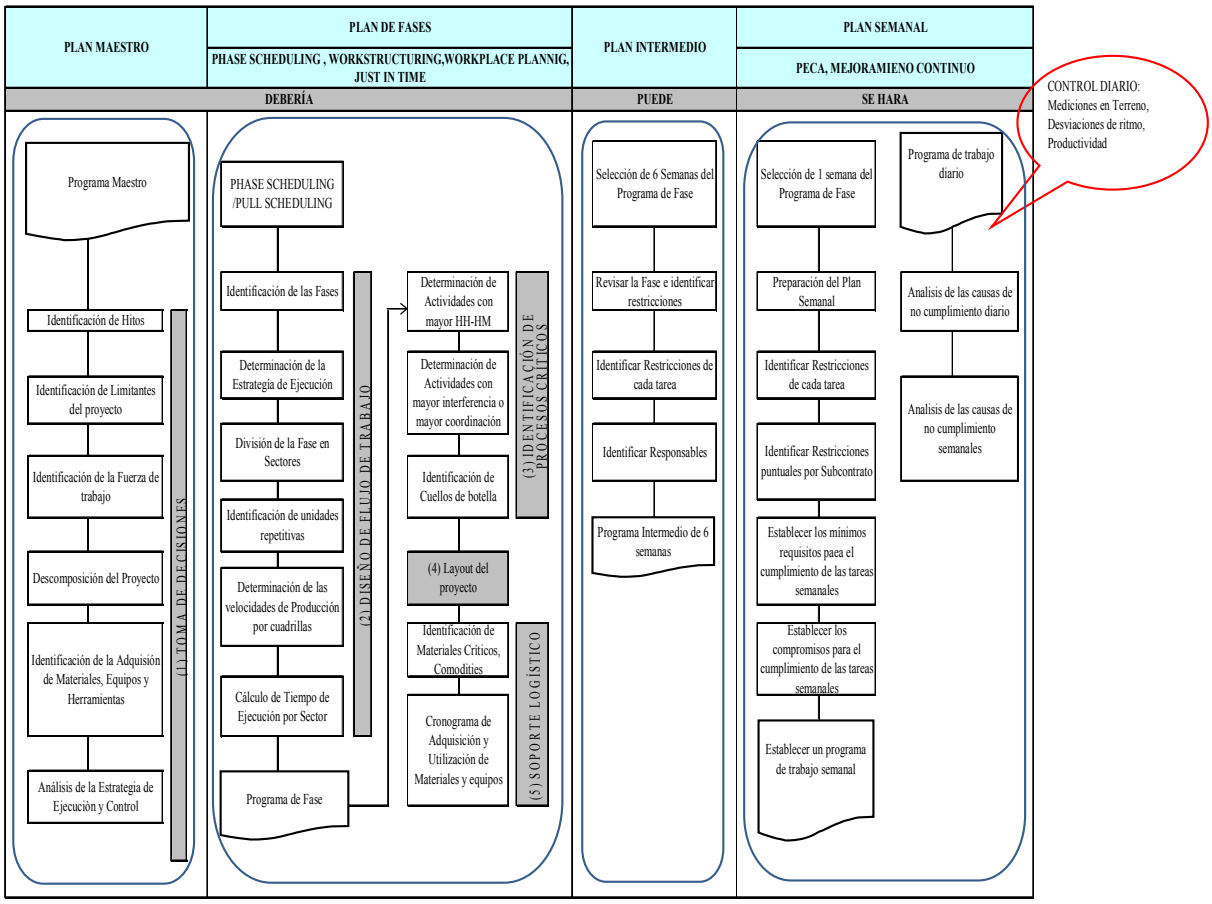
Es la formación del paquete formal de trabajo para el flujo continuo:

Figura 2: Modelo DSP

3.3 Etapa 3: Integración del Modelo DSP con el Último Planificador

Con esta integración el DSP, se apoya en el Último Planificador para el control de las actividades planeadas en terreno, estudiando las causas de no cumplimiento para revertirlas a tiempo, así como crea una instancia para mejorar la planificación maestra e intermedia la cual de acuerdo a nuestra evaluación y revisión bibliográfica no está siendo eficientemente abordada (Ballard y Howell, 2003). Adicionalmente, se propone diseñar un plan de trabajo incorporando en todas las etapas del Último Planificador, técnicas de mejoramiento de procesos como: Plan de Fases, Work Structuring, Just in time, Work Structuring y PECA con la finalidad de mejorar el DSP.

