



UNIVERSIDAD DE CHILE.
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL.

ANÁLISIS DEL IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD DE DIFERENTES PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER EVALUADO MEDIANTE UN SISTEMA BASADO EN INDICADORES

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ MUÑOZ

PROFESOR GUIA

SR. WILLIAM WRAGG LARCO

MIEMBROS DE LA COMISIÓN

SR. MAURICIO TOLEDO VILLEGAS

SR. LUIS FERNANDO ALARCÓN CÁRDENAS

SANTIAGO DE CHILE

AGOSTO DEL 2012

RESUMEN

El objetivo principal de esta memoria corresponde a estudiar el impacto en la productividad que genera la implementación del Sistema Last Planner en diferentes proyectos de construcción. Detectando sus ventajas y falencias, de manera de generar una pauta de implementación de este sistema que signifique mejores resultados en proyectos a futuro.

Si bien existen estudios del impacto positivo que genera la implementación de este sistema en proyectos individuales, lo que se busca es realizar una evaluación comparativa que permita determinar un proyecto líder que sirva de ejemplo a seguir por los proyectos futuros.

Se recopiló la información correspondiente a la implementación de Last Planner de cuatro proyectos de construcción, dos edificaciones en altura, uno en extensión y uno de montaje industrial, proporcionada principalmente por la Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción. Debido a la falta de información y para estandarizar el estudio se consideró como periodo de análisis el correspondiente a obra gruesa y para productividad se definió un índice de productividad como la relación entre m^3 de hormigón colocado y m^3 de hormigón presupuestado para cada semana.

Se confeccionó un sistema de evaluación que consiste en evaluar el nivel de implementación y el compromiso del equipo de obra en cuatro etapas consideradas fundamentales para el sistema Last Planner, correspondientes a Programa Maestro, Planificación Intermedia, Inventario de Trabajo Ejecutable y Planificación Semanal. Con estos niveles de implementación y los indicadores de resultados de causas de no cumplimiento (CNC) y porcentaje de plan completado (PPC) se analizó el comportamiento de la productividad del hormigón, para los distintos niveles de implementación.

Para el proyecto Líder, la implementación de Last Planner es realizada a nivel de empresa, por lo cual existen protocolos y procedimientos que guían y, en cierta medida, obligan al equipo de obra a implementar todas las etapas del sistema Last Planner, lo cual se tradujo en una productividad de un 95%. Sin embargo no basta con eso, puesto que se observó que la efectividad de este sistema depende mucho del compromiso de las personas, en este caso del equipo de obra, y de los estudios previos que se realicen para cada proyecto.

Finalmente se concluye que el sistema de planificación y control de proyectos Last Planner disminuye la variabilidad de los procesos de los proyectos estudiados, destacando la Planificación Intermedia e Inventario de Trabajo Ejecutable como las etapas más influyentes para la productividad del proyecto Líder, alcanzando valores de 83% y 66% de implementación respectivamente. Además, el sistema de planificación logra estabilizar las curvas de PPC en valores sobre el 90% de cumplimiento, disminuyendo la variabilidad de estas a lo largo de la implementación. Es por todo esto que se deben fomentar las buenas prácticas del uso de esta herramienta, orientar e incluir al equipo de obra en la importancia de este sistema de planificación.

DEDICATORIA

A mis padres, que desde siempre me entregaron las herramientas para ser un gran profesional y mejor persona.

Y a mi novia, por haber caminado siempre a mi lado durante este proceso.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN.	1
1.1 Guía de estudio.	1
1.1.1 Capítulo 1: Introducción.....	1
1.1.2 Capítulo 2: Marco Teórico.	1
1.1.3 Capítulo 3: Sistema de Evaluación Last Planner.....	2
1.1.4 Capítulo 4: Proyectos a Estudiar.	2
1.1.5 Capítulo 5: Evaluación de los proyectos.	2
1.1.6 Capítulo 6: Comparación del proyecto líder con los demás proyectos y confección de pauta de implementación de Last Planner.	2
1.1.7 Capítulo 7: Conclusiones y comentarios.	2
1.1.8 Capítulo 8: Referencias.	2
1.2 Antecedentes.	3
1.3 Justificación del tema.	4
1.4 Alcances.	4
1.5 Objetivos.	5
1.5.1 Objetivo General.	5
1.5.2 Objetivos específicos.	5
1.6 Metodología.	5
1.7 Productos y resultados.	7
1.8 Resumen.	8
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO.	9
2.1 Sistema de planificación Tradicional.	9
2.2 Lean Production y Lean Construction.	10
2.2.1 Filosofía Lean 11 puntos planteados por Koskela en el año 1992.	11
2.2.2 Lean Construction.	12
2.3 Sistema Last Planner.	12
2.3.1 Programa Maestro.	13
2.3.2 Planificación Intermedia.	13
2.3.3 Planificación Semanal.	13
2.3.4 Medición del desempeño.	14
2.4 Comparación sistema tradicional y Last Planner.	14

2.5 Niveles de implementación de Last Planner.	15
2.6 Indicadores y Productividad.	16
2.7 Benchmarking.	17
2.8 Resumen.	18
CAPITULO 3: SISTEMA DE EVALUACIÓN.	19
3.1 Rigurosidad y cumplimiento de las actividades de Last Planner.	19
3.2 Pauta de Evaluación del Sistema Last Planner.	21
3.2.1 Evaluación de la implementación del Sistema Last Planner.	21
3.2.1.1 Programa Maestro.	21
3.2.1.2 Planificación intermedia.	22
3.2.1.3 Inventario de Trabajo Ejecutable.	23
3.2.1.4 Planificación semanal.	23
3.2.2 Evaluación del grado de compromiso o nivel de experiencia por parte del equipo de la obra con el sistema Last Planner.	24
3.2.2.1 Programa Maestro.	24
3.2.2.2 Planificación intermedia.	25
3.2.2.3 Inventario de Trabajo Ejecutable.	25
3.2.2.4 Planificación semanal.	26
3.2.3 Asignación de puntaje según nivel de implementación del sistema.	27
3.3 Evaluación de los indicadores del sistema Last Planner.	28
3.3.1 Porcentaje de programa completado.	28
3.3.2 Causas de no cumplimiento.	29
3.4 Evaluación de la productividad.	30
3.4.1 Productividad medida en obra.	30
3.5 Resumen.	32
CAPITULO 4: PROYECTOS A ESTUDIAR.	33
4.1 Proyecto 1.	34
4.1.1 Implementación del Sistema de Planificación.	35
4.1.1.1 Programa Maestro.	35
4.1.1.2 Desarrollo de la Planificación Intermedia.	35
4.1.1.3 Elaboración del Inventario de Trabajo Ejecutable.	35
4.1.1.4 Planificación del trabajo semanal.	35
4.1.1.5 Indicadores medidos.	36

4.1.2 Resultados de la implementación.	36
4.1.2.1 Porcentaje de plan completado.	36
4.1.2.2 Causas de no cumplimiento.	37
4.1.2.3 Productividad.	38
4.1.3 Comentarios.	39
4.2 Proyecto 2.	40
4.2.1 Implementación del Sistema de Planificación.	40
4.2.1.1 Programa Maestro.	41
4.2.1.2 Desarrollo de la Planificación Intermedia.	41
4.2.1.3 Elaboración del Inventario de Trabajo Ejecutable.	41
4.2.1.4 Planificación del trabajo semanal.	41
4.2.1.5 Indicadores medidos.	41
4.2.2 Resultados de la implementación.	41
4.2.2.1 Porcentaje de plan completado.	41
4.2.2.2 Causas de no cumplimiento.	42
4.2.2.3 Productividad.	43
4.2.3 Comentarios.	46
4.2 Proyecto 3.	47
4.3.1 Implementación del Sistema de Planificación.	47
4.3.1.1 Programa Maestro.	47
4.3.1.2 Desarrollo de la Planificación Intermedia.	47
4.3.1.3 Elaboración del Inventario de Trabajo Ejecutable.	48
4.3.1.4 Planificación del trabajo semanal.	48
4.3.1.5 Indicadores medidos.	48
4.3.2 Resultados de la implementación.	48
4.3.2.1 Porcentaje de plan completado.	48
4.3.2.2 Causas de no cumplimiento.	49
4.3.2.3 Productividad.	50
4.3.3 Comentarios.	51
4.4 Proyecto 4.	52
4.4.1 Implementación del Sistema de Planificación.	52
4.4.1.1 Programa Maestro.	53
4.4.1.2 Desarrollo de la Planificación Intermedia.	53

4.4.1.3 Elaboración del Inventario de Trabajo Ejecutable.	53
4.4.1.4 Planificación del trabajo semanal.	53
4.4.1.5 Indicadores medidos.	53
4.4.2 Resultados de la implementación.	53
4.4.2.1 Porcentaje de plan completado.	53
4.4.2.2 Causas de no cumplimiento.	54
4.4.2.3 Productividad.	55
4.4.3 Comentarios.	56
4.5 Resumen.	57
CAPITULO 5: EVALUACIÓN DE LOS PROYECTOS.	58
5.1 Evaluación de implementación de Last Planner.	58
5.1.1 Evaluación de los niveles de implementación.	58
5.1.2 Evaluación de los niveles de compromiso.	61
5.1.3 Evaluación en conjunto.	64
5.1.4 Resumen Final Evaluación Last Planner.	66
5.2 Evaluación Productividad.	67
5.2.1 Evaluación Individual.	67
5.2.1.1 Proyecto 1.	67
5.2.1.2 Proyecto 2.	69
5.2.1.3 Proyecto 3.	70
5.2.2 Evaluación Productividad según actividad Last Planner.	71
5.2.3 Evaluación Productividad según nivel de implementación y compromiso.	73
5.2.4 Resumen evaluación productividad.	74
5.3 Evaluación Causas de no Cumplimiento.	75
5.4 Evaluación PPC.	76
5.5 Resumen final proyecto Líder.	76
5.6 Resumen.	81
CAPÍTULO 6: COMPARACIÓN DEL PROYECTO LÍDER CON LOS OTROS PROYECTOS Y CONFECCIÓN DE PAUTA DE IMPLEMENTACIÓN LAST PLANNER.	82
6.2 Comparación con los otros proyectos.	82
6.2.1 Nivel de Implementación del Sistema Last Planner.	82
6.2.1.1 Nivel de Implementación del Programa Maestro en el Sistema Last Planner.	82
6.2.1.2 Nivel de Implementación de la Planificación Intermedia en el Sistema Last Planner.	83

6.2.1.3 Nivel de Implementación del Inventario de Trabajo Ejecutable en el Sist. Last Planner. ...	84
6.2.1.4 Nivel de Implementación de la Planificación Semanal en el Sistema Last Planner.	84
6.2.2 Nivel de Compromiso con el Sistema Last Planner.	84
6.2.2.1 Nivel de compromiso con el Programa Maestro en el Sistema Last Planner.	85
6.2.2.2 Nivel de compromiso con la Planificación Intermedia en el Sistema Last Planner.	86
6.2.2.3 Nivel de compromiso con el Inventario de Trabajo Ejecutable en el Sist. Last Planner. ...	86
6.2.2.4 Nivel de compromiso con la Planificación Semanal en el Sistema Last Planner.	86
6.2.3 Nivel de Implementación Total del Sistema Last Planner.	87
6.3 Pauta de implementación de Last Planner, modelo a seguir.	87
6.3.1 Programa Maestro.	88
6.3.1.1 Implementación esperada del Programa Maestro en Last Planner.	88
6.3.1.2 Nivel de compromiso esperado para el Programa Maestro.	88
6.3.2 Planificación intermedia.	88
6.3.2.1 Implementación esperada de la Planificación Intermedia en Last Planner.	88
6.3.2.2 Nivel de compromiso esperado para la Planificación intermedia.	89
6.3.3 Inventario de Trabajo Ejecutable.	89
6.3.3.1 Implementación esperada del Inventario de Trabajo Ejecutable.	89
6.3.3.2 Nivel de compromiso esperado para el Inventario de Trabajo Ejecutable.	90
6.3.4 Planificación semanal.	90
6.3.4.1 Implementación esperada de la Planificación Semanal.	90
6.3.4.2 Nivel de compromiso esperado para la Planificación Semanal.	91
6.4 Resumen.	91
7. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS.	92
8. REFERENCIAS.	95

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
Figura 1.1: Metodología.	7
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO.	9
Figura 2.1: Proceso de Planificación Tradicional.	9
Figura 2.2. Sistema Last Planner.	15
CAPITULO 3: SISTEMA DE EVALUACIÓN.....	19
Figura 3.1: Sistema de evaluación de los proyectos.	19
CAPITULO 4: PROYECTOS A ESTUDIAR.	33
Figura 4.1. Diagrama de descripción de los proyectos.	33
Figura 4.2: Proyecto 1, PPC Semanal.	36
Figura 4.3: Proyecto 1, Causas de no cumplimiento.	37
Figura 4.4: Proyecto 1, Proporción de CNC según responsable.	37
Figura 4.5: Proyecto 1, CNC según origen.	38
Figura 4.6: Proyecto 1, Productividad según semana.	39
Figura 4.7: Proyecto 2, PPC Semanal.	42
Figura 4.8: Proyecto 2, Causas de no cumplimiento.	42
Figura 4.9: Proyecto 2, Proporción de CNC según responsable.	43
Figura 4.10: Proyecto 2, CNC según origen.	43
Figura 4.11: Proyecto 2, Productividad según semana.	44
Figura 4.12: Proyecto 2, Productividad previa a la medición de Last Planner.	44
Figura 4.13: Proyecto 2, Productividad total.	45
Figura 4.14: Proyecto 3, PPC Semanal.	49
Figura 4.15: Proyecto 3, Causas de no cumplimiento.	49
Figura 4.16: Proyecto 3, Proporción de CNC según responsable.	50
Figura 4.17: Proyecto 3, CNC según origen.	50
Figura 4.18: Proyecto 3, Productividad según semana.	51
Figura 4.19: Proyecto 4, PPC Semanal.	54
Figura 4.20: Proyecto 4, Causas de no cumplimiento.	54
Figura 4.21: Proyecto 4, Proporción de CNC según responsable.	55
Figura 4.22: Proyecto 4, CNC según origen.	55
Figura 4.23: Proyecto 4, Productividad según semana (PF).	56

