

*Last planner system
results in subcontract
construction company*

Last planner en subcontrato de empresa constructora



Autores

ANDRADE, M. Doctor en Ciencias de la Educación
Profesor Asociado Facultad de Ingeniería
Escuela de Construcción Civil
Pontificia Universidad Católica de Chile

ARRIETA, B. Magíster en Construcción
Facultad de Ingeniería, Escuela de Construcción Civil
Pontificia Universidad Católica de Chile

Fecha de recepción 28/05/2010

Fecha de aceptación 01/12/2010

Resumen

Con *Last Planner* (Último Planificador), obtenida de Lean Construction (Construcción sin Pérdidas), se realizará una implementación de dicho sistema a un subcontrato de una empresa constructora, para fortalecer aspectos deficientes que debiliten el desempeño del cumplimiento de los objetivos de la empresa.

Se realizó una capacitación e implementación del Sistema Último Planificador a un subcontrato, obteniéndose resultados sobresalientes respecto del cumplimiento de los compromisos de trabajos adquiridos por él, eficiencia en encontrar, eliminar o disminuir las razones por las cuales no se entregan las actividades en el periodo acordado,

aprendizaje en planificación del propio trabajo y la consecuencia de saber sobreponerse a la variabilidad e incertidumbres propias de la industria de la construcción.

Finalmente se concluye que, si bien la aplicación a dicho subcontrato arrojó resultados favorables, no son de impacto sobre el desempeño global de la empresa constructora en dicha obra, sin embargo se proyecta que al ser aplicado el sistema masivamente a los subcontratos de una obra de construcción, puede vislumbrarse un mejoramiento significativo, debilitando la principal razón por la cual las obras de construcción no logra sus objetivos, el desempeño de los subcontratos.

Palabras clave: Compromiso, subcontrato, Last Planner.

Abstract

With Last Planner, obtained from Lean Construction (Construction without losses), where there will be realized an implementation of this system to a subcontract of a construction company, to strengthen deficient aspects that debilitate the performance of the fulfillment of the aims of the company.

It realized a training and implementation of Last Planner System to a subcontract, obtaining excellent results with respect to meeting work commitments acquired by him, efficiency in finding, eliminating or diminishing the reasons by which the activities are not delivered in the approved period, learning in planning

own work and the consequence of overcoming the variability and uncertainties of the construction industry.

Finally it was concluded that, although applicable to such subcontract showed favorable results, not impact on the overall performance of the construction company that work, however it is projected that the system be applied massively to subcontracts of a work of construction, significant improvement can be discerned, undermining the main reason why the construction did not meet their goals, the performance of subcontracts.

Key words: Compromise, subcontract, Last Planner.

Introducción

Objetivos de la investigación

Objetivo general

Evaluar el impacto de la implementación del sistema Last Planner a un subcontrato de una empresa constructora en tres escenarios, antes de la aplicación, al mes y a los 3 meses de haberla aplicado.

Objetivos específicos

- Evaluar la situación actual de proyectos de empresas que desarrollen el sistema.
- Implementar el sistema a subcontrato con desempeño deficiente en la empresa.
- Analizar los resultados de desempeño del subcontrato.
- Evaluar el resultado del subcontrato sobre su proyecto.
- Determinar el real impacto en el desempeño de una empresa subcontratada respecto del desempeño global del proyecto.

Sistema último planificador, *Last Planner*

Construcción sin pérdidas intenta minimizar o eliminar todas aquellas fuentes de pérdidas en los procesos productivos que normalmente implican menor productividad, menor calidad, mayores costos, etc. En este sistema las actividades de producción se conciben como flujos de materiales e información y que son controladas con el objetivo de obtener una mínima variabilidad y tiempo de ciclo. (Alarcón y Campero, 2003).

Los flujos se mejoran periódicamente con respecto a su eficiencia mediante la implementación de nuevas tecnologías y continuamente respecto a las pérdidas de valor. El sistema de control de producción Last Planner representa el resultado obtenido del esfuerzo por incorporar los principios de la filosofía de Lean Construction en las prácticas habituales de gestión de la construcción.

Last Planner apunta a incrementar la fiabilidad de la planificación y por consecuencia mejorar los desempeños. El sistema provee de herramientas de planificación y control efectivas aun en proyectos complejos, inciertos y/o rápidos. Este sistema está especialmente diseñado para mejorar el control de la incertidumbre aumentando la confiabilidad de los planes. El incremento de la confiabilidad del plan se realiza tomando acciones en diferentes niveles del sistema de planificación.

Con las herramientas y procedimientos que plantea se obtienen compromisos confiables de planificación y la preparación de suficiente trabajo para que pueda ser asignado cuando sea necesario, para obtener así un flujo de trabajo más confiable entre las cuadrillas. (Alarcón y Campero, 2003).

La esencia del sistema es trabajar directamente con el último planificador para lograr incrementar la confiabilidad de la planificación. El último planificador es quien define finalmente lo que será realizado y quien realizará el trabajo. El papel de último planificador lo pueden tener capataces, jefes de obra, supervisores, subcontratistas, administradores de terreno entre otros.

Last Planner cuenta con 4 niveles de planificación se encuentran:

- **Programa maestro:** La planificación inicial genera el presupuesto y el programa del proyecto, proporcionando un mapa de coordinación de actividades que lleva a la realización del mismo. Esta etapa es de vital importancia para que el sistema del último planificador proporcione los beneficios esperados. Éste debe ser desarrollado con información que represente el verdadero desempeño que posee la empresa en obra, solo de esta manera se podrá dar validez al sistema de último planificador ya que se estarán supervisando tareas que en realidad representa la forma en que trabaja la empresa.
- **Programa de fase:** Los programas de fases representan una subdivisión más detallada del programa maestro preparada por las personas que administran al trabajo en la fase para apoyar el cumplimiento de los hitos del programa maestro. Es muy importante recordar que la separación de fases debe ser hecha durante la planificación inicial.
- **Planificación intermedia:** Dentro de la planificación intermedia se analizan las restricciones que puede tener una actividad para ser ejecutada (4 a 6 semanas). Pero el horizonte de trabajo que abarca la planificación intermedia también dependerá de la naturaleza del trabajo a realizar y la sensibilidad de los proveedores para las distintas actividades. Las asignaciones potenciales entran a la ventana de la planificación intermedia en la semana 6 del programa de ejecución. Luego se mueven hacia adelante, semana a semana, hasta que les esté permitido ingresar al inventario de trabajo ejecutable, indicando que todas las restricciones han sido removidas y que se encuentran en una secuencia apropiada de ejecución. Si el planificador percibe una restricción en una de estas actividades, no

podrá dejarla avanzar. El objetivo es mantener un inventario que sea efectivamente ejecutable. Los planes de trabajo semanal son formados desde el inventario de trabajo ejecutable, mejorando así la productividad de quienes reciben estas asignaciones e incrementando la confiabilidad del flujo de trabajo para la siguiente unidad de producción.