Figura 3: Integración DSP con Último Planificador

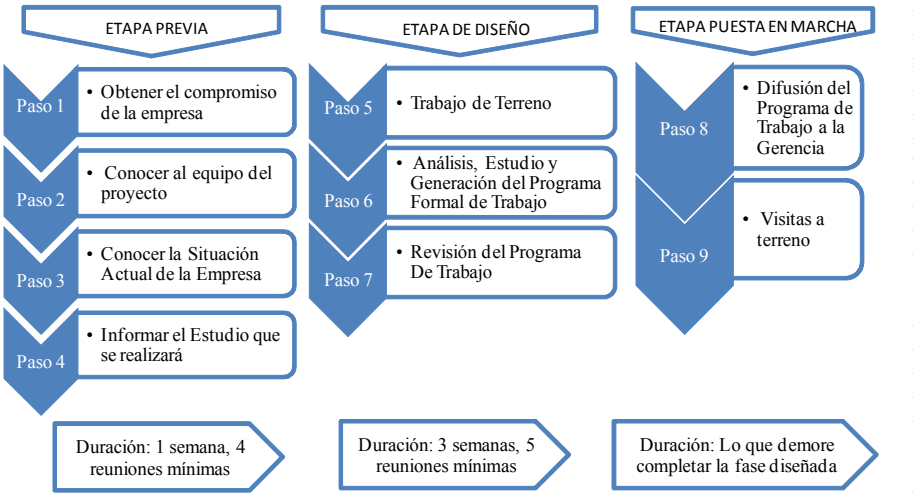


3.4 Paso 4 : Implementación

En esta etapa, se debe llevar a cabo la propuesta de mejoramiento, generando las instancias y mecanismos necesarios para la realización. Además, se sabe que la implementación de mejoramientos al interior de la organización es en el mundo actual un proceso inevitable, que si bien genera beneficios y ventajas competitivas a las empresas, también las somete a fuertes conflictos y grandes encrucijadas (Alarcón y Seguel, 2002).

Para la implementación de un diseño de Sistema de Producción, se debe realizar un adecuado y arduo trabajo en equipo antes del inicio de los trabajos de ejecución así como Liderazgo para la toma de decisiones.

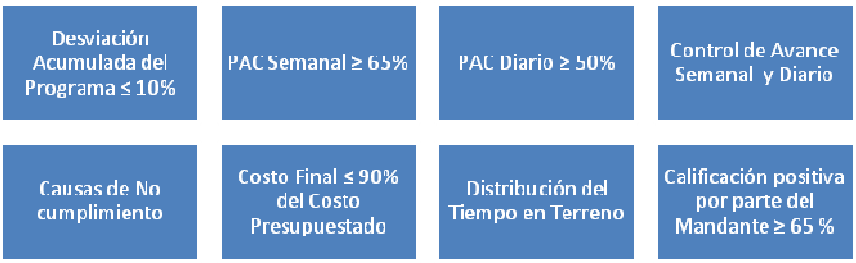
Figura 4: Implementación del DSP



3.5 Etapa 5 : Seguimiento, Control y Mejoramiento Continuo

Todo proceso hoy en día debe asegurar un estándar de administración que garantice la efectividad, este ciclo comienza con la preparación previa del proceso de planificación y la búsqueda de los inputs necesarios para ejecutar el trabajo, la verificación de la realización en terreno comprende el controlar identificando cualquier desviación o alteración en lo planificado con la finalidad de actuar para corregir y/o mejorar la ejecución de los trabajos.
La puesta en marcha del Sistema de Producción, requiere como parte del control las verificaciones en terreno en forma diaria, semanal y mensual para mejorar y/o verificar el tiempo y los recursos empleados y completar las actividades establecidas. Como todo análisis se realiza en equipo, será necesario que durante las reuniones se evalúen diversas soluciones posibles a las desviaciones encontradas, para luego decidir las más adecuadas y factibles de realizar.
La metodología propuesta termina cuando los objetivos iniciales fueron cumplidos sin embargo, se debe pensar en el mejoramiento continuo como parte del proceso de diseño de Sistema de Producción. Los KPIs considerados son:

Figura 5: Indicadores de Desempeño Propuestos para el control de DSP



5. CASO REAL DE ESTUDIO

El proyecto estudiado fue la construcción del casino de un colegio en su primera etapa siendo una edificación de un solo nivel, con una superficie de 1970 m2.