CAPITULO 5: EVALUACIÓN DE LOS PROYECTOS.....	58
Figura 5.1: Proyecto 1, Resultados implementación.	58
Figura 5.2: Proyecto 2, Resultados implementación.	59
Figura 5.3: Proyecto 3, Resultados implementación.	59
Figura 5.4: Proyecto 4, Resultados implementación.	60
Figura 5.5: Resumen resultados de la implementación.	61
Figura 5.6: Proyecto 1, Resultados compromiso.	61
Figura 5.7: Proyecto 2, Resultados compromiso.	62
Figura 5.8: Proyecto 3, Resultados compromiso.	62
Figura 5.9: Proyecto 4, Resultados compromiso.	63
Figura 5.10: Resumen resultados compromiso total	64
Figura 5.11: Proyecto 1, comparación entre nivel de implementación y de compromiso.	64
Figura 5.12: Proyecto 2, comparación entre nivel de implementación y de compromiso.	64
Figura 5.13: Proyecto 3, comparación entre nivel de implementación y de compromiso.	65
Figura 5.14: Proyecto 4, comparación entre nivel de implementación y de compromiso.	65
Figura 5.15: Resumen, comparación entre nivel de implementación y de compromiso.	66
Figura 5.16: Resultado final implementación de Last Planner y productividad según proyecto.	66
Figura 5.17: Proyecto 1, PPC y productividad.	67
Figura 5.18: Proyecto 1, PPC y productividad primeras 17 semanas.	68
Figura 5.19: Proyecto 1, PPC y productividad segundas 17 semanas.	69
Figura 5.20: Proyecto 2, PPC y productividad.	70
Figura 5.21: Proyecto 3, PPC y productividad.	71
Figura 5.22: Programa Maestro v/s Productividad.	72
Figura 5.23: Planificación Intermedia v/s Productividad.	72
Figura 5.24: Inventario de Trabajo Ejecutable v/s Productividad.	72
Figura 5.25: Plan de Trabajo Semanal v/s Productividad.	73
Figura 5.26: Nivel de implementación y productividad.	73
Figura 5.27: Nivel de compromiso y productividad.	73
Figura 5.28: Nivel de implementación Last Planner y productividad.	74
Figura 5.29: Resumen CNC total.	75
Figura 5.30: Origen CNC y productividad.	75
Ficha Proyecto 1.	77
Ficha Proyecto 2.	78

Ficha Proyecto 3.	79
Ficha Proyecto 4.	80
CAPÍTULO 6: COMPARACIÓN DEL PROYECTO LÍDER CON LOS DEMÁS PROYECTOS Y CONFECCIÓN DE PAUTA DE IMPLEMENTACIÓN LAST PLANNER.	82
Figura 6.1: Comparación Nivel de Implementación del Sistema Last Planner.	82
Figura 6.2: Comparación Nivel de Compromiso del Sistema Last Planner.	85
Figura 6.3: Comparación Nivel de Implementación Total del Sistema Last Planner.	87

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
Tabla 1.1: Resultados del estudio.	7
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO.....	9
Tabla 2.1: Comparación entre planificación convencional y Lean.....	15
CAPITULO 3: SISTEMA DE EVALUACIÓN.....	19
Tabla 3.1: Tabla de evaluación de nivel de implementación.	27
Tabla 3.2: Tabla de evaluación de nivel de compromiso.	27
Tabla 3.3: Puntaje asignado según nivel de implementación y de compromiso.	28
Tabla 3.4: Tipo de causas de no cumplimiento.	29
Tabla 3.5: Responsable de la causa de no cumplimiento.	30
Tabla 3.6: Incidencia de Falta de M.O. cuadrillas hormigón en CNC.	32
CAPITULO 4: PROYECTOS A ESTUDIAR.....	33
Tabla 4.1: Características del proyecto 1.	34
Tabla 4.2: Proyecto 1, Plazos previstos para Obra Gruesa.	34
Tabla 4.3: Proyecto 1, Porcentaje de Plan Completado.	36
Tabla 4.4: Proyecto 1, porcentaje de actividades no realizadas.	37
Tabla 4.5: Proyecto 1, Productividad.	38
Tabla 4.6: Características del proyecto 2.	40
Tabla 4.7: Proyecto 2, Plazos previstos para Obra Gruesa.	40
Tabla 4.8: Proyecto 2, Porcentaje de Plan Completado.....	41
Tabla 4.9: Proyecto 2, porcentaje de actividades no realizadas.	43
Tabla 4.10: Proyecto 2, Productividad.	44
Tabla 4.11: Proyecto 2, Productividad previa a la medición de Last Planner.	45
Tabla 4.12: Proyecto 2, Productividad Total.	45
Tabla 4.13: Características del proyecto 3.	47
Tabla 4.14: Proyecto 3, Plazos previstos para Obra Gruesa.....	47
Tabla 4.15: Proyecto 3, Porcentaje de Plan Completado.	48
Tabla 4.16: Proyecto 3, porcentaje de actividades no realizadas.	49
Tabla 4.17: Proyecto 1, Productividad	51
Tabla 4.18: Proyecto 4, Plazos previstos para Obra Gruesa y características de proyecto.	52

Tabla 4.19: Proyecto 4, Porcentaje de Plan Completado.	54
Tabla 4.20: Proyecto 4, porcentaje de actividades no realizadas.	55
Tabla 4.21: Proyecto 4, Indicador PF.	56
CAPITULO 5: EVALUACIÓN DE LOS PROYECTOS.....	58
Tabla 5.1: Proyecto 1: Evaluación nivel de implementación.....	58
Tabla 5.2: Proyecto 2: Evaluación nivel de implementación.....	59
Tabla 5.3: Proyecto 3: Evaluación nivel de implementación.	59
Tabla 5.4: Proyecto 4: Evaluación nivel de implementación.....	60
Tabla 5.5: Resumen de evaluación del nivel de implementación.	60
Tabla 5.6: Proyecto 1: Evaluación de nivel de compromiso.	61
Tabla 5.7: Proyecto 2: Evaluación de nivel de compromiso.	62
Tabla 5.8: Proyecto 3: Evaluación de nivel de compromiso.	62
Tabla 5.9: Proyecto 4: Evaluación de nivel de compromiso.	63
Tabla 5.10: Resumen evaluación de nivel de compromiso.	63
Tabla 5.11: Resultado final implementación de Last Planner según proyecto.	66
Tabla 5.12: Proyecto 1, PPC y productividad.	68
Tabla 5.13: Proyecto 2, PPC y productividad.	70
Tabla 5.14: Proyecto 3, PPC y productividad.	71
Tabla 5.15: Resumen Productividad.	74
Tabla 5.16: Resumen CNC.	75
Tabla 5.17: Resumen PPC.	76

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN.

El presente capítulo corresponde a la presentación del trabajo realizado, éste comenzará con una guía de estudio que permitirá al lector tener una breve idea del contenido de cada capítulo. Con los antecedentes se contextualizará al lector en la realidad actual de la planificación dentro de las obras de construcción, para posteriormente describir la necesidad existente que justifica el tema propuesto, el cual consiste en evaluar el impacto en la productividad al implementar el sistema de planificación Last Planner.

Bajo el contexto en el cual el sistema Last Planner no se logra implementar en su totalidad, surge la idea de analizar cuales son los niveles de implementación de esta metodología que realmente generan un impacto en la productividad de los proyectos. De esta manera, se desarrollará una pauta de implementación de Last Planner, la que posteriormente serviría de base para un sistema de Benchmarking¹ dentro de la planificación.

Adicionalmente, en este capítulo, se muestra un diagrama de la metodología empleada para lograr los objetivos antes mencionados, finalizando con los productos y resultados que se lograron obtener con este trabajo.

1.1 Guía de estudio.

1.1.1 Capítulo 1: Introducción.

En este capítulo se presenta el trabajo realizado indicando el objetivo principal del estudio, correspondiente a la confección de un sistema de evaluación que mida el impacto en la productividad en proyectos de construcción, al utilizar el sistema de planificación Last Planner, con el objetivo último de dar inicio a un Benchmarking dentro de la planificación en proyectos que utilicen esta herramienta. Para ello, se introduce al lector en la contextualización actual de la planificación en Chile y los paradigmas asociados que no permiten una implementación esperada de nuevas herramientas de planificación y control de proyectos, razón base que motivó la medición de los niveles de implementación del sistema. En este capítulo además se muestra la metodología utilizada (Figura 1.1) que permite al lector tener una idea rápida de los pasos que se siguieron y el enfoque que tuvo el estudio.

1.1.2 Capítulo 2: Marco Teórico.

Debido a la necesidad de contextualizar al lector en las bases teóricas que fundamentan a este estudio es que se ha plasmado en este capítulo todos los conceptos y fundamentos que respaldan las directrices principales tomadas durante este trabajo.

En un principio se explica la planificación tradicional y la situación actual de la construcción, para luego introducir los conceptos de Lean Production y Lean Construcción que dan pie a la presentación y breve explicación del sistema Last Planner. Posteriormente se compara el sistema de planificación tradicional con Last Planner. Finalizando con la definición del indicador de

¹ Benchmarking: establecer una referencia o un modelo de comparación, en que se observa la competencia y el desempeño propio, frente al de otros.

productividad utilizado para este estudio y el concepto de Benchmarking que toma un rol importante dentro de los objetivos del estudio.

1.1.3 Capítulo 3: Sistema de Evaluación Last Planner.

En este capítulo se explica la confección del sistema de evaluación, el cual consiste en medir en forma cualitativa el nivel de implementación y compromiso para cuatro etapas fundamentales del sistema Last Planner, correspondientes al Programa Maestro, Planificación intermedia, Inventario de Trabajo Ejecutable y la Planificación Semanal, como indica la Figura 3.1.

En este capítulo se define también el indicador de productividad, correspondiente a la relación entre los m³ de hormigón colocados durante la semana y los m³ de hormigón presupuestados.

1.1.4 Capítulo 4: Proyectos a Estudiar.

En este capítulo se exponen los cuatro proyectos a los cuales se tuvo acceso a la información. La forma de ordenar la información de los proyectos se desprende del sistema de evaluación descrito en el capítulo 3, conformada por cuatro niveles de implementación del sistema Last Planner que se consideraron fundamentales, como indica la Figura 4.1.

1.1.5 Capítulo 5: Evaluación de los proyectos.

Utilizando el sistema de evaluación presentado en el capítulo anterior, se procede a evaluar los proyectos de acuerdo al nivel de implementación del sistema Last Planner, determinando el porcentaje de implementación para cada proyecto.

Finalmente, a partir del indicador de productividad, se determina el proyecto con mejores resultados y se le da el atributo de líder.

1.1.6 Capítulo 6: Comparación del proyecto líder con los demás proyectos y confección de pauta de implementación de Last Planner.

En este capítulo se comparan los niveles de implementación del proyecto líder con los demás proyectos, analizando cada una de las etapas del sistema tanto en la implementación como en el compromiso que tenía el equipo de obra con la herramienta.

Se finaliza el capítulo presentando una pauta de implementación del sistema Last Planner generada a partir de las características del proyecto líder.

1.1.7 Capítulo 7: Conclusiones y comentarios.

Capítulo correspondiente a las conclusiones en el ámbito de la implementación, productividad y análisis de causas de no cumplimiento obtenido en este estudio.

1.1.8 Capítulo 8: Referencias.

En este capítulo se presenta la bibliografía donde se enmarca el marco teórico y además sirve de complemento al estudio realizado en esta memoria.

1.2 Antecedentes.

El rubro de la construcción genera un aporte muy importante a la economía en Chile, siendo su aporte alrededor del 8% del PIB según los datos estadísticos del Banco Central de Chile en el IV trimestre de 2011, por lo que su desarrollo tecnológico en maquinarias o sistemas de mejora de la productividad se vuelven muy importantes para el país.

Es por esto que en los últimos años a esta área de la economía se han incorporado nuevas maquinarias que incrementan la productividad de los proyectos, sin embargo, no basta con mecanizar algunas faenas si es que aún quedan muchas en las cuales es fundamental la mano de obra.

En los proyectos de construcción existe una gran incertidumbre para llevar a cabo las actividades, por lo que, según comentan profesionales más experimentados, la implementación de un sistema de planificación y control de proyectos no es realmente eficiente si no se toma en cuenta que los tiempos de terreno son distintos a los que se aprecian teóricamente en oficina. Es por esto que frecuentemente se opta por no darle mayor importancia a programar las actividades y menos a llevar un seguimiento y control de ellas, puesto que se tiene la idea de que realizar muchas reuniones o dedicar tiempo de oficina y no de terreno para programar, significará un menor tiempo para realizar las actividades que se deben cumplir en terreno.

Esta mentalidad puede conducir a programar actividades que no aporten realmente a la productividad de la obra, o bien que no se podrán realizar por falta de liberación de recursos, lo que se traduce en una constante actualización del programa dado que la planificación nunca se cumple. Es decir, la dirección de la obra no se dedica a planificar actividades a largo plazo, si no más bien a atender urgencias de corto plazo.

Sin embargo, actualmente se han implementado métodos que permiten llevar un buen seguimiento de la obra generando planificaciones reales dadas las capacidades de la gente de terreno y no de carácter teórico, lo que ha significado una mejora en la productividad en los proyectos de construcción.

Uno de estos métodos, es el sistema Last Planner (Ballard y Howell, 1994) generado a partir de las bases de Lean Construction (Koskela, 1992). Las características principales de este sistema es que la planificación se desglosa en varios niveles y horizontes, incorporando una planificación a mediano plazo y luego una a corto plazo, en las cuales se fomenta una participación completa de todos los agentes involucrados en las actividades del proyecto, generando planificaciones semanales conjuntas, en las cuales todos se comprometen con actividades que pueden realizar y no solamente una serie de actividades impuestas por el profesional de terreno o planificador. A todo esto se le suma el uso de indicadores de cumplimiento de programa (PPC) y de seguimiento de causas de no cumplimiento (CNC) y medidas correctivas de éstas.