- **Definición de los intervalos de tiempo en la planificación intermedia:** La planificación intermedia es una programación de asignaciones potenciales para las próximas 3 a 12 semanas. 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 la información, materiales, mano de obra y maquinaria.

- **Análisis de restricciones:** De la planificación intermedia se obtiene un conjunto de actividades para un intervalo de tiempo dado. Cada una de estas actividades tiene asignada un conjunto de restricciones que determinan si la actividad puede o no ser realizada. Las restricciones más comunes en la construcción son: diseño, mano de obra: cantidad, materiales, equipos y prerrequisitos

También durante la planificación intermedia se designa quienes serán los responsables de remover las restricciones identificadas. El análisis de restricciones se representa esquemáticamente como una tabla con filas que listan las potenciales asignaciones y columnas que listan las restricciones pendientes, como se muestra a continuación:

Tabla N° 1 Liberación de las restricciones

Actividad	¿Están disponibles los recursos?				
	Diseño	Materiales	Mano de obra	Equipos	Prerrequisitos
A	Sí	No	Sí	No	Sí
B	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
C	Sí	Sí	No	Sí	No
D	Sí	No	Sí	Sí	No

Fuente: Campero y Alarcón, *Administración de Proyectos Civiles*.

- **Definición de las actividades de la planificación intermedia:** La planificación intermedia es un intervalo de tiempo en el futuro que permite establecer una primera selección de las actividades que serán programadas. Para prepararla es necesario explotar las actividades del programa maestro que serán contenidas dentro del intervalo definido, siempre y cuando el nivel de detalle de programación inicial sea bajo. Esto es de vital importancia para clarificar de mejor manera las restricciones que impiden realizar una determinada tarea.
- **Inventario de trabajo ejecutable:** Está compuesto por todas las actividades que poseen alta probabilidad de ejecutarse, son las tareas de la planificación intermedia que tienen liberadas sus restricciones.
- **Planificación semanal:** presenta mayor nivel de detalle antes de la ejecución. Es realizada por diseñadores, supervisores de terreno, capataces y otras personas que participan directamente en la ejecución del trabajo y es el compromiso de planificación. Se compromete solo el trabajo que

puede ser hecho, el último planificador coloca una "protección" en torno a las unidades productivas protegiéndolas de la incertidumbre y la variabilidad. Esto aumenta la fiabilidad del plan incrementando el rendimiento, no solo de la unidad de producción que ejecuta el plan semanal, sino también las que ejecutan trabajos posteriores.

Retroalimentación del sistema, medición de desempeños

Esta medición es el primer paso para aprender de las fallas e implementar mejoras, se realiza a través del porcentaje de asignaciones completadas, que es un indicador definido por el número de tareas completadas dividido por el número de asignaciones para una semana dada. Refleja hasta qué 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 y del compromiso.

Este indicador puede ser muy poderoso si se sabe trabajar bien, hay que recordar que la producción trabaja con personas y por consiguiente son aquellas las que generarán una confiabilidad de su propio trabajo.

Causas de no cumplimiento

Las causas de no cumplimiento representan las razones por las cuales el plan de trabajo semanal no es completado en un 100%. El identificar la causa que provoca los problemas es uno de los primeros pasos para generar un mejoramiento, pero no basta con eso. Lo que realmente genera el mejoramiento es dar una acción correctiva al problema que permita generar un flujo de trabajo más continuo. El último planificador debe buscar el porqué. Las razones por las que un plan falla pueden dividirse en dos grupos. El primero reúne instrucciones con trabajos y recursos previamente requeridos. El segundo, agrupa las fallas en los procesos. Las razones por las que un plan falla pueden graficarse según su frecuencia de ocurrencia, para así resaltar las causas predominantes y enfocar mejor los esfuerzos.

Después de detectarse las razones, el último planificador debe analizar la raíz del problema. La razón aparente, inicialmente detectada, puede ser consecuencia de otras acciones o eventos desarrollados en el proyecto. El último planificador debe manejar el curso de las acciones o la cadena de eventos para

aprender cómo las fallas repetitivas pueden prevenirse. El propósito no es reprochar a algún individuo, sino ayudar a las personas a entender cómo un cambio en sus acciones puede ayudar a prevenir futuras fallas en la planificación.

Implementación del sistema *last planner* a subcontrato

Se trata de un edificio de servicios de 33.000 m² que se compone de 6 pisos y 4 subterráneos. La fecha de inicio de obras es del 24 de abril de 2008 y fecha de término es del 23 de diciembre de 2009. Al momento de comenzar con la implementación del sistema *Last Planner*, el día 25 de agosto de 2009, el avance porcentual era de un 70%.

Metodología de implementación

- **Reunión con grupo de trabajo:** Lo fundamental al iniciar la implementación de cualquier método de trabajo es conocer al grupo con el cual se interactuará. Es por ello que se realizó una reunión con las personas que estarían involucradas en la implementación del sistema. En esta reunión se explicó brevemente cuáles son los principios que están detrás del sistema, cómo se implementa, qué indicadores se medirán y qué resultados se esperan obtener. Los demás integrantes a esta reunión fueron el administrador del proyecto, el jefe de terreno, el profesional encargado de oficina técnica y el encargado del subcontrato al cual se implementará el sistema (subcontrato de cerámicas y porcelanatos).

Respecto de la implementación al subcontrato, esta se basó en una serie de visitas semanales en las que se le entregaba la información del sistema de planificación *Last Planner*. En estas reuniones de 45 minutos aproximados, se hacía entrega de material de apoyo.

Las reuniones comenzaban con una pequeña conversación respecto de cómo se había desarrollado la semana de trabajo para el subcontrato, con el fin de que cada nuevo concepto introducido del sistema *Last Planner*, se relacionara con algún evento que se haya producido dentro de la semana. Estas conversaciones también indicaban si el subcontrato había integrado a su trabajo esta manera de planificar.

- **Creación de la planificación intermedia:** El intervalo establecido para analizar las actividades fue de

cuatro semanas, ya que el tiempo de respuesta por parte de los proveedores no requería más. Posterior a esto, se revisó el programa maestro para ver qué actividades estaban programadas durante las próximas cuatro semanas. Cada actividad ingresó a una planilla tipo en donde se agregaban en detalle las fechas de inicio y término programadas, las restricciones de cada actividad, el responsable de su ejecución y de su seguimiento. Las restricciones consideradas para las actividades fueron cancha, materiales, mano de obra, diseño y equipos o herramientas.

- **Creación del inventario de trabajo ejecutable:** Al liberar las restricciones de una actividad esta se transforma en ejecutable. En cada reunión de planificación se revisaban las restricciones de cada actividad para poder liberarlas y así considerarlas en la planificación semanal, si es que se considera como una asignación de calidad.
- **Creación de la planificación semanal:** En todas las visitas se realizaba una reunión de planificación semanal. Los puntos a tratar eran los siguientes:
 - Lectura del acta de la reunión anterior.
 - Comentarios acerca de los puntos pendientes del acta anterior.
 - Distribución de la programación tentativa para la semana siguiente.
 - Revisión y definición del plan de trabajo semanal definitivo.
 - Revisión de las restricciones del horizonte de trabajo.
 - Comentario acerca de temas varios ocurridos en la semana.