La obra gruesa estaba conformada en su mayoría por una estructura de hormigón armado conformado por una base de pilares, losa de fundación y losa superior. El plazo de ejecución era de seis (6) meses y el presupuesto de 49.579 UF.

5.1 Acciones Realizadas

Se estudiaron el plazo de ejecución, la calidad establecida por el mandante, las condiciones geográficas, la seguridad, los accesos y las condiciones de terreno de esta manera se estableció que las situaciones menos favorables serían el poco espacio existente para el acopio de materiales, así como el difícil acceso a la obra, ya que esta estaba situada en una zona lejana para los trabajadores, por lo que implementó la requisición de los materiales con antelación para evitar mayor almacenamiento. Se analizaron las ventajas de la subcontratación de tareas y se definió la necesidad de recursos como personal de faena y subcontratos los cuales serían contratados por obra y como política de la empresa a "tratos".

Se efectuó una descomposición del proyecto en Hitos, y se acordó que el control de la producción sería diario y semanal. Se iniciaron los trabajos de instalación de faena de acuerdo a las decisiones estratégicas abordadas inicialmente, haciéndose los cálculos necesarios para determinar la dotación de servicios higiénicos, áreas de comedores y vestidores.

Además las reuniones de planificación se realizaron de acuerdo al lineamiento Lean aplicando la rigurosidad necesaria así como todos los niveles de planificación. Se analizaron las posibles estrategias de ejecución considerando los procesos constructivos determinados en las EETT, se trató de entender la secuencia establecida en el plan inicial entregado por Oficina Central, en donde todos los integrantes del equipo aportaron con ideas incorporando actividades que no estaban consideradas así como eliminado otras, se pudo observar la manera en que los integrantes del equipo se cuestionaban la secuencia y la manera de realizar trabajos en paralelo para cumplir los plazos, esta revisión sirvió de base ya que finalmente se llegó a la conclusión de realizar otra carta Gantt, con los rendimientos reales de acuerdo a la experiencia previa y la nueva secuencia de trabajo.

Tabla 3: Actividades del Último Planificador

Actividades del Sistema Last Planner	¿Se Efectúo?		Rigurosidad		
	Si	No	Buena	Regular	Deficiente
Puntualidad comienzo de la reunión	x			x	
Asistencia de agentes claves a reunión	x		x		
Revisión de compromisos anteriores	x		x		
Detección de causas de no cumplimiento	x		x		
Planificación de corto plazo	x		x		
Compromiso de los planificadores	x		x		
Identificación de restricciones	x		x		
Gestión de restricciones	x			x	
Plan intermedio	x		x		
Medidas de mejoramiento periódicas	x		x		
Publicación de indicadores y resultados	x		x		
Plan Maestro	x		x		
Planeación de Recursos	x		x		

Se estableció una estrategia de ejecución más factible de acuerdo al tipo de fundación existente, con respecto a las maquinarias estas serían patrimonio de la empresa constructora y demandaría una programación precisa, ya que la empresa se encontraba ejecutando otras obras en distintos sectores de la ciudad.

Fue establecida una secuencia de trabajo donde el jefe de obra tuvo mucha injerencia debido a su experiencia en terreno. Posteriormente una vez realizada la descomposición del proyecto se determinó ejecutar el Phase Scheduling o técnica de tiro en donde se planteó darle tiempo a las actividades elegidas dentro del hito 1, para lo cual planificamos las actividades de atrás hacia delante considerando condiciones ideales.

Se comparó la duración de la fase con la duración de la malla de actividades por lo que se decidió agregar a ciertas actividades mayor holgura, asimismo se estimó un porcentaje de buffer equivalente al 10% del plazo del proyecto.

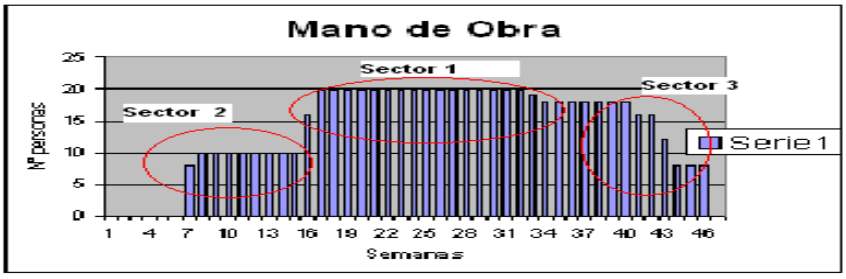
Se identificaron las zonas de trabajo y se realizaron las cubicaciones por sector, determinándose los volúmenes respectivos en forma independiente asignándole a las actividades de cada zona ritmos y velocidades de producción de acuerdo a las respectivas cuadrillas de trabajo.