Mientras siga existiendo una gran dependencia de la mano de obra, sumada a la gran variabilidad presente en la construcción, la productividad de un proyecto de construcción no será completamente eficiente si es que no se posee un control sobre ella. A raíz de esto se han implementado sistemas de planificación los cuales han incrementado la productividad de los proyectos, sin embargo ¿qué es lo que los hace realmente productivos?

1.3 Justificación del tema.

Dada la incertidumbre o variabilidad de los procesos en el ámbito de la construcción es que se han implementado sistemas de planificación y control de proyectos que permiten generar una mayor productividad, uno de los cuales es el sistema Last Planner. Sin embargo, no existe un sistema de evaluación que permita indicar qué tan efectivo es este sistema. Además, dadas las disimilitudes entre los proyectos de construcción no existe un procedimiento estándar a seguir que asegure la efectividad del sistema de planificación en su totalidad.

Para poseer un sistema que aumente la productividad de un proyecto de construcción es necesario estudiar cuáles son realmente las buenas prácticas o complementos al sistema que se debe incorporar para sacar el mejor provecho. Para esto, se deben estudiar proyectos de construcción que tengan incorporado el sistema Last Planner y estudiar la metodología de implementación, cómo lo llevan a cabo, qué mejoras han hecho y por supuesto, los resultados obtenidos, para de esta forma determinar cuáles son las características más importantes y más influyentes en la productividad de la obra.

1.4 Alcances.

Este tema de memoria es relevante en el ámbito de la construcción, ya que se generará un sistema de comparación de los procesos del sistema Last Planner para cuatro proyectos de construcción, en el cual se determinará el proyecto con mayor productividad y se le asignará el título de líder en el área, a partir de esto, los proyectos nuevos podrán comparar sus procesos propios con los del líder e incorporar de esta manera lo mejor de éste en sus proyectos, basándose en sus potenciales y experiencias.

Es muy difícil lograr mejoras radicales o avances tecnológicos sin observar lo que está ocurriendo en la industria. Con este principio se espera incorporar a futuro, una vez se obtenga información suficiente de diversos proyectos, un sistema de Benchmarking (Knuf, 2000) en el ámbito de la planificación con el sistema Last Planner.

En este trabajo se desea confeccionar un sistema de evaluación estándar para proyectos de construcción que poseen el sistema Last Planner como su sistema de planificación y control de proyectos. Para ello, se confeccionó un sistema de evaluación basado en los siguientes indicadores: indicador de nivel de implementación del sistema, nivel de compromiso con éste, cumplimiento de programa (PPC), de causas de no cumplimiento (CNC) y de Productividad.

Si bien se desea confeccionar un sistema de evaluación para generar una base de datos que a futuro podría incentivar la incorporación de Benchmarking dentro de la planificación, la cantidad de proyectos estudiados en este trabajo no son suficientes para tener una muestra representativa, sin embargo, se confecciona un sistema de evaluación y una pauta de implementación que orientan a la recolección de información que podrían enriquecer a este estudio.

1.5 Objetivos.

1.5.1 Objetivo General.

Generar un sistema que mida el impacto en la productividad para obras de construcción que tengan implementado el sistema Last Planner.

De este modo se espera poder determinar las características del sistema de planificación y control de los proyectos que determinan una mayor productividad para ser replicadas en proyectos futuros.

1.5.2 Objetivos específicos.

1. Estudiar el nivel de implementación del sistema Last Planner en cuatro proyectos de construcción.
2. Determinar indicadores relevantes para la medición de la productividad con los cuales se evaluarán los diferentes proyectos de construcción.
3. Determinar el proyecto con mayor nivel de implementación del sistema Last Planner y mayor productividad dentro del grupo de proyectos de construcción estudiado y darle el atributo de líder.
4. Comparar los factores relevantes de la mayor productividad del proyecto líder con respecto a los demás proyectos.
5. Concluir indicando los atributos en el sistema Last Planner que hacen la diferencia en la alta productividad del proyecto líder y generar una pauta a seguir en la implementación de Last Planner.

1.6 Metodología.

- En primer lugar, se recopiló información de estudios bibliográficos en relación con el tema propuesto.
- Se coordinaron reuniones con la CDT para el traspaso de información de los cuatro proyectos a estudiar, luego de esto se tomó contacto con los proyectos en ejecución coordinando el estudio en terreno en dos de ellos, proyecto 1 y proyecto 3.
- El siguiente paso correspondió a la recopilación de información por vía directa con la obra o por medio de intermediarios de la CDT, información correspondiente a plazos, tipo de obra, cantidad de mano de obra (M.O.), maquinarias, entre otros, de los diferentes proyectos de construcción que tenían implementado el sistema Last Planner. Adicionalmente se estudiaron los niveles de implementación de este sistema, de modo que se analizó en forma cualitativa el método de implementación de cada una de las componentes de este sistema.

- El estudio de los proyectos se realizó de la siguiente forma, si se trataba de un proyecto en ejecución, se realizó un seguimiento de a lo menos 5 meses, para que el análisis no estuviese sesgado y se pudiese realizar un mejor estudio, además se coordinaron visitas para participar de sus reuniones de planificación y poder ver la realidad de trabajo que ahí existía. En el caso de proyectos finalizados, se transmitió toda la información correspondiente a la implementación del sistema Last Planner, principalmente como se llevó el programa a cabo, el control que se realizó (PPC, causas de no cumplimiento, confección de programa semanal, liberación de recursos, entre otros) y cuáles fueron las dificultades o problemas que presentaron en la ejecución del proyecto a partir de informes y documentación facilitados por los implementadores de la CDT.
- En resumen, se analizó cada proyecto de construcción en forma independiente en todos sus ámbitos de modo que facilitó el posterior análisis de productividad y de efectividad en la implementación del sistema que se deseaba obtener como producto final.
- A continuación, se recopiló información de los m³ de hormigón utilizados versus los m³ esperados, para realizar la medición de la productividad, indicador enfocado y contextualizado a la realidad de los proyectos estudiados, de modo de obtener resultados objetivos y comparables. Con este indicador se evaluó la productividad general del proyecto. Este indicador se explica en el punto 4.4.
- Se confeccionó un sistema de evaluación de la implementación de Last Planner a partir de la experiencia de expertos, profesionales que implementan esta herramienta y las bases teóricas realizando un análisis cualitativo al cual posteriormente se le asigna un puntaje.
- Se determinó el proyecto con mayor productividad y con mejores resultados en la evaluación, el cual se catalogó como proyecto líder.
- Con la determinación del proyecto líder se destacaron los atributos y niveles de implementación de Last Planner que determinaron su mayor productividad.
- Finalmente, se realizó el estudio específico en el cual se analizaron los niveles de implementación del sistema Last Planner del proyecto líder comparándolo con los demás proyectos, determinando cual fue la mejor forma de implementar este sistema. A partir de esto se generó una pauta modelo a seguir que permitirá una implementación eficiente del sistema Last Planner para aumentar la productividad en proyectos futuros o que se encuentren en ejecución.

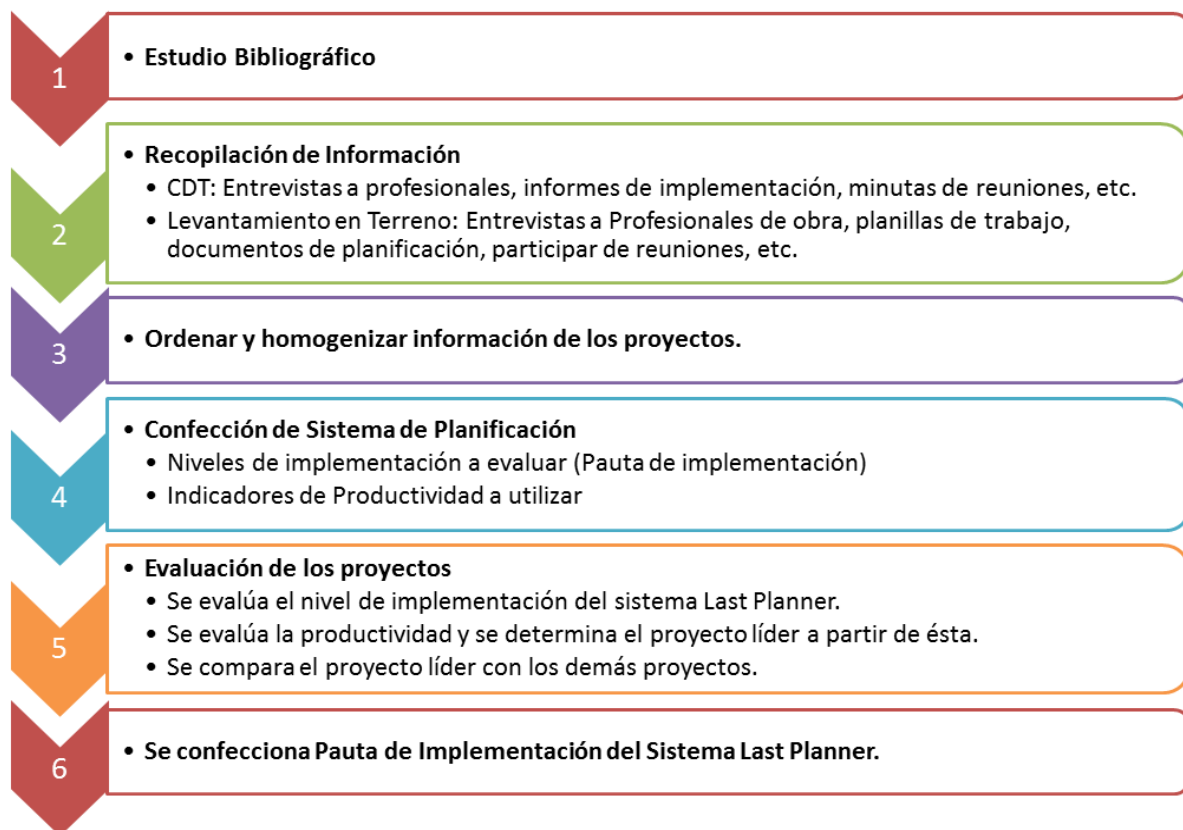


Figura 1.1: Metodología.

1.7 Productos y resultados.

De este estudio se obtienen los siguientes resultados o productos:

Tabla 1.1: Resultados del estudio.

Producto y/o Resultado	Descripción	Objetivos Específicos Asociados
1. Sistema de evaluación de la productividad y eficiencia basado en indicadores para proyectos que tengan incorporado Last Planner.	Se generó un sistema que permite evaluar la efectividad de la implementación del sistema Last Planner para proyectos de construcción, incorporando en el análisis la productividad de los proyectos. (Producto Intermedio)	Objetivo n° 2
2. Factores relevantes en el sistema Last Planner que determinan una alta productividad.	Se determinan los factores relevantes que determinan una alta productividad. Estos servirán como base de las buenas prácticas en la implementación del sistema de programación y control de proyectos. (Producto Final)	Objetivo n° 4 y 5
3. Resultados que permiten el Benchmarking.	Este estudio sirve de base para lograr la implementación del Benchmarking en el área de proyectos que incorporen Last Planner dentro de la construcción. (Producto Final)	Objetivo n° 3, 4 y 5

1.8 Resumen.

En este capítulo se expuso la introducción del tema de estudio, indicando principalmente la motivación existente para su realización, correspondiente a medir que tan significativo es el uso de la herramienta Last Planner para la producción de los proyectos y qué niveles de implementación del sistema se están logrando. A continuación, se presentó el objetivo principal del trabajo, correspondiente a la confección de un sistema de evaluación que mida el impacto en la productividad al utilizar el sistema de planificación Last Planner, para dar inicio a un Benchmarking dentro de la planificación en proyectos que utilicen esta herramienta.

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se expondrá el marco teórico relacionado a este estudio, comenzando con describir la planificación tradicional y luego incorporar el concepto de Lean Construction y finalmente describir el sistema Last Planner.

Posteriormente, se hace una comparación entre el sistema tradicional y Last Planner determinando los puntos que marcan la diferencia entre ambos sistemas y se podrá observar que el sistema Last Planner posee un mayor control frente a la variabilidad presente en la construcción.

Luego, se definirá el concepto de productividad y se explicará el indicador a utilizar para este estudio, para finalmente explicar el concepto de Benchmarking, dado que con este estudio se desea impulsar de alguna forma la comparación y competencia entre proyectos en el ámbito de la planificación con el sistema Last Planner.

2.1 Sistema de planificación Tradicional.

El sistema de planificación tradicional se basa principalmente en la Planificación Global, la cual incluye las bases de la organización, el programa maestro y el presupuesto oficial.

El programa maestro y el presupuesto oficial serán los elementos básicos de dirección, coordinación y control para todos los grupos de trabajo del proyecto (Campero y Alarcón, 2008). Por lo que el programa de obra se basará en la Carta Gantt confeccionada previamente y el proceso consistirá en asignar recursos a estas actividades y se ejecutarán de acuerdo a lo planificado previamente. Al realizar el proceso de esta forma no se pueden distinguir las actividades que se pueden realizar, ya que se basa netamente en las actividades que hay que realizar para cumplir los plazos estipulados. De esta manera, el flujo de trabajo no será necesariamente continuo.

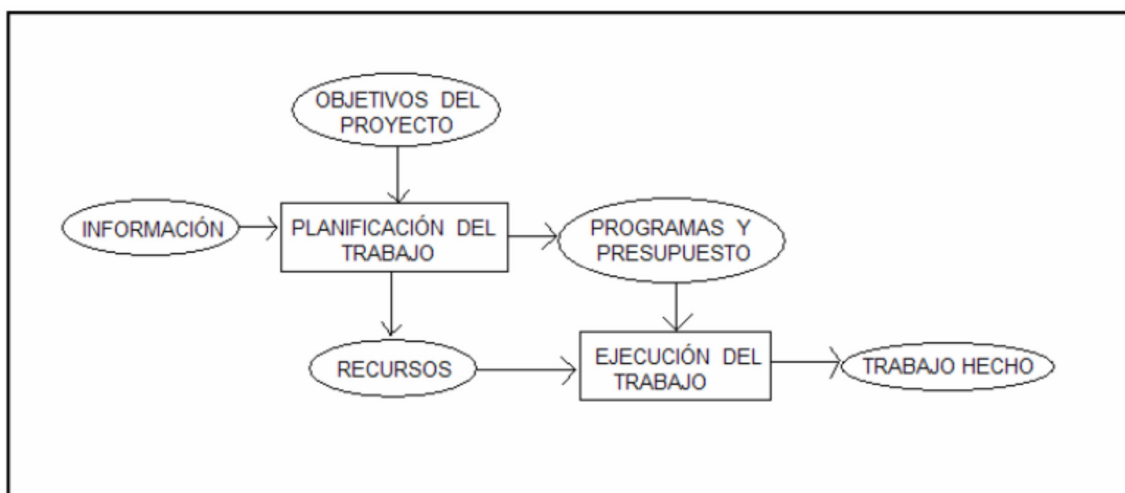


Figura 2.1: Proceso de Planificación Tradicional (Campero y Alarcón, 2008).