Las planificaciones semanales realizadas con el subcontrato no coincidían con las planificadas con la empresa, puesto que el subcontrato comenzaba a darse cuenta de que el trabajo que estaba considerando en esas reuniones son las que los supervisores (capataces) le piden que se comprometa y no las que, precisamente, es capaz de realizar.

Indicadores a medir

Los indicadores en cuestión son:

- **P.A.C. y C.N.C.:** Ambos se medirán el día de la reunión de planificación, esto es los jueves a primera hora de la mañana para tenerlos listos al momento de la reunión. Las anteriores mediciones, previas a la implementación de *Last Planner*, hechas por la empresa, corresponden a los días martes.
- Cantidad de m² de cerámicas y porcelanatos instalados semanalmente para realizar la curva de producción o avance físico. Esta curva se contrastará con la curva de producción teórica según lo programado inicialmente en el diagrama de Gantt. Así se podrá comparar gráficamente con la curva teórica y ver si está atrasado o adelantado con respecto a ella.

Todos los indicadores medidos semana a semana se registrarán para tener estadísticas de la evolución que hayan experimentado a lo largo de la obra.

Datos obtenidos

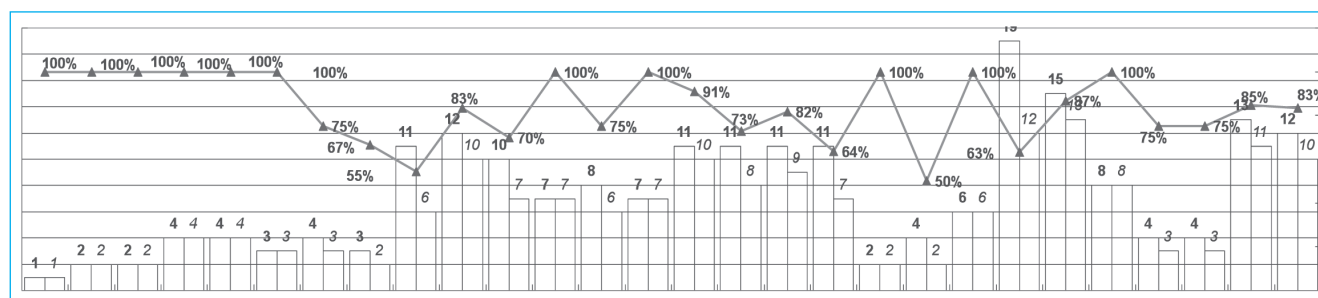
- **Porcentaje de asignaciones completadas (P.A.C.):** Semanalmente se midió el porcentaje de asignaciones programadas completadas. Como la obra constaba ya con la implementación del sistema *Last Planner*, las mediciones anteriores a la capacitación del subcontrato se consiguieron con oficina técnica. Al momento de comenzar la capacitación se tomaron datos independientes a los de la obra. En la planilla de control que se muestra a continuación, se coloca un 1 si la actividad presenta un porcentaje de avance físico mayor o igual que el porcentaje de avance físico teórico según la planificación semanal realizada con anterioridad y un 0 si no se cumple esta condición (las actividades que adelantan su inicio también se consideran dentro del P.A.C.). Además, en el caso de las actividades que presentaron un avance físico real menor al programado se indica el motivo del no cumplimiento. La siguiente tabla corresponde a un extracto y en este caso particular es anterior a la aplicación del sistema, corresponde a la semana del 14 de julio al 20 de julio de 2009.

Tabla N° 2 Control del P.A.C semanal

N°	Actividad	Responsable	Meta			Detalle de CNC
			Comprometida	Alcanzada	Cumplimiento	
1	Terminaciones - 1					
1.3	Terminaciones 1					
16	Reparaciones dinteles	I Montoya	100%	100	1	
17	fragüe sala de basura	I Montoya	100%	100	1	
18	Fragüe baños	I Montoya	100%	100	1	
22	Remates de cerámicas de muros	I Montoya	100%	100	1	
1.3	Terminaciones 2					
34	Pisos porcelanato	I Montoya	100%	100	1	
36	Cerámicas muros baños	I Montoya	100%	0%	0	25 Falla de subcontrato (falta de mano de obra)
45	Cerámicas muro	I Montoya	100%	100%	1	
1.4	Terminaciones 3					
58	colocación de cerámicas muros	Montoya	100%	0	0	33 Otros (cambios de planificación)

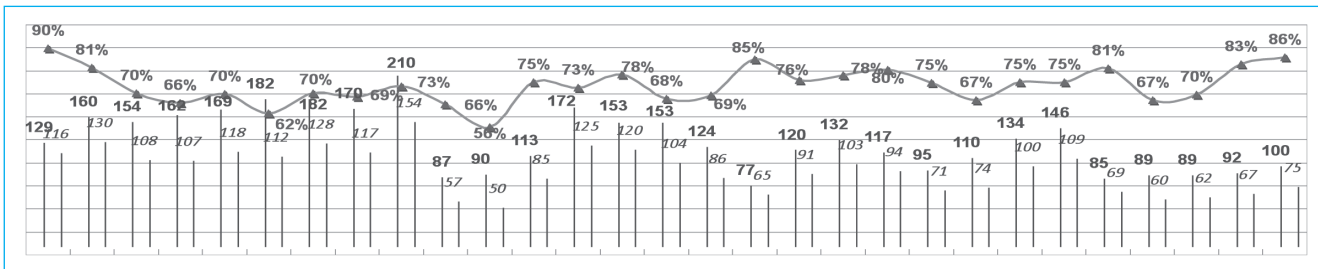
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 1 Actividades programadas versus cumplidas y P.A.C. semanal del subcontrato



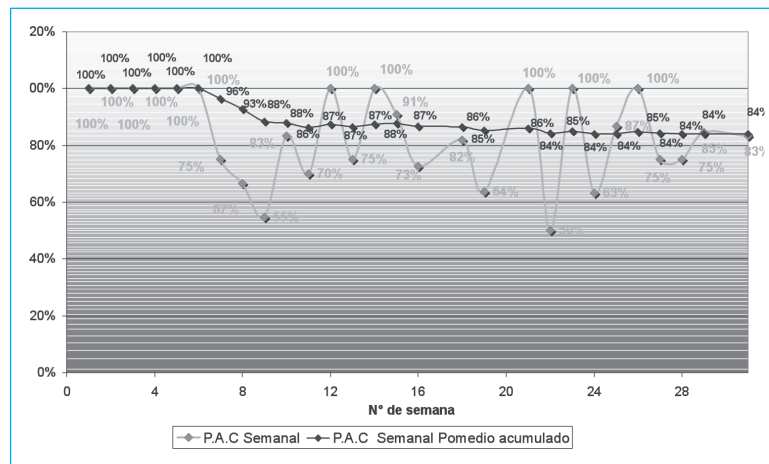
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 2 Actividades programadas versus cumplidas y P.A.C. semanal de toda la obra