Se calcularon los tiempos de ejecución de los sectores establecidos, notándose que algunas de las actividades fueron planteadas para una ejecución en forma paralela, por lo que se formaron cuadrillas especificas las cuales adquirirán mayor experiencia en la ejecución de una determinada tarea facilitando el cumplimiento de los rendimientos establecidos.

El programa de trabajo fue analizado por actividades y sectores, graficándose la secuencia de trabajo de los tres sectores en forma independiente y también de las actividades repetitivas para analizar la continuidad del flujo de trabajo.

Además se realizó una nivelación de recursos con el objetivo de garantizar un cierto número conservador de trabajadores por día, ya que como se indicó anteriormente en este proyecto existía una limitada contratación de mano de obra debido a la ubicación en la que se encontraba la obra.

Figura 6: Baja variabilidad de Recursos por sector



Se identificaron además los procesos críticos cuyos procedimientos demandaban mayor coordinación. Cabe señalar que fue en esta etapa donde se planificaron las listas de chequeo que se emplearían para el control de los procesos.

Así mismo una vez realizado el análisis anterior salió como resultado una visión detallada de la ejecución de actividades paralelas y aisladas lo cual se representó en un diagrama, adicionalmente se analizó la posible ubicación de la grúa por lo que se determinó ubicarla en la parte central de emplazamiento del proyecto es decir en el sector N ° 2. Se definieron además las zonas de riesgo con el apoyo del profesional encargado, determinándose zonas de tránsito seguro publicándolas para mayor información.

En función de la información analizada en los pasos anteriores, se procedió a identificar los materiales críticos como fierro y comodities como el cemento entre otros cuantificándolos para el requerimiento, además registrando la cantidad de horas maquina (H-M) de los equipos y maquinarias que se utilizaría a lo largo de la fase.

Se estableció también que la habilitación de enfierradura sería una de las actividades críticas por lo que considerando la producción necesaria y el ritmo de trabajo establecido se acordó que este material debía ingresar a la obra cada 4 días, para asegurar el cumplimiento de las actividades involucradas, dicha situación fue comunicada al departamento de adquisiciones de oficina central.

Se elaboró la programación de materiales y maquinarias en función del requerimiento, criticidad y preservación, llegando a obra el material que realmente se necesitaba es decir, se exigió a los proveedores entregas frecuentes y en las cantidades programadas. Logrando una mejora en la coordinación entre los despachos y las necesidades reales del proyecto.

Terminando de realizar estas actividades se procedió a documentar las decisiones y generar un nuevo programa de trabajo conocido y aprobado por el equipo. Para lo cual se desarrolló una presentación bastante extensa para lograr la comprensión y comunicar en forma eficiente el trabajo desarrollado inicialmente. La difusión de este plan fue una decisión estratégica, ya que generó mayor transparencia y compromiso de los involucrados.