De acuerdo a lo que plantea Ballard (1994) y se ajusta a la realidad en Chile por estudios realizados por el Centro de Gestión de la Producción de la Pontificia Universidad Católica de

Chile (GEPUC), el modelo de planificación tradicional posee las siguientes características y paradigmas.

- La planificación en general se basa en la experiencia del administrador y es una tarea particularmente difícil en este rubro, ya que debe ser hecha bajo condiciones inciertas y sin la cantidad de información necesaria.
- El traspaso de información comúnmente se realiza en forma verbal y abarca aspectos de corto plazo, descuidando los aspectos a largo plazo.
- El proceso de control se focaliza en actividades, despreocupándose de las unidades productivas. Hay ocasiones en que el origen de los problemas generados en una actividad proviene de las cuadrillas y si no se realiza un seguimiento y control al desempeño de ellas, difícilmente se tomarán acciones correctivas adecuadas y a tiempo.
- El hacer una planificación muy detallada a largo plazo es innecesario debido a la gran incertidumbre existente. Esta característica es inherente a la construcción, por lo que deberemos evitar perder el tiempo planificando con un gran grado de detalle pues inevitablemente habrá que reprogramar.
- Existe poco interés en agregar nuevas técnicas de planificación. En general, se piensa que con la experiencia basta y los profesionales no mantienen actualizados sus conocimientos.

Como se observa el modelo tradicional no es un modelo de planificación óptimo, ya que no se disminuye la incertidumbre y variabilidad presente en la construcción, asumiéndola como un hecho con el que hay que lidiar.

2.2 Lean Production y Lean Construction.

El Lean Production es un sistema de producción que se desarrolló en Japón a causa de la difícil situación que se vivía en ese país luego de la segunda guerra mundial. Este sistema se desarrolló principalmente para empresas manufactureras y buscó producir a bajos costos pequeñas cantidades de productos variados bajo la teoría del desperdicio cero y mejora continua. Taiichi Ohno (1912-1990), creador del sistema Toyota, afirmaba que “en su empresa estudiaban la línea de tiempo desde que el cliente hacía el pedido hasta que la empresa recibía el dinero e iban reduciendo esa línea por medio de la eliminación de los desperdicios que no agregaban valor”.

En general, las actividades las podemos separar en dos tipos: las que agregan valor al producto y las que no lo hacen. Ambas consumen recursos, tiempo y espacio, pero difieren en que las que agregan valor al producto convierten material o información hacia lo que es requerido por el cliente y las que no agregan valor no producen beneficios explícitos hacia el cliente.

En el fondo, la esencia del sistema es eliminar o reducir al máximo cualquier elemento que no agregue valor al producto.

2.2.1 Filosofía Lean: 11 puntos planteados por Koskela en el año 1992.

Lauri Koskela (1992) postuló los 11 principios que se utilizan en Lean Construction. Estos principios son:

- 1) Satisfacer los requerimientos del cliente.**
 - a) Método pull, es el cliente quien define la línea de producción.

- 2) Reducir las actividades que no agregan valor.**
 - a) Muchas veces el ahorro que se genera en la reducción de estas actividades es mayor que los beneficios producidos por la mejora en las actividades que agregan valor.

- 3) Reducir los tiempos de ciclo.**
 - a) El tiempo de ciclo está definido como el tiempo total requerido por una pieza en particular de material para atravesar el flujo.

- 4) Reducción de la Variabilidad.**
 - a) Reducción de la variabilidad del proceso y la del producto.
 - b) Es fundamental que la variabilidad del proceso no sea mucha. Esto es debido a que si es imposible determinar con exactitud cuánto dura un proceso, es imposible mantenerlo en el tiempo.
 - c) Si los productos tienen mucha variabilidad entre sí, los servicios de post-venta y sus reparaciones serían insostenibles económicamente. Esto no aplica a los productos exclusivos.

- 5) Aumentar la flexibilidad.**
 - a) Debido a que los cambios en los intereses económicos y las modas que rigen la producción son cada vez más frecuentes, se hace fundamental la adaptación a estos cambios de manera rápida y eficiente, a costos razonables.

- 6) Aumentar la transparencia.**
 - a) Este punto es de suma importancia, ya que permite la detección de errores a tiempo y los problemas u oportunidades de mejora se facilitan notablemente.
 - b) Si los procesos de la compañía son altamente transparentes y bien documentados los costos de entrenamiento y capacitación de nuevos trabajadores van a bajar considerablemente.

- 7) Simplificar el proceso al minimizar el número de partes, pasos y relaciones.**
 - a) Entre más errores se cometan en la ejecución de los procesos, mayor será el costo final del producto, por lo tanto, entre más simple y sencillo sea el proceso, menor será la probabilidad de equivocarse y cometer errores.

- 8) Concentrar el control en el proceso completo.**
 - a) No se puede centrar la atención en sólo una parte del proceso, sino en el proceso completo. De no ser así cabe la posibilidad de que las mejoras o correcciones de un proceso en particular perjudiquen el proceso completo.

- 9) Construir una mejora continua en el proceso.**
 - a) Medir la mejora.

- b) Fomentar las buenas prácticas en la realización de los procesos.
- c) Eliminar los problemas de raíz en lugar de hacer frente a sus efectos.

10) Balancear las mejoras de flujo con las de conversión.

- a) Las mejoras de flujo pueden ser iguales o más importantes que las inversiones en los procesos de las actividades que agregan valor.
- b) Sólo invertir en maquinarias o sistemas computacionales, no es malo sino incompleto.

11) Hacer Benchmarking.

- a) Es muy difícil lograr mejoras radicales o avances tecnológicos sin salir de una oficina, es por esto que es importante observar lo que está ocurriendo en la industria y compararse con los líderes de ella.

2.2.2 Lean Construction.

En la construcción, desde principios de la década de los 90, el “International Group of Lean Construction” ha desarrollado un nuevo referencial teórico denominado “Lean Construction” o Construcción sin pérdidas, nombre que se origina por los esfuerzos de esta nueva corriente de producción que intenta minimizar o eliminar todas aquellas fuentes de pérdidas en los procesos productivos.

En la metodología Lean, las actividades de producción se conciben como flujos de materiales e información los que son controlados con el objetivo de obtener una mínima variabilidad y tiempos de ciclo. (Campero y Alarcón, 2008)

Esta filosofía está orientada hacia la administración de la producción en construcción, cuyo objetivo fundamental es la eliminación de las actividades que no agregan valor (pérdidas). Además, introduce principios que cambian el marco conceptual de la administración del mejoramiento de la productividad y enfoca todos los esfuerzos a la estabilidad del flujo de trabajo.

2.3 Sistema Last Planner.

Los proyectos de construcción debieran ser gestionados en términos de un sistema de producción para disminuir la incertidumbre y la complejidad de la construcción, incrementando la transparencia lo cual implica la participación y coordinación adecuada al momento de tomar decisiones para asegurar mejoras al proyecto (Ballard y Howell, 1994).

Ballard (1994) advierte los principales problemas presentes en la industria de la construcción:

- La planificación no se concibe como un sistema, sino que descansa plenamente en la experiencia del profesional a cargo de la programación.
- La gestión se enfoca en el corto plazo, descuidando el largo plazo.
- No se mide el desempeño obtenido.
- No se analizan los errores en la planificación ni las causas de su ocurrencia.

Ballard y Howell desarrollaron un sistema de planificación y control de proyectos llamado Last Planner. El Sistema Last Planner tiene cuatro niveles de implementación donde se va afinando el

plan y la incertidumbre se va reduciendo por medio de una consideración cuidadosa de lo que DEBERÍA hacerse y de lo que efectivamente PUEDE realizarse (Campero y Alarcón, 2008).

El método incluye la definición de unidades de producción y el control del flujo de actividades, mediante asignaciones de trabajo. Adicionalmente facilita la detección del origen de los problemas y la toma oportuna de decisiones relacionada con los ajustes necesarios en las operaciones para tomar acciones a tiempo, lo cual incrementa la productividad (Botero y Álvarez, 2005). El logro de un flujo de trabajo confiable, de una cuadrilla a otra, reduce pérdidas, simplifica la planificación posterior y permite entregar mayor valor a los clientes (Campero y Alarcón, 2008).

Basándose en Lean Construction, con el sistema Last Planner se espera generar un proceso de mejoramiento continuo en la construcción, donde los flujos de trabajo no tengan interrupciones y se pueda obtener una alta productividad.

A continuación se explican brevemente las etapas fundamentales que componen al sistema Last Planner de planificación y control de proyectos.

2.3.1 Programa Maestro.

El programa maestro y el presupuesto son generados a partir de la planificación inicial (como se observó en la planificación tradicional). El programa maestro definirá el mapa de coordinación de actividades que lleva a la realización del proyecto, los plazos y algunos responsables.

El programa maestro 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 Last Planner, ya que se estarán supervisando tareas que, en la realidad, representan la forma en que trabaja la empresa (Campero y Alarcón, 2008).

2.3.2 Planificación Intermedia.

Se incorpora un nuevo nivel de planificación denominado planificación intermedia, cuyo objetivo es determinar a partir de las actividades que deben realizarse cuáles son las actividades libres de restricciones que pueden realizarse.

La planificación intermedia abarca intervalos de 5 a 6 semanas. Las actividades son exploradas con más detalle, lo cual permite determinar las subtareas para su ejecución, y que pueden entenderse como prerrequisitos de trabajo, directrices o recursos necesarios para su realización, que se conocen como restricciones. Una vez que éstas se determinan, las actividades deben someterse al proceso de preparación, donde las restricciones son eliminadas, dejando la actividad lista para ser ejecutada (Botero y Álvarez, 2005).

De esta manera se genera un Inventario de Trabajo Ejecutable, el cual facilita al programador incorporar en la planificación semanal, actividades que realmente se puedan ejecutar.

2.3.3 Planificación Semanal.

La planificación semanal es aquella que presenta el mayor nivel de detalle antes de realizar un trabajo. Es desarrollada por diseñadores, supervisores de terreno, capataces y otras personas que

participan directamente en la ejecución del trabajo dependiente entre si (Campero y Alarcón, 2008).

El sistema de Last Planner pretende incrementar la calidad del plan de trabajo semanal (PTS), el cual cuando se combina con el proceso de planificación intermedia genera el control del flujo de trabajo (Botero y Álvarez, 2005).

2.3.4 Medición del desempeño.

El sistema Last Planner 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 procesos completados (PPC), que es el número de actividades realizadas dividido por el número de actividades programadas (Botero y Álvarez, 2005).

Las causas de no cumplimiento (CNC) 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 a la causa del problema que permita generar un flujo de trabajo más continuo (Arrieta, 2010).

2.4 Comparación entre sistema tradicional y el sistema Last Planner.

La mayor diferencia entre el sistema de planificación tradicional y el sistema Last Planner, es que este último incorpora un nuevo nivel de planificación, la planificación intermedia, la cual tiene una visión de mediano plazo (“look ahead”), que permitirá prever los posibles problemas que presentarán las actividades en el momento de su ejecución. Así mismo y a partir de este nuevo nivel de planificación, el sistema Last Planner pondrá en ejecución solamente las actividades que pueden ser realizadas.

Comparando la Figura 2.1 y 2.2 se observa que el sistema Last Planner incorpora un nuevo nivel de planificación, correspondiente a la planificación intermedia, en el cual se realiza la liberación de restricciones de las actividades que se realizarán a futuro.

En el sistema tradicional los recursos se asignan a las actividades programadas; pero no se considera que hay actividades que no podrán ser realizadas aunque estén programadas. Al considerar en el plan semanal actividades que no se podrán realizar generará un atraso en la cadena productiva que sigue a esa actividad interrumpiendo el flujo de trabajo y generando tiempos muertos en diversas cuadrillas.

En resumen, la visión del trabajo entre ambos sistemas de planificación es diferente. En el siguiente cuadro comparativo, podemos ver las bases de cada sistema y cual es su respectiva visión, por un lado planificación convencional para el sistema tradicional y planificación sin pérdidas para Last Planner (Campero y Alarcón, 2008).



Figura 2.2. Sistema Last Planner. (Fuente: Elaboración Propia)

Tabla 2.1: Comparación entre planificación convencional y Lean. (Campero y Alarcón, 2008)

	PLANIFICACIÓN CONVENCIONAL	PLANIFICACIÓN SIN PÉRDIDAS
Objeto	Afecta a productos y servicios	Afecta a todas las actividades de la empresa
Alcance	Actividades de control	Gestión, asesoramiento y control
Modo de Aplicación	Impuesta por la dirección	Por convencimiento y participación
Metodología	Detectar y corregir	Prevenir
Responsabilidad	Departamento de calidad	Todos los miembros de la empresa
Clientes	Ajenos a la empresa	Internos y externos a la empresa
Conceptualización de la producción	La producción se basa en actividades de conversión, todas ellas añaden valor al producto	La producción consiste en actividades de conversión y flujos: hay actividades que agregan valor y actividades que no agregan valor al producto
Control	Costo de las actividades	Dirigido hacia el costo, tiempo y valor de los flujos
Mejoramiento	Implementación de nueva tecnología	Reducción de las tareas de flujo, y aumento de la eficiencia del proceso con mejoras continuas y tecnología

Son varios los puntos que marcan la diferencia entre ambos sistemas y se observa que el sistema Last Planner poseerá un mayor control frente a la variabilidad presente en la construcción.