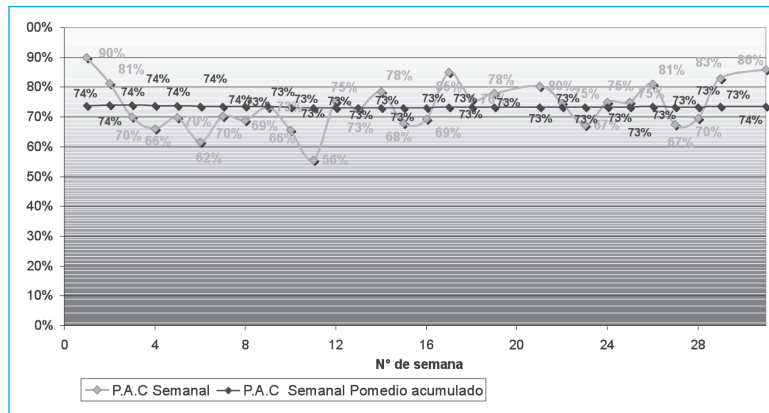
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 3 Comportamiento del P.A.C. semanal del subcontrato durante toda la obra



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 4 Comportamiento del P.A.C. semanal de la obra en el periodo de observación del subcontrato



Fuente: Elaboración propia.

Es importante destacar del último gráfico que el promedio del PAC es siempre sobre el 84% lo que es un muy buen indicador sobre el cumplimiento que da el subcontratista respecto de los compromisos de planificación que asumió en el tiempo. Pero no es definitivo respecto de la productividad, dado que si se observan los PAC semanales se destaca la gran variabilidad de los cumplimientos de sus

actividades donde logra una pérdida hasta llegar a una suma de 50%.

Causas de no Cumplimiento (C.N.C)

En la siguiente tabla se detalla el desglose de cada uno de los tipos de CNC vistas.

Tabla N° 3 CNC generales de obra y subcontrato al 14 de octubre

Material	Falta Mat.(No llegó material en fecha solicitada)	Falta M.O.(No llega)	Falta M.O.
	Falta Mat.(Llegó material, pero en forma defectuosa)	Falta M.O.(No hay)	
	Falta Mat.(Llegó material, no corresponde al especificado)	Falta M.O.(Mala Ejecución)	
	Falta Mat.(Mal estado del material [Vencido u Otro])	Cambios Proy.(Arquitectura)	cambios proyecto
	Falta Mat.(Mal contabilizado material necesario)	Cambios Proy.(Cálculo)	
	Falta Mat.(No se ha comprado material faltante)	Cambios Proy.(Instalaciones Eléctricas)	
	Falta Mat.(Material no se pidió con tiempo suficiente)	Cambios Proy.(Instalaciones Sanitarias)	
Falta Eq/Herr.	Falta Eq/Herr.(No llega eq/herr por parte de proveedor a la obra)	Cambios Proy.(Instalaciones Climáticas)	mala est. Rend
	Falta Eq/Herr.(No llega eq/herr por parte de L y D a la obra)	Mala Est.Rend.(De cuadrilla de trabajadores)	
	Falta Eq/Herr.(Se encuentra, pero en mal estado)	Mala Est.Rend.(De material requerido en partida)	
	Falta Eq/Herr.(Ocupado en otras faenas)	Otros(Condiciones Climáticas)	Otros
	Falta Eq/Herr.(Eq/herr en reparaciones)	Otros(Cambio de Planificación)	
	Falta Eq/Herr.(No se encuentra disponible en el mercado)	Otros(Accidente de Trabajo)	
	Falta Eq/Herr.(Equipo inadecuado)	Otros(Aprobación/Solución de ITO)	
Falla Subc.(Mala Ejecución)	Otros (Error en traspaso de informacion)		
falla subcontrato	Falla Subc.(Falta de Materiales)	Otros (Retraso en entrega de sector por Mandante)	
	Falla Subc.(Falta de equipos o falla de equipos en faena)	Otros (Detencion de trabajos por solicitud de Mandante)	
	Falla Subc.(Mala estimación de rendimiento)	Otros(Mal programado)	
	Falla Subc.(No llega Subcontrato)	Restricciones (Causa mayor)	
	Falla Subc.(Falta de mano de Obra de Subcontrato)	Problemas de Pago (Problemas de crédito con proveedor)	Problema de Pago

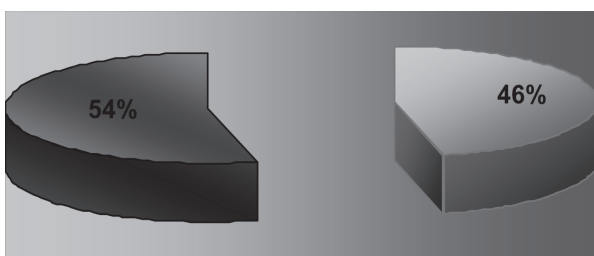
Fuente: *Elaboración propia.*

Los gráficos a continuación detallan la naturaleza de las causas de no cumplimiento de las actividades comprometidas por el subcontrato, dividiéndose en 3 escenarios principales, que son:

- CNC de todo el período del subcontrato antes de la implementación de *Last Planner*
- CNC de todo el período del subcontrato
- CNC de todo el período del subcontrato luego de la implementación de *Last Planner*.

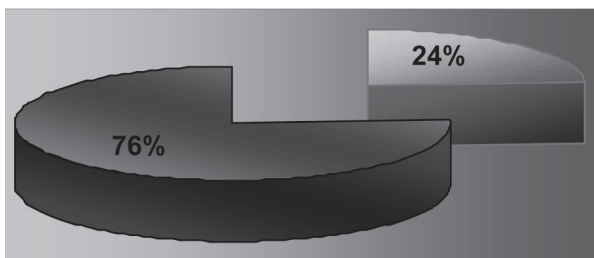
Primero se mostrará el porcentaje de causas internas y externas al propio subcontrato y luego los gráficos, que describen la naturaleza de las CNC

Gráfico N° 5 CNC durante el período anterior a la implementación del sistema
Fuente: Elaboración propia



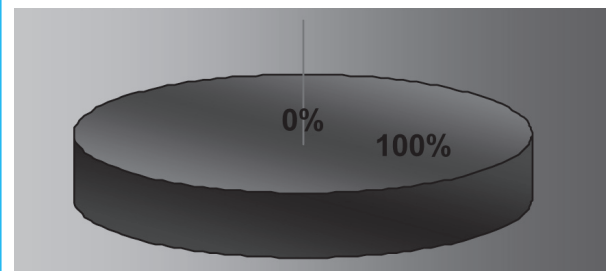
■ causas internas subcontrato
■ causas externas subcontrato

Gráfico N° 6 CNC durante todo el período de trabajo del subcontrato
Fuente: Elaboración propia



■ causas internas subcontrato
■ causas externas subcontrato

Gráfico N° 7 CNC durante el período posterior a la implementación del sistema
Fuente: Elaboración propia



■ causas internas subcontrato
■ causas externas subcontrato

Se puede observar que antes de realizar la implementación del sistema al subcontrato, existe una gran incidencia en el total de CNC las que corresponden a causas internas al subcontrato, esto quiere decir que son de exclusiva responsabilidad de la persona que administra la cuadrilla.