Figura 7: Programa de Trabajo por ritmos de producción

PLANIFICACION OBRA GRUESA

ACTIVIDAD	Cubicación	Vel. diaria promedio		Promedio compon. x cuadrilla	N° de cuadrillas estimadas	Duración (días)	Avance Diario promedio		SECTOR 2
COMP.SELLO	886	300,0	M2/día	1,0	1	3	300	M2/día	
EXC. DRENES	42	15,0	M3/día	1,0	1	3	15	M3/día	
TAPADO DREN	42	4,0	M3/día	4,0	1	3	16	M3/día	
EXC. INST.	14	1,5	M3/día	3,3	1	3	5	M3/día	
INST. SANIT.	25	15,0	ML/día	1,0	1	2	15	ML/día	
CAMARAS ALC.	1	1,0	UN/día	1,0	1	1	1	UN/día	
TAPADO INST.	14	3,5	M3/día	2,0	1	2	7	M3/día	
EXC.D.F y V.F.	58	1,5	M3/día	5,0	1	8	7,5	M3/día	
EMP.Base D.F y V.F.	29	7,0	M3/día	0,6	1	6	4,5	M3/día	
Mº D.F. y V.F.									
EMP.D.F y V.F.	29	7,0	M3/día	0,5	1	8	3,5	M3/día	
RIPIO.L.F	87	5,0	M3/día	3,0	1	6	15	M3/día	
MDF	4.735	300,0	KG/día	4,0	1	4	1200	KG/día	
M.PI	11.524	1440,6	KG/día	2,0	1	4	2881,1	KG/día	
V.F.	12.075	250,0	KG/día	8,0	1	6	2000	KG/día	
M.L	13.243	300,0	KG/día	7,3	1	6	2200	KG/día	
Hº LF	Sector 2								
Mº PI	144	25,0	M2/día	2,0	1	3	50	M2/día	
Hº PI	28,8								
DESC PI	144	25,0	M2/día	2,0	1	3	50	M2/día	
Mº F.VI	325	26,0	ML/día	2,4	1	5	62,4	ML/día	
Eº VI	9.445	250,0	KG/día	4,8	1	8	1187,5	KG/día	
Mº LOSA	883	30,0	M2/día	4,3	1	7	128,57	M2/día	
Eº LOSA	15873	300,0	KG/día	7,4	1	7	2228,6	KG/día	
Hº LOSA	Sector 2			6,0	1	1	1	0	

	SEMANA 1					SEMANA 2				SEMANA 3					SEMANA 4		
	L	M	X	J	V	L	X	J	V	L	M	X	J	V	L	M	X
	23-abr	24-abr	25-abr	26-abr	27-abr	30-abr	02-may	03-may	04-may	07-may	08-may	09-may	10-may	11-may	14-may	15-may	16-may
	día 1	día 2	día 3	día 4	día 5	día 6	día 7	día 8	día 9	día 10	día 11	día 12	día 13	día 14	día 15	día 16	día 17
COMP.SELLO	1	1	1														
EXC. DRENES				1	1	1											
TAPADO DREN						4	4	4									
EXC. INST.				4	4	2											
INST. SANIT.						1	1										
CAMARAS ALC.						1											
TAPADO INST.							2	2									
EXC.D.F y V.F.				5	5	5	5	5	5	5	5						
EMP.Base D.F y V.F.						1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5					
Mº D.F. y V.F.							1	1	1	1	1	1	1				
EMP.D.F y V.F.								0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5			
RIPIO.L.F										3	3	3	3	3	3		
MDF														4	4	4	4
M.PI															2	2	2
V.F.																10	8
M.L																	6

5.2 Impactos En La Planificación de la Producción y en el Proceso De Control

Del análisis realizado a la implementación de este modelo de Diseño de Sistema de Producción, se puede concretar que en la planificación de las actividades críticas los rendimientos planificados fueron superados por la ejecución real, lo que trajo como consecuencia reducir la mano de obra y aumentar la producción diaria. El aporte de las técnicas de mejoramiento contribuyo a que el diseño de flujo sea continuo creando una metodología de trabajo ordenada y participativa.

Tabla 4: Actividades del Último Planificador

Técnicas de Mejoramiento	Aporte al Sistema de producción Aplicación en Caso de Estudio	Diagnóstico							
		Aporte Caso de Estudio							
		Toma de decisiones	Diseño de Flujo de Trabajo	Procesos Críticos	Plan de Ataque	Soporte Logístico	Organización del Proyecto	Planificación	Control del Proyecto
Phase Scheduling	Mejoró el nivel de planificación yTrabajo en equipo	x	x			x	x	x	x
Work Structuring	Disminuir actividades que no agreguen valor.	x	x	x	x	x		x	x
	Crear flujo de trabajo confiable y rápido.								
Just in time	Adecuada coordinación entre el proyecto y adquisiciones.	x	x	x		x	x	x	x
Workplace planning	Reubicación de espacios temporales		x	x	x				
PECA	Búsqueda constante de algún mejoramiento al proceso.	x					x	x	x
Last Planner	Mejorar la confiabilidad de los plazos y costos	x	x	x		x	x	x	x

Durante las primeras semanas de trabajo existieron algunas actividades que retrasaron el cumplimiento total del programa, pero estas actividades no fueron responsabilidad de la empresa, ya que se debe destacar que no hubo retrasos por falta o demora de materiales o equipos, sin embargo fue la falta de mano de obra tanto por parte de los subcontratos como de la empresa lo que no permitió el avance esperado, ya que aún cuando se tomaron medidas al respecto, la mayoría de días fue muy difícil la contratación de la mano de obra, así mismo el factor climático jugó un rol importante debido a las lluvias que impidieron y bajaron la productividad diaria, de todos modos la utilización del tiempo durante la etapa de Obra gruesa demostró que la planificación detallada produjo que el porcentaje de las actividades que agregan valor fuera del orden del 70%.