2.5 Niveles de implementación de Last Planner.

Diversas investigaciones se han realizado en Chile y alrededor del mundo, detectando que la industria de la construcción presenta problemas de productividad, una inadecuada planificación, incumplimiento de plazos, variabilidad en el flujo de trabajo, deficiente control y baja calidad (Alarcón, 1997 y Ballard, 2000).

El sistema Last Planner ha contribuido ampliamente a formalizar la planificación y mejorar el control de los proyectos, sin embargo, no se están implementando totalmente todos los niveles propuestos ya que en algunos casos el sistema Last Planner simplemente está funcionando como una herramienta del control operacional de corto plazo de la producción (Ballard y Howell, 2003).

Según opiniones de expertos de la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT), la implementación de Last Planner no alcanza todos los niveles que se esperaría de acuerdo a la teoría.

Enfrentarse a los paradigmas presentes en los equipos de obra e implementar una planificación a mediano plazo ha costado, ya que en variadas ocasiones no se ha logrado implementar en su totalidad la planificación intermedia, y tampoco la confección de un inventario de trabajo ejecutable.

Dado lo anterior se vuelve interesante estudiar los niveles de implementación que posee el sistema Last Planner en las obras de construcción en Chile y cuál es su verdadero impacto en la productividad.

El sistema Last Planner no se implementa en todos los proyectos de construcción de igual forma, ya que depende mucho de la confianza y participación que se genere entre el planificador y el resto de los participantes.

2.6 Indicadores y Productividad.

Productividad es la relación entre lo producido y lo gastado en ello. Por lo que podría definirse como la relación entre la cantidad de servicio o producto producido y la cantidad de recursos utilizados para obtenerlo. También puede definirse en forma más explícita como una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado (Serpell, 1993).

Para este estudio se desea medir el progreso de la productividad durante el tiempo de aplicación del sistema Last Planner, para ello, generalmente se emplea el índice de productividad (P) como un punto de comparación de la siguiente forma:

$$P = \frac{\text{Productividad Observada}}{\text{Estándar de Productividad}}$$

La productividad observada es la productividad medida durante un periodo definido (día, semana, mes, año) del proyecto.

El estándar de productividad corresponde a la productividad esperada por el proyecto para cierto período de tiempo. Este valor es determinado a partir del estudio previo que se realizó con el proyecto y de acuerdo a sus características, además se define a partir de la experiencia de la empresa en proyectos similares. Con estos antecedentes se define la producción esperada para cada semana, y a partir de ésta, se determina la cantidad de recursos a utilizar para las actividades correspondientes a dicho periodo de tiempo.

La medición de datos se requiere por dos motivos: para conducir el mejoramiento interno de la organización, y para comparar los datos obtenidos de los indicadores escogidos. Para las organizaciones directamente implicadas en la construcción el primer motivo es el principal, mientras que para el cliente final, el segundo pasa a ser mucho más importante (Arrieta, 2010).

Se ha optado por analizar la productividad de los proyectos a partir de la cantidad de hormigón colocado con respecto al requerimiento de hormigón presupuestado para la semana, bajo el supuesto de que los recursos de hora hombre (HH) fueron siempre constantes y correspondieron a los presupuestados inicialmente. Es decir, frente a cualquier eventualidad, la cantidad de recursos utilizados en dichas faenas no se modificó durante el tiempo, fueron constantes desde el inicio de la medición hasta el término.

Este supuesto queda respaldado luego del análisis que se pueda realizar a las causas de no cumplimiento correspondientes a la colocación de hormigón para cada proyecto. Si se observa que la causa de no cumplimiento de una actividad relacionada a la colocación de hormigón es causada por falta de mano de obra y este valor corresponde a un porcentaje muy bajo del total de actividades que no se realizaron, se puede considerar que la mayor parte del tiempo de obra se contaba con la cuadrilla completa para la colocación de hormigón, es decir, las HH reales son muy parecidas a las HH presupuestadas durante la mayor parte del estudio.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Productividad Real}}{\text{Productividad Presupuestada}} \quad (\text{i})$$

$$\text{Productividad Real} = \frac{\text{m}^3 \text{ Hormigón colocado}}{\text{HH reales}} \quad (\text{ii})$$

$$\text{Productividad Presupuestada} = \frac{\text{m}^3 \text{ Hormigón presupuestado}}{\text{HH presupuestadas}} \quad (\text{iii})$$

Remplazando ii y iii en i y considerando el supuesto que HH presupuestadas es muy parecida a HH reales, se obtiene:

Indicador de Productividad	=	$\frac{\text{m}^3 \text{ Hormigón colocado}}{\text{m}^3 \text{ Hormigón presupuestado}}$
----------------------------	---	--

En forma más concreta, el indicador de productividad medido corresponderá a m³ de hormigón colocado versus m³ de hormigón presupuestado, donde este último dato corresponde al valor de rendimiento esperado para una cuadrilla de hormigones fija, estimada en el programa maestro. Es decir el hormigón mínimo que se debiese colocar en la semana dadas las características del proyecto (cantidad de hora hombre (HH) invertidas, maquinarias, etc.) a recursos constantes y preestablecidos.

2.7 Benchmarking.

En su sentido más simple el Benchmarking es una herramienta de aprendizaje diseñada para disminuir la incertidumbre existente en torno a la organización, utilizando como referencia otras experiencias. Al utilizar esta herramienta se identifica un benchmark o buena práctica, el cual

entrega a la organización un objetivo factible de alcanzar, utilizando conocimientos y técnicas desarrolladas por otras organizaciones (Knuf, 2000).

A través de mediciones de desempeño se espera identificar las mejores prácticas dentro del grupo generando instancias de mejoramiento continuo con resultados en un corto plazo (Proyecto FDI, 2001).

Sin embargo, los indicadores de desempeño utilizados no explican realmente dónde radican las diferencias entre las distintas organizaciones sin un análisis minucioso. Un análisis detallado se hace casi imposible considerando el tipo de Benchmarking empleado y la cultura organizacional existente en el sector de la construcción (Ramírez, Alarcón y Knight, 2004).

Para lograr entender más fácilmente dónde radican las diferencias es necesario ampliar este sistema complementándolo con uno cualitativo. Un Benchmarking cualitativo entrega información relevante sobre distintas dimensiones de una organización, que explican en cierta medida el desempeño obtenido (Ramírez, Alarcón y Knight, 2004).

La idea de Benchmarking plantea comparar y medir el desempeño de una empresa con respecto de aquellas empresas líderes del mercado y que tienen características similares, para luego usar las lecciones aprendidas del líder con el objetivo de establecer metas de mejoramiento (Díaz, 2007).

En resumen, para aplicar un Benchmarking dentro de la construcción, se deben considerar los aspectos cualitativos sobre los resultados obtenidos medidos a partir de los indicadores de desempeño y de procesos.

En el presente estudio se desea desarrollar un sistema de evaluación de proyectos que sirva de referencia para dar impulso al desarrollo de un sistema que incorpore el benchmarking dentro del área de planificación y control de proyectos que utilicen el sistema Last Planner. Para ello, el sistema de evaluación permite determinar el proyecto líder, correspondiente al de mayor productividad, los niveles de implementación y buenas prácticas que posee el sistema Last Planner y que marcan su diferencia con respecto a los demás proyectos.

2.8 Resumen.

En este capítulo se procedió a explicar los conceptos que fundamentan teóricamente el estudio realizado. Se indicaron las bases del sistema Last Planner y las actividades principales que lo componen, explicando también los indicadores de resultados que apoyan al sistema. Además, en este capítulo, se explica el indicador de productividad que se utilizará en este estudio, correspondiente a un indicador que mide la cantidad de hormigón utilizado versus el hormigón presupuestado para una determinada semana.

CAPITULO 3: SISTEMA DE EVALUACIÓN.

En el presente capítulo se explica el sistema de evaluación utilizado para este estudio, indicando en un principio las cuatro etapas que se consideraron más influyentes dentro del sistema Last Planner. Estas se evaluarán de acuerdo al nivel de implementación que se obtuvo en cada proyecto y al nivel de compromiso que presentó el equipo de obra. Para ello se confeccionó una pauta de evaluación que será detallada en el punto 3.2.

A continuación, se explicará el formato de asignación de puntaje a los proyectos (porcentaje de implementación del sistema Last Planner) a partir de lo indicado anteriormente.

Finalmente, se explicará como se realizará el estudio del Porcentaje de Plan Completado (PPC), de las causas de no cumplimiento (CNC) y de la Productividad de los proyectos, utilizando este último indicador para determinar al proyecto líder.

3.1 Rigurosidad y cumplimiento de las actividades de Last Planner.

Por medio de información recolectada y entregada por los encargados de los proyectos, informes confeccionados por los asesores de la CDT y las visitas realizadas a las obras, se procederá a evaluar el nivel de implementación del sistema Last Planner. Este nivel de implementación se evaluará en dos partes, la primera corresponde al nivel de implementación alcanzado en cada una de las etapas principales y más relevantes que conforman este sistema, y la segunda, corresponde al nivel de compromiso que posee el equipo de obra para implementar cada una de las etapas del sistema.

Se ha optado por evaluar estos dos ámbitos puesto que en los sistemas de planificación y control de proyectos no basta con cumplir con los pasos de implementación del sistema, si no que también es fundamental el compromiso del equipo de obra para que cada una de estas etapas se realicen a conciencia y con los datos reales, teniendo siempre en cuenta que no se realizan los análisis para buscar culpables de los problemas, si no que para mejorar el flujo de trabajo y aprender de los errores. Es por esto que el lado humano es fundamental en la buena implementación de este sistema y se vuelve relevante considerarla dentro de este estudio.

Basándose en los textos que estudian el sistema Last Planner, principalmente Ballard (2000) y en la observación directa, observación participante y por la información recopilada de los proyectos, se han considerado cuatro etapas principales para este sistema de planificación y control de proyectos.

1. Programa Maestro.
2. Planificación Intermedia.
3. Inventario de Trabajo Ejecutable.
4. Planificación Semanal.

Para cada una de estas etapas se medirá el nivel de implementación catalogándolo como Bueno, Regular o Malo a partir de la pauta de evaluación explicada en el punto 3.2. A continuación, y de la misma forma, se evalúa el compromiso del equipo de obra, catalogando este grado de compromiso como Alto, Medio o Bajo utilizando la misma pauta de evaluación. Valor que posteriormente se registrarán en la Tabla 3.1 y 3.2.

El sistema de evaluación utilizado corresponde a una evaluación cualitativa de la implementación de Last Planner en cada uno de los proyectos, a la cual se le desea incorporar valores que permitan medir la implementación por medio de un puntaje final.

Este formato de evaluación es una confección propia basada en el formato para medir la rigurosidad y cumplimiento de las actividades de Last Planner de Pinto (2010), en el cual se consideran 13 actividades importantes del sistema de planificación.

Como se mencionó antes, se consideraron tan solo cuatro etapas en la implementación de Last Planner seleccionadas como las más importantes del sistema a partir de los textos relacionados y resultado de reuniones con expertos en el tema. Esta reducción facilita la comparación entre proyectos, pero reduce la variabilidad entre ellos al momento de asignarles puntajes, ya que los valores se moverán entre menos posibilidades.

Así mismo, la pauta de evaluación es la recopilación de buenas prácticas en la implementación de Last Planner igualmente basadas en reuniones con expertos, observación directa y análisis de la información proporcionada en el marco teórico en que se basa este estudio.

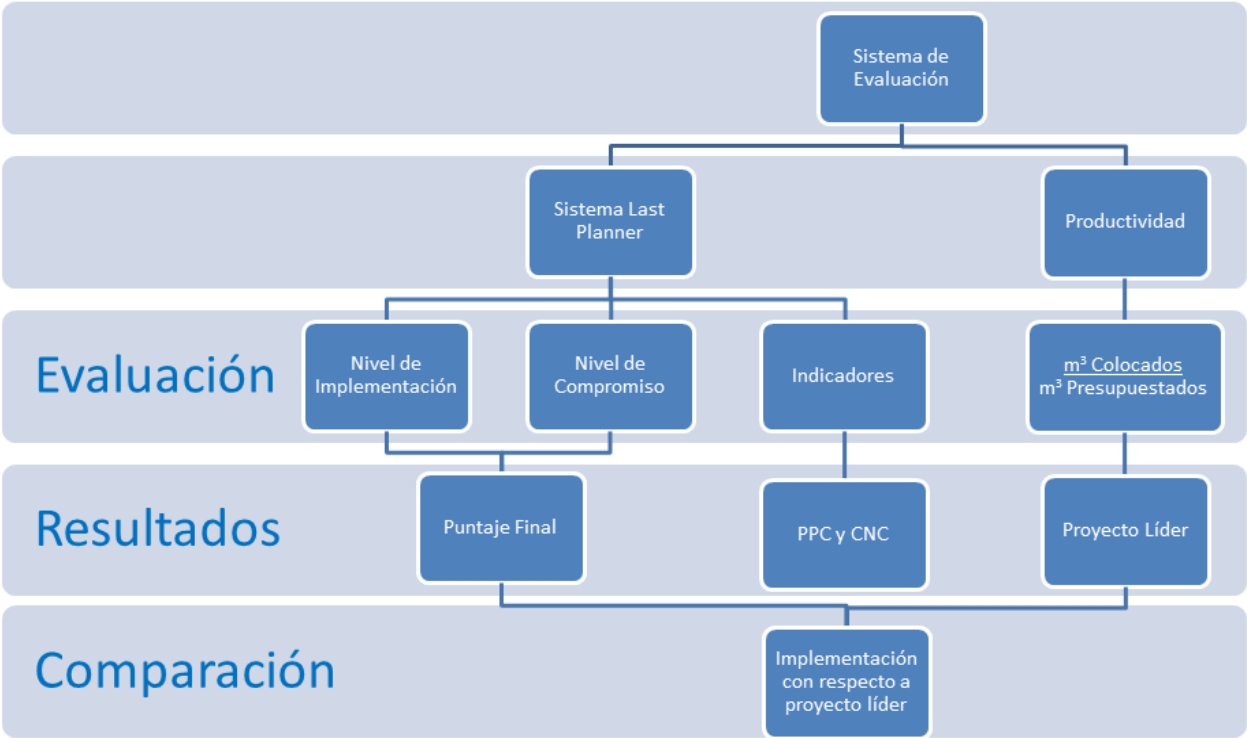


Figura 3.1: Sistema de evaluación de los proyectos.