Una vez implementado el sistema las CNC propias de la administración del subcontrato se ven reducidas a 0%, reduciendo de un 46% a un 24% sobre las CNC acumulada durante todo el proceso.

Los siguientes gráficos corresponden a los tipos de CNC que considera la obra aplicados al caso particular del subcontrato capacitado, en los mismos escenarios anteriormente definidos.

Aquí se puede observar el desglose de los tipos de CNC, como revela el gráfico N°8 que luego de las CNC por fallas del subcontrato con un 46%, que son las de mayor incidencia, se reparten de manera decreciente en: un 23% por cambios en el proyecto, 15% por problemas de otra índole, 12% por problemas en los materiales y un 2% debido a problemas de pago.

El gráfico N° 9 indica que los tipos de CNC durante todo el período de trabajo del subcontrato, esto quiere decir luego de haber aplicado el sistema, las CNC por fallas del subcontrato se ven reducidas en 22 puntos, de un 46% a un 24% y son sobrepasadas por problemas con los materiales con un 52%, luego se ubican los cambios de proyectos en 12%, CNC por otras razones con un 8% y mala estimación de rendimientos y problemas de pago con 2% cada uno.

Una vez implementado el sistema y considerando solo este período posterior, las únicas razones de incumplimiento de las tareas comprometidas se deben a un 96% por problemas de material y un 4% por mala estimación del rendimiento por parte de la obra, de acuerdo al gráfico N° 10.

El siguiente gráfico muestra la distribución de las CNC de toda la obra, desde la incorporación del subcontrato Isaac Montoya, hasta el 14 de octubre (actualizados por la obra y de su propia responsabilidad)

Gráfico N° 10 Tipo de CNC durante el período posterior a la implementación del sistema
Fuente: Elaboración propia

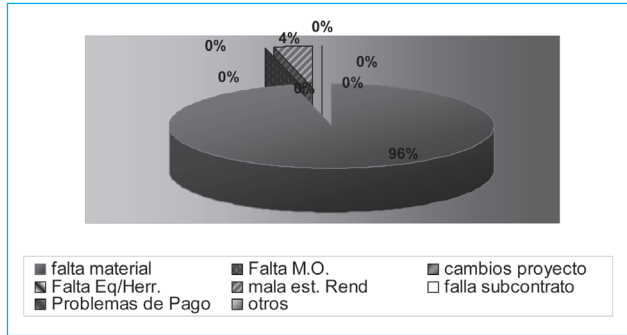
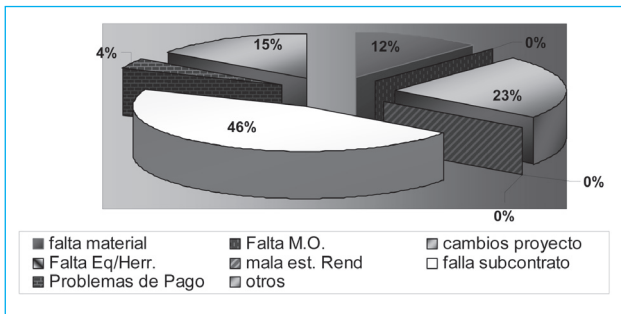
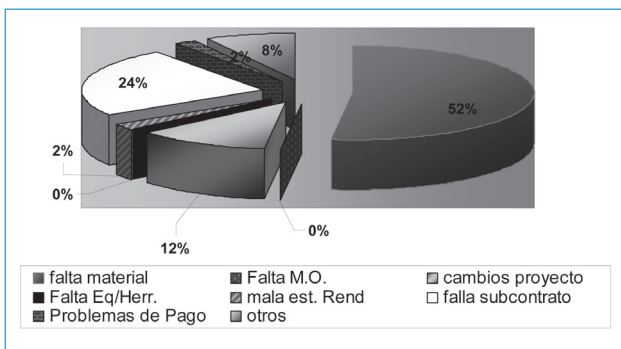


Gráfico N° 8 Tipo de CNC durante el período anterior a la implementación del sistema
Fuente: Elaboración propia



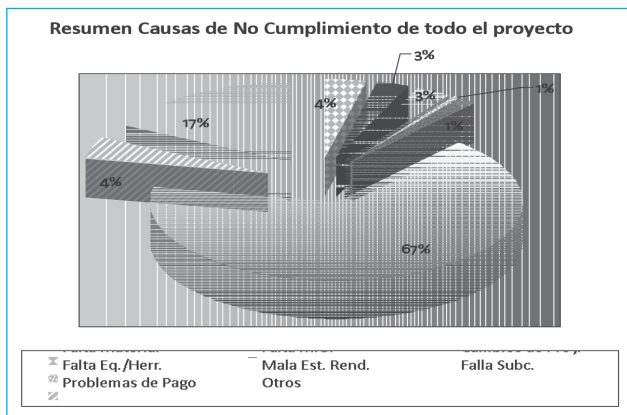
Se puede observar la contundente incidencia que tienen los subcontratos en el no cumplimiento de las actividades programadas alcanzando un 68% para tener un descenso de 50 puntos, 18%, para otras causas y porcentajes muy menores referentes a problemas de pago con un 5%, falta de mano de obra y cambios en el proyecto con un 3% cada uno, un 2% para falta de material y un 1% para mala estimación de rendimientos y falta de equipo y material.

Gráfico N° 9 Tipo de CNC durante todo el período de trabajo del subcontrato
Fuente: Elaboración propia



Los datos que generaron los gráficos N°11 y N°12 se pueden observar en la siguiente tabla, donde además se adjunta la incidencia del subcontrato sobre la obra completa.

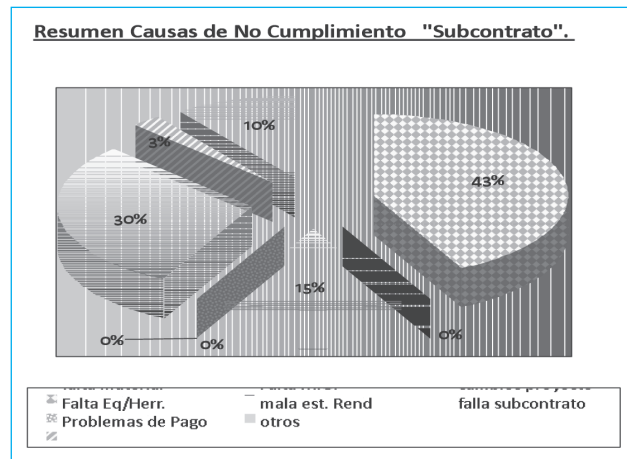
Gráfico N° 11 Resumen de CNC de todo el proyecto hasta el 14 de octubre
Fuente: Oficina técnica, de obra



La importancia de esta tabla es que se puede atacar puntualmente cada una de las causas de no cumplimiento, ya que la importancia de planificar es, precisamente, anticiparse a los problemas y a los que surjan, darles una solución oportuna.