Además se creó la instancia para realizar el control de la producción en forma diaria, y proponer en forma efectiva medidas de mejoramiento y ajustes al programa elaborado.

Es importante mencionar el aporte que generó la utilización de listas de chequeo o protocolos de trabajo, ya que esto permitió garantizar el cumplimiento de los trabajos por parte de los subcontratos así mismo de esta manera se verificaban las condiciones de entrega y pre-requisito con lo cual se aseguraba cumplir la calidad que el cliente demandaba.

Además durante la ejecución del proyecto se pudo realizar las tareas correspondientes al Último Planificador debido a que se generó un plan maestro el cual tuvo trazabilidad y presencia lo que facilitó la ejecución de un plan intermedio y la introducción de la gestión de restricciones, de manera que la planificación de la producción fue representada en terreno, como la ejecución de las decisiones establecidas y desarrolladas en el DSP.

El programa no fue cumplido de acuerdo a los plazos establecidos en el plan de trabajo producto del DSP, sin embargo se cumplió de acuerdo al plazo contractual. El porcentaje promedio de PAC diario de la fase de Obra gruesa fue de 67% y el PAC diario de 60% esta fase se concluyó en 87 días y estaba planificado en 67 días siendo el plazo contractual de 90 días

Figura 8: Programa de Trabajo por ritmos de producción

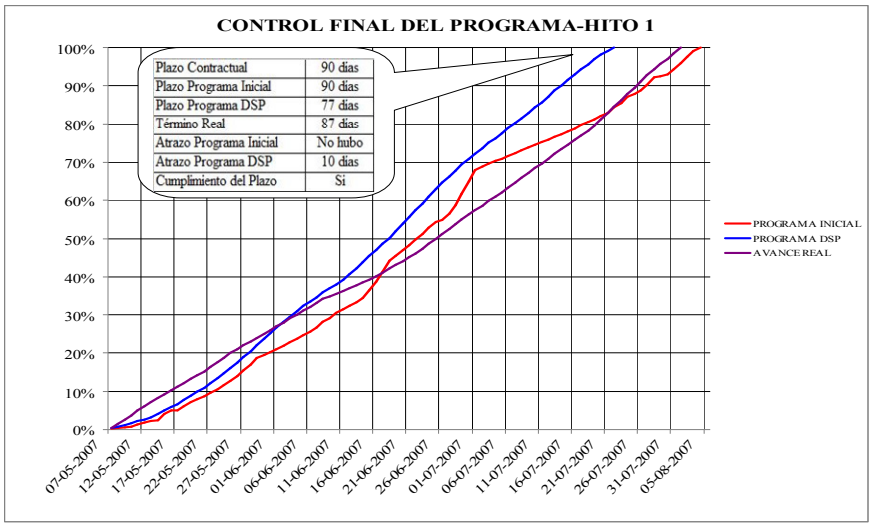


Tabla 5: Visión Inicial Del Diseño De Sistema De Producción

Visión Inicial del Diseño de Sistema de Producción habitual por la empresa	Diseño de Sistema de Producción Final
Carta Gantt de Propuesta = Plan Maestro	Carta Gantt de Propuesta = Input para el DSP
Profesionales incrédulos	Profesionales convencidos y comprometidos
Uso Limitado del último Planificador	Uso de todos los niveles del último Planificador
Enfasis en la producción	Enfasis en la capacidad de producción requerida para cumplir los plazos
Poco análisis de la Información entregada por Oficina Central	Información estudiada para la generación del DSP
Programa de Proyecto desarrollado en forma independiente	Programa de Proyecto desarrollado por el equipo de trabajo
Programa creado en base a la intuición	Programa creado en base al análisis
Control semanal	Control semanal
Inexistencia del control diario	Riguroso control diario
Inexistente preocupación por el control de utilización de la mano de obra	Preocupación por el control de utilización de la mano de obra
Análisis de los recursos necesarios semanalmente	Análisis de los recursos necesarios en la planificación intermedia
Solicitud de recursos sin mayor antelación	Solicitud de recursos a tiempo en función del avance presentado
Inexistente documentación de las decisiones generadas	Mayor transparencia con la documentación de las decisiones generadas