Los resultados obtenidos por el sistema de evaluación son finalmente comparados con el proyecto líder de manera de poder determinar las características y niveles de implementación que generaron una mayor productividad en dicho proyecto. En la Figura 3.1 se observa el procedimiento del sistema de evaluación utilizado en este estudio.

3.2 Pauta de Evaluación del Sistema Last Planner.

Para estandarizar el criterio de evaluación, a continuación se entrega la pauta utilizada para evaluar los proyectos. Se procedió a evaluar, para cada proyecto, los niveles de implementación que tuvo el sistema, además se evaluaron los indicadores de cumplimiento del programa y de causas de no cumplimiento.

3.2.1 Evaluación de la implementación del Sistema Last Planner.

Como se mencionó en la presentación de este sistema de evaluación, se procederá a explicar en primera instancia el criterio de evaluación para el nivel de implementación del sistema Last Planner. Para ello, se hará una pequeña reseña del contexto y los distintos niveles de implementación de cada etapa.

3.2.1.1 Programa Maestro:

El programa maestro cumple un rol muy importante para cada proyecto. Como se mencionó en el marco teórico. Este es el primer paso que debe tomar un proyecto, puesto que es en esta instancia donde se definen los plazos en la Carta Gantt, requerimientos de mano de obra, materiales y equipos. Se define la secuencia constructiva y el ritmo que se desea obtener durante la construcción, entre otras cosas.

Es por todo esto que se hace necesario realizar una planificación inicial que abarque todos estos puntos, de manera tal que se puedan detectar complicaciones constructivas o de plazos de forma oportuna.

Es importante lograr realizar un programa maestro acorde a la realidad de cada empresa, incorporar rendimientos históricos de cuadrillas, rendimientos de maquinarias ya utilizadas, entre otros, para que de esta forma cada obra pueda apuntar a rendimientos reales y poder cumplir los plazos reales.

Como se mencionó anteriormente es necesario tener claro en qué momento se requerirán determinados recursos, es por esto que se hace necesaria la planificación de los recursos en el Programa Maestro, confeccionando un flujo de recursos, determinando las fechas exactas en las cuales se requerirán los materiales, la mano de obra, etc. Si se realiza una buena planificación de los recursos en forma oportuna, el trabajo durante la planificación intermedia será mucho más sencillo, ya que previamente se tendrá un análisis de fechas y cantidad de recursos para liberar restricciones.

Con un buen programa Maestro, se pueden realizar comparaciones periódicas entre los indicadores reales y teóricos planteados en este, de forma que se analicen los avances, los flujos de materiales y mano de obra. De esta manera, se podrá tener una gama de indicadores de control de avance y de productividad de la obra, enfocados en optimizar los recursos.

Nivel de implementación:

Bueno: Se cuenta con un Programa Maestro en el cual se utiliza información recolectada de otros proyectos similares, el cual entrega información de M.O., presupuesto, recursos, maquinarias y compromisos de fechas acorde a la realidad de la obra.

Regular: El Programa Maestro se confeccionó sin utilizar información recolectada por la empresa, sin embargo es cercano al proyecto, pero tiene detalles que se hubiesen podido mejorar en los recursos requeridos y en los compromisos de fechas.

Malo: El Programa Maestro no es representativo de la realidad de la obra, lo que impide llevar un control óptimo de recursos y sirve básicamente para controlar fechas y avances.

3.2.1.2 Planificación intermedia:

Uno de los puntos fundamentales del sistema Last Planner es realizar una planificación intermedia, la cual permite hacer una proyección a mediano plazo de las actividades y necesidades que tendrá la obra. Esta reunión se puede hacer semanal o quincenal, lo importante es analizar entre 5 a 6 semanas a futuro de la fecha de la reunión, de manera que se pueda contar con un amplio tiempo de reacción, frente a cualquier problema que se pueda presentar, de esta manera la planificación se vuelve preventiva y no reaccionaria. Es importante que en esta reunión participen todos los actores importantes de la obra, como lo son el Jefe de Terreno, Jefe de Bodega, Jefe de Oficina Técnica, Administrador, etc. puesto que se generarán compromisos para poder liberar las restricciones que impiden ejecutar las actividades y posteriormente generarán el inventario de trabajo ejecutable.

Uno de los puntos más importantes dentro de la planificación intermedia corresponde a la identificación de restricciones. Es por esto que se debe dar un espacio para que las actividades sean exploradas con más detalle, lo cual permite determinar las subtarear para su ejecución, y que pueden entenderse como prerrequisitos de trabajo, directrices o recursos necesarios para su realización, que se conocen como restricciones.

Si no se procede a identificar las restricciones que tiene cada actividad y a su vez las actividades que se abrirán, no será eficiente la planificación intermedia. Si bien muchas veces este proceso se hace por experiencia, es recomendable el poder dedicar un espacio para estudiar la falta de material, actividad u otro que se interponga en la realización de alguna actividad fundamental.

Para mejorar la planificación intermedia es necesario tener claro en qué momento se requerirán determinados recursos, es por esto que se hace necesaria la planificación de los recursos en el Programa Maestro, confeccionando flujo de recursos, determinando las fechas exactas en las cuales se requerirán los materiales, mano de obra, etc.

Nivel de implementación.

Bueno: Se realiza la reunión de planificación intermedia a lo más cada 15 días, en la cual se identifican y liberan en conjunto las restricciones de las actividades venideras y se realizan compromisos para liberar las restricciones de las actividades restantes, se asignan responsables de dichas liberación de restricciones.

Regular: La identificación y liberación de recursos no se efectúa en forma conjunta con todos los involucrados, esta liberación no necesariamente se realiza en la reunión de planificación intermedia, sin embargo se consulta a los responsables de las restricciones. No se proyecta con un mes de antelación la obra.

Malo: La identificación y liberación de recursos no es realizada en la reunión de planificación intermedia, no se genera un compromiso a liberar las restricciones y en general se identifican los prerequisites de las actividades una vez van a ser ejecutadas y no con antelación.

3.2.1.3 Inventario de Trabajo Ejecutable:

Luego del análisis realizado en la planificación intermedia, las actividades deben ser liberadas y pasar a conformar el inventario de trabajo ejecutable. Para ello se debe verificar con un mes de antelación si se cuenta con todos los materiales, mano de obra, cancha, etc. necesaria para la realización de dichas actividades, de manera de ir previniendo las causas de no realización de actividades.

Las actividades que cumplan con todas sus restricciones liberadas, pasan a formar el inventario de trabajo ejecutable, el cual consiste en una lista de actividades que no deberían poseer ningún problema para ser ejecutadas. Con este inventario se puede generar una planificación semanal acorde a la realidad ejecutable de la obra, disminuyendo la variabilidad, mejorando los indicadores de PPC y la productividad de las cuadrillas al no producirse estancamientos en el flujo de trabajo provocados por falta de materiales, mano de obra, cancha, etc.

Nivel de implementación.

Bueno: Se genera un inventario de trabajo ejecutable, en el cual se incorporan solamente actividades que poseen todas sus restricciones liberadas, inventario que pasa a ser la fuente de la cual se determinarán las actividades que se incorporarán al programa semanal.

Regular: Semanalmente se liberan las restricciones de las actividades con cuatro o menos semanas de antelación, sin embargo, no se confecciona una lista de actividades ejecutables, es decir, más de una vez han pasado al plan semanal actividades que no se han liberado sus restricciones.

Malo: No se realiza una liberación de recursos en forma oportuna y las actividades pasan al plan semanal sin chequear si son ejecutables o no o bien sin generarse compromisos sobre ellas.

3.2.1.4 Planificación semanal:

La planificación semanal es otro de los puntos principales dentro del sistema Last Planner, dado que a partir de una buena planificación, se podrán obtener mejores avances durante la semana. Sin embargo, como ya hemos visto esta planificación será más efectiva si se han realizado de buena forma los puntos anteriores. En primera instancia es fundamental que las actividades que se incorporan en el plan semanal provengan de un inventario de actividades ejecutables previamente analizado. De esta forma se vuelve primordial que la planificación se realice en conjunto con todos los supervisores involucrados en las actividades, de manera que no se incorpore en el plan semanal alguna actividad que no se pueda realizar y provoque una interrupción en el flujo continuo de trabajo.

A modo de mejoramiento continuo, es importante el análisis de los compromisos que se habían tomado la semana anterior, de manera que se puedan detectar los problemas recurrentes y generar una mejora en la ejecución de las actividades de la semana que está por venir. La revisión del cumplimiento de los compromisos tomados en la reunión anterior por parte de todos los

supervisores, fomenta la integración de los responsables de las actividades y los hace parte del proyecto común que es la obra como tal. Este punto permite detectar las causas de no cumplimiento de actividades, de esta forma se pueden tomar soluciones en conjunto para enfrentar los problemas presentados durante la semana.

Este análisis es fundamental para mejorar el flujo de trabajo, ya que permite detectar las razones de fondo del incumplimiento del programa generando acciones correctivas y planteando ideas de mejora.

Nivel de implementación.

Bueno: se hace entrega de una planificación semanal y se da espacio para discutir o comentar las actividades y la factibilidad de realizarlas, generando un compromiso en su realización por parte de los supervisores. Además se lleva el control de las causas de no cumplimiento y se buscan soluciones en conjunto para que no se vuelvan a repetir.

Regular: se entrega una planificación pero no se da pie a la discusión de la posible realización de las actividades indicadas, no se realiza necesariamente un compromiso por parte de los supervisores.

Malo: Se entrega una planificación de acuerdo al plan maestro sin verificar si las actividades se pueden realizar. No se da pie al análisis de las actividades de la semana anterior ni de la factibilidad de realizar las actividades de la semana siguiente.

3.2.2 Evaluación del grado de compromiso o nivel de experiencia por parte del equipo de la obra con el sistema Last Planner.

En una segunda instancia, como se dijo anteriormente, es de igual importancia evaluar el nivel de compromiso que existe por parte de los profesionales y trabajadores de la obra para llevar la implementación de Last Planner. Si existe un mayor compromiso para implementar de buena forma, responsablemente y de forma ordenada el sistema de planificación, este debería generar mejores resultados para los indicadores de la obra.

A continuación se exponen los criterios de evaluación del nivel de compromiso por parte del equipo de obra para cada una de las etapas de este sistema.

3.2.2.1 Programa Maestro:

Durante la confección del programa maestro, lo más importante es la experiencia del equipo de obra que lo confecciona o bien de la buena información recolectada por la empresa. Sin embargo también es importante que en las reuniones en las cuales se definen todos los pormenores del proyecto, participen todos los agentes claves del equipo de obra, de manera que durante la ejecución del proyecto todos ya estén informados o hayan podido aportar con las posibles dificultades o mejoras que pueda tener el proyecto como tal, tanto en su administración, logística y construcción.

Más allá de evaluar tan solo el grado de compromiso por parte de los participantes durante esta etapa, se evaluará si el equipo de obra participó en la confección de este programa maestro.

Nivel de compromiso:

Alto: Participó gran parte del equipo de obra en la mayor cantidad de directrices decididas durante la confección del programa maestro. Se cuenta con un equipo experimentado en la realización de proyectos de similares características.

Medio: No participaron todos los actores del equipo de obra en la confección del programa maestro. No se cuenta con un equipo con mucha experiencia en proyectos similares.

Bajo: Se entregó un programa maestro en el cual el equipo de obra no tuvo participación durante su confección.

3.2.2.2 Planificación intermedia:

Es primordial darle el sentido y la importancia necesaria a la planificación intermedia, de manera que se vuelva fundamental la participación de los responsables de las distintas áreas del equipo de la obra. Es por esto que la constancia en la realización de estas reuniones es de suma importancia y debe ser sumada a la participación y motivación por parte de todos los actores principales de la obra. En este punto el Administrador de obra cumple un rol fundamental, debido a que posee las facultades para convocar esta reunión y hacer un seguimiento a todos los compromisos que en ella se generen, de manera que la planificación intermedia y liberación de recursos sea lo más efectiva posible.

Como se ha dicho anteriormente, este punto en el sistema Last Planner permite realizar una proyección a mediano plazo de la obra, con la cual se pueden detectar los problemas, dificultades y restricciones de las actividades que están por venir, teniendo un tiempo suficiente de reacción. Es por todo esto que los responsables de cada área deben participar, ser constantes y tomar los compromisos y responsabilidades correspondientes para mejorar el flujo de trabajo de la obra, teniendo siempre en mente que son ellos los que permitirán un flujo continuo.

Nivel de compromiso:

Alto: Se considera importante por parte de todos los involucrados revisar el estado de las actividades que vendrán a futuro, de manera que se puedan tomar medidas oportunas frente a cualquier problema posible. En las reuniones participa todo el equipo de obra.

Medio: Se le da mediana importancia a la reunión intermedia, se realiza de vez en cuando y no participa todo el equipo de obra. La liberación de restricciones no se efectúa necesariamente por el encargado de dicha actividad. No se asignan los responsables correctos a la liberación de restricciones.

Bajo: Se observa que no se considera importante por parte de todos los involucrados revisar el estado de las actividades que vendrán a futuro. También se detecta que no se le da importancia a la identificación de restricciones de las actividades antes de incorporarlas en la planificación.

3.2.2.3 Inventario de Trabajo Ejecutable:

El equipo de obra debe estar al tanto de las ventajas de confeccionar un listado de trabajo ejecutable, así mismo se debe fomentar su ejecución y aplicación, ya que permite disminuir la

variabilidad de las actividades de la semana al incorporar en el programa de trabajo semanal solamente actividades que se puedan ejecutar.

Nivel de compromiso:

Alto: Se observa que el equipo de obra considera importante la liberación de restricciones de las actividades antes de incorporarlas en la planificación. El encargado de llevar la planificación y control del proyecto es responsable y confecciona un programa semanal a partir de un listado de actividades con todas sus restricciones liberadas, sin incorporar aquellas que aún tienen restricciones pendientes.