En el subcontrato, al cual se aplicó el sistema, se puede observar el siguiente detalle de CNC, donde se puede observar la frecuencia de cada subcategoría. No se incluyen los gráficos de las categorías "falta mano de obra" y "falta de equipos y herramientas" ya que no existen CNC en ellos para el subcontrato.

Gráfico N° 12 Resumen de CNC del subcontrato hasta el 14 de octubre
Fuente: Elaboración propia



Curva S de producción del subcontrato

Las curvas que se muestran a continuación corresponden a las curvas actualizadas de la obra a la fecha del término de la implementación del sistema.

El subcontrato Isaac Montoya se encargaba de la instalación de las cerámicas y de los porcelanatos por lo que se consideran como actividades independientes (y siguiendo con el criterio que tiene la empresa para medir la producción).

De esta curva se puede observar que es bastante irregular la producción del subcontrato. A principio del período el subcontrato avanzó gran cantidad de m² en la colocación de cerámicas, pero para la semana entre el 15 y 22 de Junio baja la producción tanto como para quedar bajo la producción teórica produciéndose atraso y mantenerse así hasta finalizar todo el proceso.

Tabla N° 4 CNC generales de obra y subcontrato al 14 de octubre
Fuente: Elaboración propia

CNC	Parciales obra	Parciales otros subs.	Parciales subcontrato capacitado	Porcentaje obra	Porcentaje subcontrato	Incidencia del subcontrato
Falta material	20	3	17	4	43	85%
Falta M.O	16	16	0	3	0	0%
Cambio de proyecto	17	11	6	3	15	35%
Falta eq/herr	3	3	0	1	0	0%
Mala est. Rendimiento	7	7	0	1	0	0%
Falla subcontrato	373	361	12	67	30	3%
Problemas de pago	25	24	1	4	3	4%
Otros	97	93	4	17	10	4%
Total	558	518	40	100	100	

Gráfico N° 13 Participación del subcontrato en la totalidad de las CNC, hasta el 14 de octubre
Fuente: Elaboración propia.

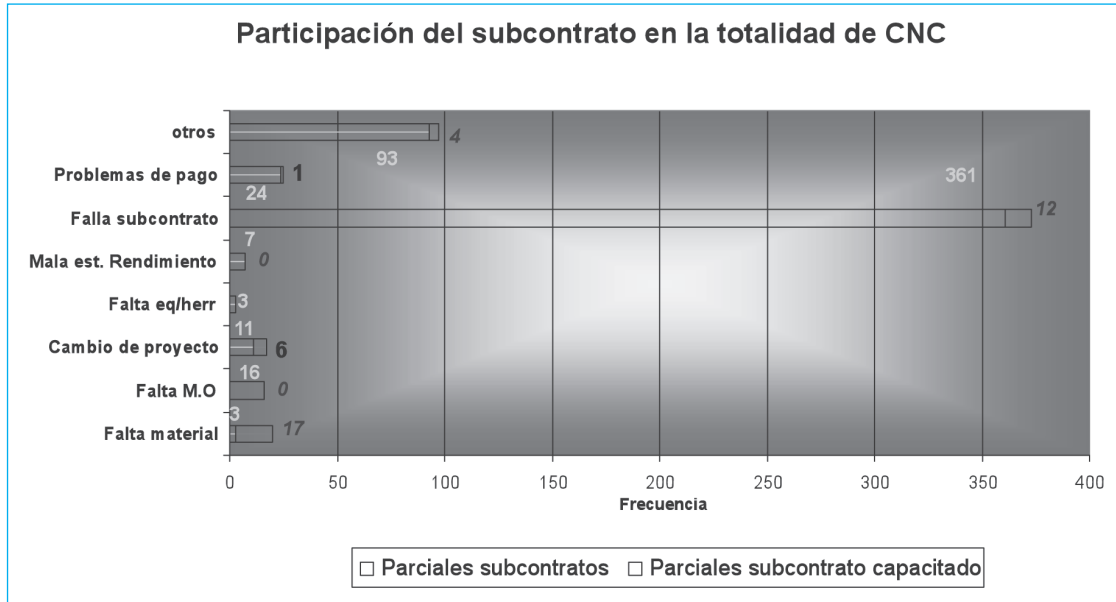
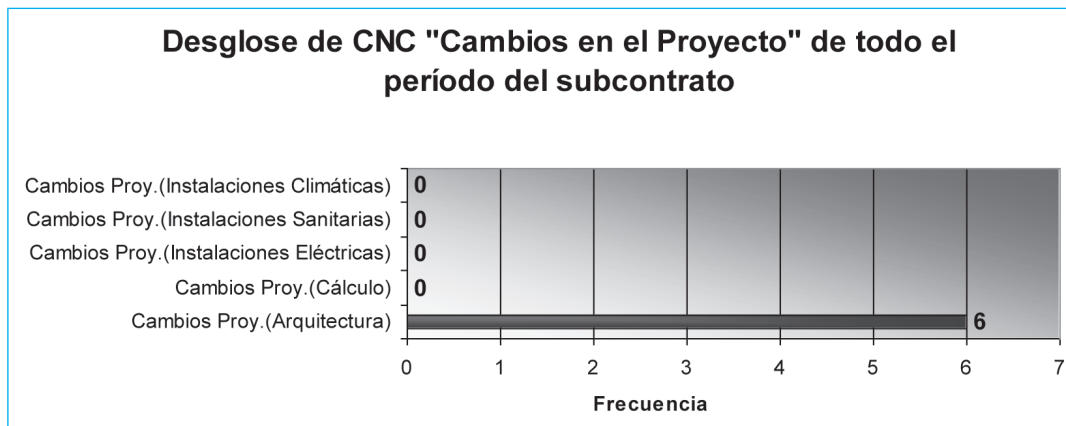


Gráfico N° 14 Desglose de CNC de la categoría Cambios en el Proyecto
Fuente: Elaboración propia



De gráfico N° 16 se observa un comportamiento de producción más homogéneo, aunque siempre por debajo de la curva teórica de producción. Además, de los gráficos de control de producción porcelanatos y cerámicas (gráficos 15 y 16 respectivamente),

se observa que la producción de cerámicas tiene un mayor atraso en semanas que los porcelanatos y que el atraso de los porcelanatos se acerca a los 700 m², mientras que en la producción de cerámicas alcanzó cifras cercanas de 1.420 m².