6. CONCLUSIONES

- La utilización de este modelo de DSP, contribuyó a visualizar algunos problemas potenciales y prevenir sus posibles consecuencias, ya que se analizó la continuidad del flujo de trabajo.
- Se pudieron identificar los objetivos reales del proyecto generando un impacto positivo ya que todo el equipo trabajaba con una meta en común.
- Las técnicas de mejoramiento empleadas contribuyeron a que el DSP se integre al Sistema último Planificador potenciando el uso de todos los elementos propuestos.
- La implementación de este modelo de DSP contribuyó a reducir la improvisación existente en el proceso de planificación y a manejar la incertidumbre controlándola a lo largo de la etapa de ejecución.
- El DSP contribuyó a visualizar el proceso de planificación en forma estratégica mejorando el nivel de las tareas ejecutadas al diseñarlas considerando la repetitividad existente.
- Se pudo comprobar que el DSP creó una plataforma para incrementar y mejorar el nivel de control existente en un proyecto y proponer en forma efectiva medidas de mejoramiento.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alarcón, L.F. (1997) Lean Construction. A.A. Balkena, Rotterdam, The Netherlands, 497 p.

Alarcón, L. y Seguel L. (2002).Estrategias de Incentivos para la Implementación de Lean Construction. Proceedings of the 10th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Gramado, Brasil, 6-8 August, 2002.

Ballard, G. (1999) Work Structuring. Lean Construction Institute White Paper-4, Lean Construction Institute, Ketchum, ID, June 1999.

Ballard, G. (2000) Phase Scheduling. Lean Construction Institute White Paper 7, April 2000.

Ballard, G. (2000). The Last Planner System of Production Control. PhD thesis, Dept. of Civil Engineering, University of Birmingham, Birmingham, U.K., June, 2000.

Ballard, G. (2005) Construction: One Type of Project-Based Production System. Proceedings SCRI Forum Event Lean Construction: The Next Generation. January 19, 2005.

Ballard G. y Howell G. (2003) Lean Project Management. Building Research & Information. Paper Building Research. N°31 (Vol. 2).

Bertelsen, S. y Koskela, L. (2002) Managing the three aspects of Production in construction. Proceedings 10th Annual conference of international Group for Lean Construction, Gramado, August 2002.

Deming, E. (1989) Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis, Ediciones Díaz de Santos, 1era Edición. Madrid, 1987.

Formoso, C., Dos Santos, A., Powell, J. (2002) An exploratory study on the applicability of process transparency in construction sites. Journal for Construction Research, Vol. 3, No. 1, pp. 35-54.

Howell, G. (2001). Introducing Lean Construction - Reforming Project Management. Lean Construction Institute. Presentation to the Construction User Round Table (CURT), November. 14, http://www.leanconstruction.org/pdf/LCICurt.pdf.

Imtiaz G., Razak A. (2007) Lean Production System To Enhance Performance In Operations: An Empirical Study Of Malaysian Construction Industry. Proceedings of the 15th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Michigan, USA, 18-20 July 2007.

Nakagawa y Shimizu (2004). Toyota Production System Adopted by Building Construction in Japan. Paper presented to 12th Annual Conference of International Group on Lean Construction, Copenhagen, Denmark, 2004.

Pennamen A.,Whelton M. y Ballard G. (2004) A Theory of Workplace Planning: General Principles and a Management Steering Model .Paper presented to 12th Annual Conference of International Group on Lean Construction, Copenhagen, Denmark, 2004.

Pinto de la Sota, S. (2010) Evaluación y Mejoramiento del Diseño de Sistemas de Producción en Proyectos de Construcción Metodología, Tesis de Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

Tsao, C. (2005) Use of Work Structuring To Increase Performance of Project-Based

Production Systems. Doctoral Dissertation, University of California, Berkeley.

Tommelein, I.D. (1998) Pull Driven Scheduling of Pipe Spool Installation: Simulation of Lean Construction Technique. ASCE, Journal Construction. Engineering and Management. 124 (4) 279-288.

Schramm, F. (2004). O Projeto do Sistema de Produção na Gestão de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social. Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

Vrijhoef R. y Koskela, L. (2005) Revisiting The Three Peculiarities Of Production In Construction. Proceedings of the 13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction IGLC, Sidney, Australia, 18-20 July 2005.