Medio: El encargado de la programación no da importancia al inventario de trabajo ejecutable, por lo cual incorpora al programa semanal actividades sin todas sus restricciones liberadas. No se controla mucho la utilización del inventario de trabajo ejecutable al confeccionar la planificación semanal.

Bajo: Se observa que no se da importancia a la liberación de restricciones de las actividades antes de incorporarlas en la planificación. Por lo cual nadie regula la confección de un inventario de trabajo ejecutable.

3.2.2.4 Planificación semanal:

Como se dijo anteriormente, en este punto es importante la participación de los subcontratos y supervisores de obra, puesto que con su participación la programación semanal podrá ser más cercana a la realidad ejecutable de la obra, puesto que cada participante de esta reunión aporta en la factibilidad o dificultades que puedan tener las actividades que se quieren incorporar en la semana.

La participación de todos estos agentes permite confeccionar un programa semanal cuya variabilidad sea mínima, dado que cada subcontrato o supervisor maneja los rendimientos de sus cuadrillas y los problemas que se han presentado o se podrían presentar, facilitando de esta manera el trabajo del planificador. Esta programación en conjunto y con las actividades filtradas con el inventario de trabajo ejecutable, reducen en gran medida la variabilidad presente en la construcción, manejando y previendo las dificultades y problemas.

Otro punto durante la planificación semanal que aporta con un mejoramiento continuo al flujo de trabajo, es la detección de las causas de no cumplimiento de las actividades que no se pudieron realizar durante la semana. Si esta detección de causas es realizada a conciencia se puede mejorar de buena forma las actividades que han presentado problemas, por lo que el compromiso de supervisores y subcontratos es fundamental.

Nivel de compromiso:

Alto: Se observa que se considera importante por parte de todos los involucrados la planificación semanal. Además, existe conciencia en todos los agentes que revisar el cumplimiento de las actividades mejorará el flujo de trabajo futuro, puesto que a partir de esto se podrán detectar las falencias y causas del no cumplimiento de ellas, de manera que se pueda buscar en conjunto una solución. Así mismo se realiza una revisión en conjunto del programa semanal.

Medio: No se le da participación a los subcontratos y supervisores dentro de esta reunión, en general se lleva un programa el cual no se revisa en gran medida y no se analizan en conjunto las soluciones a los problemas de las actividades, si no que más bien son determinadas por el jefe de terreno o encargado de la programación.

Bajo: No se le da importancia a la planificación semanal, se genera un programa en forma individual por parte del jefe de terreno o encargado del programa sin consultarlo con subcontratos o supervisores, por lo cual no se tiene incorporado en el equipo las ventajas de analizar las causas de no cumplimiento.

3.2.3 Asignación de puntaje según nivel de implementación del sistema.

Para facilitar la evaluación de los proyectos se utilizó la Tabla 3.1 y 3.2, basadas del estudio de Pinto (2010), que permite ir registrando el nivel de implementación y de compromiso para cada una de las etapas de Last Planner a partir de la pauta de evaluación.

Como se mencionó anteriormente se procede a llenar las Tablas 3.1 y 3.2 a partir de las características de los proyectos y utilizando la pauta de evaluación del punto 3.2, indicando si la actividad se ejecuta y de ser así, se indica si el nivel de implementación es bueno, regular o malo. De igual manera se registra el nivel de compromiso, en el caso de realizarse la actividad se determina si el nivel de compromiso es alto, medio o bajo.

Tabla 3.1: Tabla de evaluación de nivel de implementación.

PROYECTO ETAPA	¿Se efectúa?		Nivel de implementación		
	Sí	No	Bueno	Regular	Malo
PROGRAMA MAESTRO					
PLANIFICACIÓN INTERMEDIA					
INVENTARIO TRABAJO EJECUTABLE					
PLANIFICACIÓN SEMANAL					

Tabla 3.2: Tabla de evaluación de nivel de compromiso.

PROYECTO ETAPA	¿Se efectúa?		Nivel de compromiso		
	Sí	No	Alto	Medio	Bajo
PROGRAMA MAESTRO					
PLANIFICACIÓN INTERMEDIA					
INVENTARIO TRABAJO EJECUTABLE					
PLANIFICACIÓN SEMANAL					

Debido a que no se conoce de mejor forma el porcentaje de incidencia de cada una de las etapas seleccionadas, para evaluar los proyectos se ha optado por tomar las siguientes consideraciones:

- a) Cada nivel de implementación y compromiso tiene el mismo porcentaje de incidencia para cada etapa de Last Planner.

Esto quiere decir que se asignará un puntaje para cada nivel de implementación o compromiso correspondiente a un tercio del total, por lo tanto cada nivel de implementación aporta un 33% a la etapa.

Tabla 3.3: Puntaje asignado según nivel de implementación y de compromiso.

Nivel de implementación	Nivel de compromiso	Puntaje
No se efectúa	No se efectúa	0
Bueno	Alta	100
Regular	Media	66
Malo	Baja	33

b) Cada etapa del sistema Last Planner tiene el mismo porcentaje de incidencia.

Para estas cuatro etapas se ha considerado que poseen el mismo porcentaje de incidencia en el sistema (25% cada una), por lo cual en el momento de incorporar números en la evaluación, el resultado se podrá desprender de un simple promedio de los resultados de cada una de las cuatro etapas.

Por último, para obtener el puntaje final, se considerará que tanto la implementación y el compromiso con el sistema tienen la misma incidencia, por lo que el puntaje final será el promedio entre estas. No se maneja un estudio que indique el nivel de incidencia que posee el compromiso del equipo de obra en la implementación del sistema Last Planner por sobre la implementación como tal. Es por esto que, para no utilizar valores poco fundamentados, se ha considerado que el compromiso del equipo de obra y la implementación como tal, tienen la misma incidencia en los mejores resultados que se pueden obtener utilizando esta herramienta de planificación.

Mediante esta elaboración propia se obtiene un sistema de evaluación simple y general cuyos valores van desde el 0 al 100. Como se mencionó anteriormente, en este sistema se trató de considerar solamente las etapas más relevantes e influyentes en los proyectos por parte del sistema Last Planner. Donde las subtarefas que complementan a cada una de estas etapas son consideradas en la pauta de evaluación de acuerdo al nivel de implementación.

3.3 Evaluación de los indicadores del sistema Last Planner.

3.3.1 Porcentaje de programa completado.

Como se mencionó anteriormente, el porcentaje de programa completado (PPC) representa el grado de acierto en la planificación semanal, es decir, para valores altos se ha logrado realizar efectivamente la mayor cantidad de actividades proyectadas en la semana. El objetivo para los planificadores consiste en tener al final de la semana, una vez ejecutadas las actividades, valores altos de PPC, lo que significa que se han programado actividades que realmente se podían realizar.

Se debe tener en cuenta que valores altos en este indicador no representan necesariamente valores altos en la productividad, puesto que el programador puede incorporar al plan semanal actividades que no necesariamente proporcionarán un aumento de zonas de trabajo para otras actividades o bien un avance para la obra. Sin embargo, como base teórica del sistema, este indicador cumple un rol fundamental que permite al planificador llevar un control de las actividades que se están realizando y facilita el estudio de las causas de no cumplimiento (CNC) al hacer partícipe de la planificación y del control del programa a todos los actores involucrados.

Lo que se busca, es comparar este indicador con el indicador de productividad y analizar si existe una relación entre ellos, es decir, que si al realizar una planificación coherente que fomenta un trabajo continuo se logra un aumento en la productividad de la obra.

Para realizar este análisis, se evaluarán solamente las actividades correspondientes a la obra gruesa de los proyectos, de esta manera se disminuirá la variabilidad entre los proyectos y facilitará el análisis, dado que el indicador de productividad se desprende del hormigón colocado como se explicó en el punto 2.6. Es por esto que las actividades principales a considerar son las correspondientes al hormigón, moldaje y enfierradura debido a que son las actividades previas a la colocación del hormigón y generan el mayor avance de la obra.

3.3.2 Causas de no cumplimiento.

Con respecto a las causas de no cumplimiento de las actividades, éstas son determinadas por los respectivos responsables de la realización de las actividades, indicando las causas por las cuales las actividades incorporadas en el plan de trabajo semanal (PTS) no fueron realizadas.

Estas causas de no cumplimiento se pueden clasificar de acuerdo a su tipo y al responsable, para ellos se confeccionó una Tabla basada en el tipo de causa más recurrente dentro de obras de construcción según los asesores de la CDT y responsables de la planificación en los proyectos, generando la Tabla 3.4.

Tabla 3.4: Tipo de causas de no cumplimiento.

ID	CNC	ORIGEN
1	EXPEDIENTE Y PRESUPUESTO	EXTERNO
2	FALTA DE APROBACIONES	EXTERNO
3	MANO DE OBRA INSUFICIENTE	INTERNO
4	MATERIALES	INTERNO
5	SUPERVISIÓN	INTERNO
6	ADMINISTRACIÓN OBRA	INTERNO
7	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	INTERNO
8	PLANIFICACIÓN	INTERNO
9	FALTA ACTIVIDADES PREVIAS	INTERNO
10	MANO DE OBRA INSUFICIENTE	EXTERNO
11	FALTA ACTIVIDADES PREVIAS	INTERNO
12	SUPERVISIÓN	INTERNO
13	MATERIAL Y EQUIPAMIENTO	EXTERNO
14	CLIMA	EXTERNO
15	ROBO	EXTERNO
16	ACCIDENTE	EXTERNO
17	OTROS	INTERNO/EXTERNO

Las causas de no cumplimiento de las actividades del programa pueden ser de un tipo cuyo responsable corresponde al mandante, a la constructora, a los subcontratos u otros agentes que podrían ser externos. Es por esto que las causas de no cumplimiento se han clasificado también de acuerdo al responsable, indicados en la Tabla 3.5, haciendo alusión a la Tabla 3.4, representando las CNC con su respectivo responsable del mismo color.

Tabla 3.5: Responsable de la causa de no cumplimiento.

MANDANTE
CONSTRUCTORA
SUBCONTRATO
OTROS

Además, se clasificarán las causas de no cumplimiento (CNC) según el origen. Si es de carácter interno, significa que la constructora pudo haber evitado que éste sucediera, o bien de carácter externo, en el cual no existía forma alguna de evitar el no cumplimiento.

De esta manera se facilita el análisis de determinar el origen de la no realización de las actividades del programa, pudiendo clasificar la causa y al responsable de forma estándar facilitando la comparación de resultados entre los distintos proyectos. Sumado a esto, las causas de no cumplimiento se clasificarán de acuerdo a su origen interno o externo, siendo el origen interno los que pudieron haber sido evitados por la constructora, y de origen externo, aquellos que no la constructora no podía evitar en primera instancia, como por ejemplo, cambios de proyecto por el mandante, efectos climáticos, etc.

Se debe tener en consideración que existirán CNC cuyo origen es de carácter interno, sin embargo el responsable puede ser uno ajeno a la constructora, como indica la Tabla 3.4, falta de actividades previas y supervisión de subcontratos son de origen interno debido a que si bien el responsable es el subcontrato por no contar con supervisión o no contar con las actividades previas para realizar sus actividades, la constructora pudo haber evitado el no cumplimiento de dichas actividades, como por ejemplo haber contado con supervisión dedicada al subcontrato y haber respondido a sus necesidades de zonas de trabajo o entrega de cancha.

Hay que destacar que las causas de no cumplimiento serán representadas en un diagrama de Pareto el cual considerará solamente el 80% del total de la muestra, representando solamente las Causas con mayor frecuencia y por lo tanto las más representativas.

3.4 Evaluación de la productividad.

3.4.1 Productividad medida en obra:

Para este estudio, la condición ideal hubiese sido medir la productividad en obra durante todo el periodo de implementación del sistema Last Planner, utilizando un criterio estandarizado y que abarcara la medición de las partidas críticas como lo son el hormigón, la enfierradura y el moldaje.

Lamentablemente, dado que la información recolectada proviene principalmente de terceros, solamente se pudo contar con los datos referentes al hormigón colocado.

Si bien, para algunos proyectos se cuenta con información de la productividad de otras partidas y se realizó un seguimiento más elaborado de éstas, solamente se podrá trabajar con la información que es común para todos los proyectos para estandarizar el estudio y poder comparar los proyectos y sus resultados.

Es por esto que se ha optado por analizar la productividad de los proyectos a partir de la cantidad de hormigón colocado con respecto al requerimiento de hormigón presupuestado para la semana, bajo el supuesto de que los recursos fueron siempre constantes y correspondieron a los presupuestados inicialmente. El análisis de este indicador de m³ colocado es válido, suponiendo que los recursos fueron constantes, para ello se debe justificar el indicador realizando un estudio sobre las causas de no cumplimiento (CNC) de los proyectos y verificar que el correspondiente a recursos no posee una influencia importante.

Esta partida, en cierta medida, es representativa para las obras de construcción, puesto que si se coloca hormigón la obra avanza, evidentemente todas las partidas críticas previas al hormigonado son abarcadas en la cantidad de hormigón que se puede colocar, ya que si estas no son realizadas, no existirá la cancha para el vaciado de este producto. Por lo tanto se podrá considerar que analizar la productividad del hormigón es representativa de toda la obra gruesa.

Como se mencionó anteriormente, el indicador de productividad medido corresponde a m³ de hormigón colocados versus m³ de hormigón presupuestado, donde los m³ de hormigón presupuestado corresponden al valor de rendimiento esperado para una cuadrilla de hormigoneros fija estimada en el programa maestro. Es decir, el hormigón mínimo que se debiese colocar en la semana dadas las características del proyecto (cantidad de HH invertidas, maquinarias, etc.) a recursos constantes y preestablecidos.

$$\text{Indicador de Productividad} = \frac{\text{m}^3 \text{ hormigón colocado}}{\text{m}^3 \text{ hormigón presupuestado}}$$

Este indicador entregará porcentajes de productividad, si se obtienen porcentajes altos de este indicador, significa que se está alcanzando el rendimiento esperado para el hormigón, y al obtener valores bajos, indicará que se están mal empleando los recursos ya que no se está logrando la meta esperada.