Gráfico N° 15 Control de producción, subcontrato cerámicas,
Isaac Montoya
Fuente: Oficina Técnica, obra

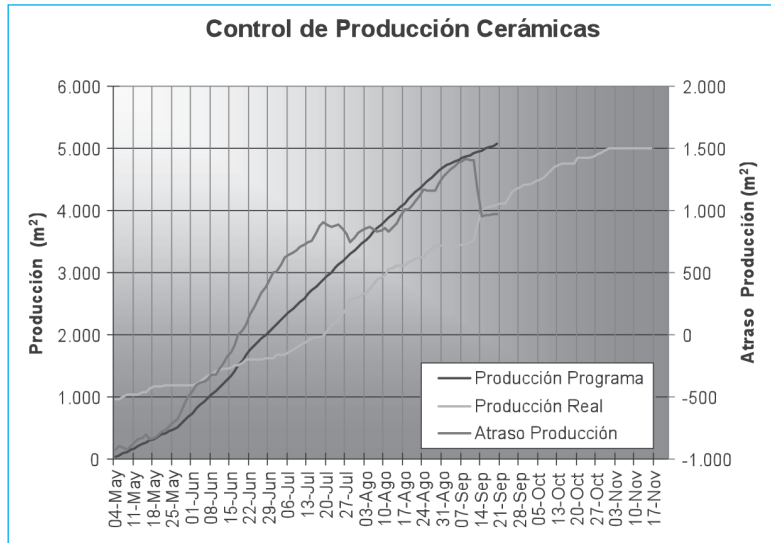
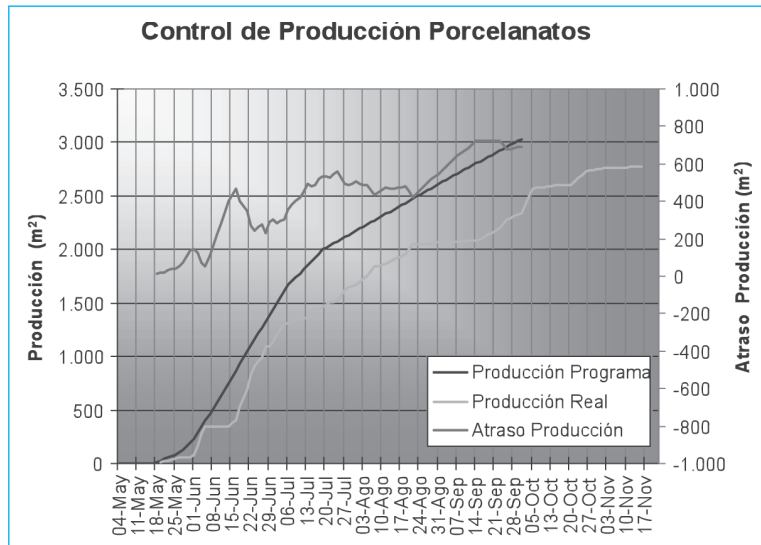


Gráfico N° 16 Control de producción, subcontrato porcelanatos,
Isaac Montoya
Fuente: Oficina Técnica de obra



Conclusión y análisis de resultados

Lo que respecta a la implementación del sistema al subcontrato se ve que la principal fortaleza y debilidad es que dependa tanto del grado de compromiso que se obtenga por parte de los últimos planificadores, aunque en este caso corresponde a la gran fortaleza ya que se pudo observar un compromiso positivo al lograr una alta implementación del sistema, en la anulación de las causas de no cumplimiento internas del subcontrato y en el nivel de PAC alcanzado.

En otro aspecto, se tiene la sensación de que el equipo de terreno, para la planificación general de la obra, no está acostumbrado a programar las actividades en forma ordenada. Esto es debido a que muchas veces no existió una reunión formal donde se planificaran las tareas semana a semana, pero en terreno iban controlando la producción, de manera que al haber completado la semana la planificación general de la obra.

Es importante destacar que el subcontrato logró un aprendizaje de los errores. Al analizar las causas de no cumplimiento estas fueron tomadas con suficiente seriedad. No se vieron como excusas de por qué no se cumplió lo programado, sino como una posibilidad de mejora. El aprendizaje de los errores es muy útil y se supo aprovechar.

Para mejorar los puntos que ya se han señalado, se considera que la base de los problemas está, en gran parte, en la falta de compromiso del personal de terreno por llevar de mejor manera el sistema, pese a que tienen las capacidades para hacerlo. Para mejorar esto se propone intentar generar un mayor compromiso mediante la utilización de incentivos.

También se puede hablar de lo que es el sistema como tal y el primer punto débil, a mi entender, es el proceso de "revisión". Este paso se realiza con el objetivo de estabilizar el flujo de trabajo en la etapa de creación de la planificación intermedia. Lo que se debe hacer es filtrar las actividades para permitir que ingresen a la planificación intermedia solo aquellas actividades que, a juicio del planificador, tengan una alta probabilidad de comenzar a ejecutarse en su fecha programada. Yo creo que no tiene sentido filtrar actividades en esta etapa, pues al dejar una actividad fuera de la planificación intermedia puede postergarse y quedar descuidada. Además, si solo se colocan las actividades que se creen que serán ejecutadas obviamente se podrá estabilizar el flujo de trabajo; pero ¿qué pasa con los cumplimientos de las fechas programadas?

Como se discutió, un porcentaje de asignaciones alto no asegura un fiel cumplimiento del programa. Es muy

fácil no poner las actividades difíciles de comenzar a realizar en su fecha de inicio más temprana y estabilizar el flujo de trabajo; pero, de ser así, se estaría trabajando solo con una parte de todo el proyecto. Si se cae en el error de descuidar la actividad que no entra en la planificación intermedia, generará un atraso en todo el proyecto, ya que no hay que olvidar que el proyecto es un sistema que consta de actividades que funcionan como una cadena en el que cada actividad es un eslabón.

Otro aspecto débil es que, pese a que el sistema fue desarrollado en base a los principios del *Lean Production*, no se cumple la base principal de esta teoría que es la detección de actividades que no agregan valor a la cadena productiva para eliminarlas o reducirlas al máximo. Este principio no se observa en el sistema "Último Planificador" en forma directa.

Resumiendo, en lo que respecta a la estructura misma del sistema "Último Planificador". Se pueden plantear las siguientes propuestas:

Eliminar el proceso de revisión, ya que no es bueno filtrar actividades en forma tan temprana al tener una visión de mediano plazo. Esto se debería realizar en el paso de protección ("*shielding*"), es decir, al momento de determinar las actividades que ingresarán al programa semanal. Al revisar la planificación intermedia y establecer qué actividades pasan al inventario de trabajo ejecutable se tienen mayores bases para pensar en no colocar esta actividad en la siguiente etapa, que es la programación semanal. Esto fue lo que se terminó realizando con el subcontrato.

Para evitar dar una mala utilización al porcentaje de asignaciones completadas debería haber un indicador que relacionara el porcentaje de asignaciones completadas con el avance físico teórico de la obra. Este es un punto importante, ya que las obras también se evalúan por su oportuna entrega y esto no está siendo capturado hasta el momento por el sistema "Último Planificador".

Respecto de los objetivos planteados se tiene que, al aplicar el sistema a subcontrato con desempeño deficiente en la empresa, se logra un 86% de implementación, lo que es bastante alto considerando todas las posibles barreras que pudieron haber existido: respecto del tiempo de implementación que fue acotado solo a 12 semanas, que se tratara del subcontrato con peor desempeño, que fuera primerizo trabajando como subcontratista y que no tuviera conocimiento alguno del sistema.

Al analizar los resultados de desempeño del subcontrato se tiene que logra PAC de hasta 100%

manteniendo una media final de 84%, lo que es bastante alto, pero esto no quiere decir que sea más productivo el subcontrato, pero que sí está altamente comprometido con su trabajo. Hay que recordar que un porcentaje asignaciones completadas alto solo está indicando que lo que programó en forma semanal se está ejecutando adecuadamente en el terreno; pero no si se está o no al día con respecto al programa maestro.

Respecto de las causas de no cumplimiento y la verdadera función que ellas tienen, de aprender de los errores, fue el mayor avance que tuvo el subcontrato, puesto que todas las causas de no cumplimiento de exclusiva responsabilidad de él, luego de haber implementado el sistema, fueron reducidas a 0 eventos, logrando bajar de un 46% a un 24% de causas de no cumplimiento internas al subcontrato.

Lo importante de esto es que puede validar una capacitación y posterior implementación del sistema a todos los subcontratos de la obra, ya que los resultados globales de la obra indican que las causas de no cumplimiento de las actividades son en un 67% responsabilidad de los subcontratistas. Es más, de los 558 eventos totales, 373 eran de responsabilidad de los subcontratos (recordar que para validar esta comparación se utilizaron los datos al 14 de octubre, puesto que la obra no había actualizado completamente las causas de no cumplimiento)

Si bien este subcontrato en particular tuvo un desempeño altamente incrementado respecto de las CNC, se espera que se mantenga esta tendencia puesto que las barreras para que pudiera implementarse el sistema fueron considerablemente altas, dejando el escenario de manera de desfavorecer los resultados.

En el desempeño del subcontrato, respecto de la curva de producción y avance temporal, queda reflejado que los errores cometidos en el principio del trabajo fueron arrastrados consecuentemente durante todo el período, sin embargo, al analizar las fechas de entrega de cada nivel y las pendientes de las curvas se tiene lo siguiente:

En el caso de las cerámicas, la pendiente resulta mayor luego de la aplicación del sistema aun cuando había gran parte de no cumplimiento de las actividades programadas a causa de falta de material, por lo demás, los últimos pisos, cuarto, quinto y sexto inconcluso, fueron entregados con mucho menor atraso (consi-

derando el desfase) y son coincidentes sus inicios a la implementación del sistema.

En el caso de los porcelanatos se observó que el incremento de la producción fue constante durante todo el proceso, salvo en el período entre agosto y septiembre donde la producción fue muy baja, coincidentemente a la falta de materiales en la obra. Respecto de los plazos, el quinto y sexto piso registra un atraso altamente menor a los otros niveles y coincidiendo también con la aplicación del sistema.

Si bien estos datos no son concluyentes puesto que no se pudo tener el detalle de la producción del subcontrato de todo el período, puede suponerse este aumento de productividad en los últimos pisos gracias a la aplicación del sistema. Recordar que en la particularidad de la colocación de cerámicas y porcelanatos del sexto piso hubo un acontecimiento particular en que el mandante mandó a rehacer los trabajos puesto que los modelos de las palmetas especificadas en el proyecto no fueron de su gusto y aun así se obtuvo menor atraso comparativo a los otros pisos.

Finalmente se cambió el escenario presentado en el objetivo general porque, estando ya sobre la marcha de la implementación, se vio que era más significativo y representativo considerar las mediciones durante el período anterior a la implementación, durante el período posterior a la implementación y en la unión de ambos casos en vez de los otros tres escenarios: antes de la aplicación, al mes y a los 3 meses de haberla aplicado.

Respondiendo a la pregunta de investigación: ¿El aplicar el sistema *Last Planner* a una empresa subcontratista refleja un nuevo comportamiento significativo en el desempeño global de un proyecto de construcción que contemple la utilización de dicho sistema? Se debe responder que no cambia el comportamiento global de la empresa.

Pero se debe tener presente, y a modo de proyección, que el aplicar el sistema a todos los subcontratos de la empresa puede resultar en un impacto positivo sobre la producción de la obra, puesto que se reducirían las causas de no cumplimiento por parte de los subcontratos, que históricamente se conocen como los de mayor incidencia sobre la obra, y por tanto aumentaría el PAC y se disminuirían los atrasos de producción, en un escenario en que la planificación haya considerado holguras apropiadas para el proyecto.

Bibliografía

1. ALARCÓN L. F. Mejorando la productividad de Proyectos con Planificaciones más confiables. *Revista BIT*. (26):29-31. Junio 2002.
2. ALARCÓN L. F, Y DIETHELM. Organizándose para implementar prácticas Lean en empresas constructoras. *Revista Ingeniería de Construcción. Universidad Católica de Chile*. 17(1):17-20. Abril 2002.
3. ALARCÓN, DIETHELM Y ROJO, CALDERÓN. Evaluando los impactos de la implementación de Lean Construction. *Revista Ingeniería de Construcción. Universidad Católica de Chile*, 23(1):26-33. Abril 2008.
4. ALARCÓN L. F. Y SEGUÉ L, "Estrategias de incentivos para la implementación de Lean Construction" 10º Congreso de Lean Construction, Gramado Brasil, 2002
5. BALLARD GLENN. The Last Planner. Northern California. Construction Institute, Monterey, California. 1994. 201 páginas.
6. CAMPERO, M Y ALARCÓN, F. Administración de Proyectos Civiles. 2da edición, Santiago, Ediciones Universidad Católica de Chile, 2003. 357-407 páginas.
7. CALDERÓN, R. (2004). *Plan Control: sistema de apoyo a la planificación y control de producción en la industria de la construcción*, Tesis, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
8. CRUZ JUAN CARLOS. Diagnóstico, Evaluación y Mejoramiento del Proceso de Planificación de Proyectos, *Revista de Ingeniería de Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile*. (16):36-50. Agosto 1997.
9. KOSKELA, L. Application of the New Production Philosophy to Construction, Stanford, Stanford University.MA, 2000. 143 páginas.
10. LAUFER, TUCKER, SHAPIRA & SHENHAR. The Multiplicity Concept in Construction Project Planning, *Construction Management and Economics*, N° (11): 53-65, enero 1994.
11. LAUFER & TUCKER. Is Construction Planning Really Doing its Job? A critical examination of focus, role and process, *Construction Management and Economics*, N° (5): 243-266, marzo 1987.
12. LEAN INSTITUTE, recuperado el 25 de mayo de 2009, disponible en <http://www.LeanConstruction.org/>.
13. MAJLUF, V. Cambio de Gestión en la Industria de la Construcción: Un Tren que partió sin Posibilidad de Regreso. *Revista BIT*, N° (26): 4-11, junio 2002.
14. SERPELL, A & ALARCÓN, L.F. *Planificación y Control de Proyectos*, Santiago Chile, Ediciones Universidad Católica de Chile, 2000. 264 páginas.