Ahora bien, este indicador es válido siempre y cuando los m³ de hormigón presupuestado se desprendan del análisis realizado en la planificación inicial, donde se determina la cantidad de hormigón colocado requerido para cumplir con los plazos del proyecto. Es decir, este valor debiese ser siempre el óptimo y dependerá de las características de cada proyecto. Se supone para este estudio, que dichos valores fueron bien estudiados y corresponden a los óptimos para cada proyecto, de manera que las actividades se realizan mediante un flujo continuo sin tiempos de espera, ni tampoco se requiere una adición extraordinaria y exagerada de recursos para cumplir con las metas, de modo que los recursos sean constantes.

El fundamento que permite considerar en este estudio que se trabajó con recursos constantes de mano de obra, se desprende de un análisis de las causas de no cumplimiento correspondientes a la colocación de hormigón. En la Tabla 3.6 se observa que la razón de no cumplimiento de una actividad causada por falta de mano de obra, corresponde alrededor del 1% del total de actividades que no se realizaron. Es por esto que se considera que la mayor parte del tiempo de obra se contaba con la cuadrilla completa para la colocación del hormigón, es decir se trabaja con los recursos constantes.

Tabla 3.6: Incidencia de Falta de M.O. cuadrillas hormigón en CNC.

Proyecto	Actividades Programadas	CNC	CNC Falta de M.O hormigón
Proyecto 1	1285	167	2
Proyecto 2	264	37	1
Proyecto 3	1600	144	0

Como se mencionó desde un principio, para la medición de productividad del hormigón, normalmente se utiliza el indicador m^3 hormigón/HH, dato con el cual se posee un sinnúmero de estudios y se conoce de antemano el valor que debiese alcanzar en un proyecto de edificación en altura, en casas, etc. Lamentablemente, debido a que no se realizó un seguimiento de la productividad de los proyectos, no se pudo contar con la información de HH utilizada en todos ellos. Es por esto que se intentó buscar una alternativa a partir de la información que se pudo poseer.

Para este estudio, este indicador no nos facilita el trabajo, puesto que su valor dependerá del sistema constructivo seleccionado para las faenas de hormigonado como también de las características y tipo de proyecto. Es distinta la cantidad de HH necesarias para el bombeo de hormigón en un edificio que las necesarias para hormigonar un radier mediante transporte con carretillas, así mismo los volúmenes de hormigón son distintos. Dada la disimilitud de los proyectos estudiados y la búsqueda de generar un sistema de evaluación que permita comparar los proyectos por muy distintos que fuesen, se ha tenido que descartar este indicador, de esta forma se evita obtener resultados alterados.

3.5 Resumen.

En primera instancia, se explicó como se confeccionó el sistema de evaluación correspondiente a una evaluación cualitativa tanto de la implementación del sistema como el compromiso que posee el equipo de obra con esta herramienta para cuatro actividades fundamentales del sistema seleccionado a partir de conversaciones con expertos y de la literatura que involucra a este sistema de planificación. Por lo tanto, como indica la Figura 3.1, se explica que se realizó en primera instancia una evaluación, luego un análisis de resultados para finalmente terminar comparando los proyectos con el proyecto líder.

En segunda instancia, se expone una pauta para evaluar los proyectos y el criterio utilizado para dar un carácter cuantitativo a la implementación. Además se explican los indicadores que se considerarán para la evaluación y comparación de los proyectos, PPC y CNC.

Finalmente, se explica el indicador de productividad utilizado en el estudio, indicando sus características y validando su uso.

CAPITULO 4: PROYECTOS A ESTUDIAR.

En el presente capítulo se presentarán los cuatro proyectos estudiados, para ello, como muestra la Figura 4.1, se describirá la implementación del sistema de planificación, los indicadores de porcentaje de plan completado (PPC), causas de no cumplimiento (CNC) y Productividad, este último explicado en el capítulo 2 y detallado en el capítulo 3.

La descripción de estos proyectos es de carácter cualitativa donde la información recolectada corresponde a visitas a terreno, documentación entregada por los profesionales de obra y por profesionales de la CDT, así como también información recolectada de entrevistas realizadas con ellos.

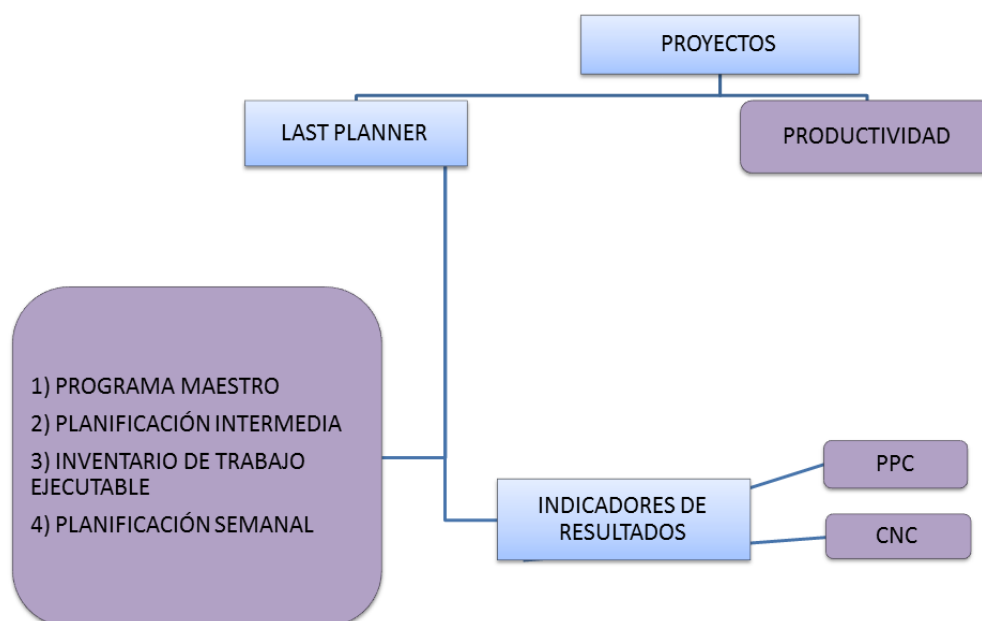


Figura 4.1. Diagrama de descripción de los proyectos.

Se recopiló información de tres proyectos en ejecución y uno finalizado, los cuales se encontraban o habían utilizado Last Planner como su sistema de planificación y control de proyecto. Los proyectos a estudiar consisten en dos edificaciones habitacionales en altura, uno de montaje industrial y el último de casas de albañilería armada de dos pisos con radier, losas y algunos muros de hormigón. La implementación de Last Planner en los tres primeros proyectos corresponde a una asesoría realizada por la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) de la Cámara Chilena de la Construcción, mientras que el último corresponde a un proyecto en el cual la implementación del sistema de planificación es parte de los procedimientos de la empresa en todos sus proyectos.

Debido a la disimilitud entre los proyectos, se ha optado solamente por analizar el periodo de implementación del sistema Last Planner correspondiente a obra gruesa. De esta forma se logra homogenizar la información y facilitar la comparación entre los proyectos.

Para mantener la confidencialidad de los proyectos, se omitirá el nombre y se enumerarán para su presentación.

4.1 Proyecto 1.

El primer proyecto se trata de una edificación en altura de 15 pisos ubicada en la quinta región. El sistema constructivo de obra gruesa se realizaba con dos grúas torre, hormigón por capacho y moldaje industrial.

En este proyecto, se presenciaron un par de reuniones de planificación semanal, en las cuales se logró apreciar el dinamismo que ésta tenía, además se realizaron reuniones con los responsables en terreno de la implementación del sistema, logrando obtener en forma directa las apreciaciones que ellos tenían frente al sistema de planificación, explicando las dificultades que habían presentado y las ventajas que consideraban que tenía Last Planner como sistema de planificación.

Adicionalmente, se contó con los informes realizados por los profesionales de la CDT, que permitieron ahondar mucho más en el seguimiento del proyecto, obteniendo apreciaciones de la implementación que no procedían del equipo de obra.

Los plazos y las características del proyecto están presentados en las Tablas 4.1 y 4.2.

Tabla 4.1: Características del proyecto 1.

Inicio	03-05-2010
Plazo	20 meses
Término	06-01-2012
Ubicación	Viña del Mar
Tipo de edificación	Edificio Habitacional
Estructuración	Hormigón Armado
Pisos	15
Subterráneos	3
Moldaje	Industrial

Tabla 4.2: Proyecto 1, Plazos previstos para Obra Gruesa.

OBRA GRUESA	Prevista
Duración Obra gruesa	8,5 meses
Inicio OG	28-09-2010
Término OG	10-06-2011

4.1.1 Implementación del Sistema de Planificación.

Este proyecto recibió la asesoría de la CDT por medio del sistema Calibre para mejorar los procesos, implementando el sistema Last Planner. Esta implementación se inició con fecha primero de Noviembre de 2010. Como se indicó anteriormente, solamente se analizará el periodo correspondiente a la obra gruesa, con fecha de término real la semana del 20 de Junio de 2011, lo que corresponde a dos semanas de retraso con respecto al programa inicial.

Se comenzó a implementar el sistema con la capacitación al administrador de obra, jefe de terreno y jefe de oficina técnica, siendo este último quien tiene la responsabilidad de llevar a cabo la implementación del sistema en la obra.

En un principio los planificadores no tenían un conocimiento acabado del sistema de planificación, por lo que la implementación fue gradual, rompiendo los paradigmas que se tenían

y logrando finalmente reunir a todos los subcontratos en las reuniones semanales. En estas reuniones se generaban los compromisos, se exponían los avances e indicadores y se solucionaban los problemas detectados.

4.1.1.1 Programa Maestro.

Con respecto al programa maestro y la planificación inicial, se contaba con la información correspondiente a presupuestos, carta Gantt, flujo de equipos, entre otros. Lamentablemente estos datos no eran rescatados fielmente de proyectos similares, si no que se aplicaba un factor de ajuste para los presupuestos. Con respecto a los plazos, se determinaron a partir de la experiencia de la empresa, pero no a partir de proyectos similares.

El equipo de obra posee experiencia por haber trabajado en proyectos similares anteriormente, por lo que el aporte que podían entregar fue bien importante.

4.1.1.2 Desarrollo de la Planificación Intermedia.

Si bien en la capacitación se les hizo notar a los responsables del sistema de planificación la importancia de la planificación intermedia, ésta no se pudo implementar de buena forma durante la obra gruesa. Durante la reunión participaban la mayoría de los actores principales del equipo de obra, sin embargo, no se logró tomar conciencia de las ventajas de analizar y liberar las restricciones de las actividades, por lo que en general estas eran liberadas tardíamente, con poco tiempo para no atrasar el flujo de la obra. Es por esto que pese a que se hacían chequeos de si algunas actividades cumplían con tener todas sus restricciones liberadas, este proceso no se realizaba en forma oficial ni ordenada, por lo que no se lograba el chequeo de todas las actividades.

Todo esto significó que no se lograra elaborar un inventario de trabajo ejecutable y se programaran actividades que no poseían todas sus restricciones liberadas, esto implicó un alto porcentaje de actividades que no se cumplieron producto de una planificación deficiente y provocó improvisación en terreno para mantener a los trabajadores ocupados.

4.1.1.3 Elaboración del Inventario de Trabajo Ejecutable.

Durante la obra gruesa no se elaboró un inventario de trabajo ejecutable, lo que significó que en muchas ocasiones se incorporaran a la planificación semanal actividades que no se podrían realizar. Hecho que afectó los resultados del PPC y se obtuvo gran cantidad de CNC producto de falta de actividad previa. Debido al no cumplimiento de las actividades, las vinculadas y sucesoras de estas, no se pudieron ejecutar.

4.1.1.4 Planificación del trabajo semanal.

Se realizaba una reunión semanal, en la cual se exponía un programa semanal propuesto y se analizaba si era factible realizar entre los profesionales de obra y los subcontratos, en los casos necesarios se podían realizar modificaciones al programa. En esta reunión se tomaban los compromisos para la semana y se exponían los resultados de los indicadores de la semana anterior, buscando soluciones para que los problemas no se repitiesen.

4.1.1.5 Indicadores medidos.

Durante cada semana se midió el porcentaje de plan completado (PPC) y las causas de no cumplimiento (CNC) de las actividades. Recordemos que solamente se consideran las actividades correspondientes a hormigón, enfierradura y moldajes.

4.1.2 Resultados de la implementación.

4.1.2.1 Porcentaje de plan completado.

Se realizó el análisis del plan completado durante 34 semanas, logrando un promedio de 88% durante todo el periodo, el cual se puede observar en la Tabla 4.3. Adicionalmente, al realizar la regresión lineal, se observa que el PPC tiende a ir aumentando levemente, logrando un programa cada vez más acorde a la realidad ejecutable a medida que pasan las semanas de implementación.

Tabla 4.3: Proyecto 1, Porcentaje de Plan Completado.

Semana	Fecha	Actividades programadas	Actividades realizadas	PPC	Semana	Fecha	Actividades programadas	Actividades realizadas	PPC	
1	01-11-2010	29	19	66%	18	28-02-2011	57	53	93%	
2	08-11-2010	29	25	86%	19	07-03-2011	49	42	86%	
3	15-11-2010	45	40	89%	20	14-03-2011	46	40	87%	
4	22-11-2010	35	32	91%	21	21-03-2011	38	36	95%	
5	29-11-2010	44	39	89%	22	28-03-2011	56	47	84%	
6	06-12-2010	47	41	87%	23	04-04-2011	35	33	94%	
7	13-12-2010	55	55	100%	24	11-04-2011	40	34	85%	
8	20-12-2010	48	45	94%	25	18-04-2011	25	19	76%	
9	27-12-2010	41	29	71%	26	25-04-2011	43	39	91%	
10	03-01-2011	61	54	89%	27	02-05-2011	41	32	78%	
11	10-01-2011	65	50	77%	28	09-05-2011	40	38	95%	
12	17-01-2011	56	41	73%	29	16-05-2011	30	30	100%	
13	24-01-2011	48	41	85%	30	23-05-2011	35	35	100%	
14	31-01-2011	50	41	82%	31	30-05-2011	40	38	95%	
15	07-02-2011	43	37	86%	32	06-06-2011	40	30	75%	
16	14-02-2011	67	61	91%	33	13-06-2011	23	23	100%	
17	21-02-2011	69	60	87%	34	20-06-2011	26	26	100%	
									Promedio	88%

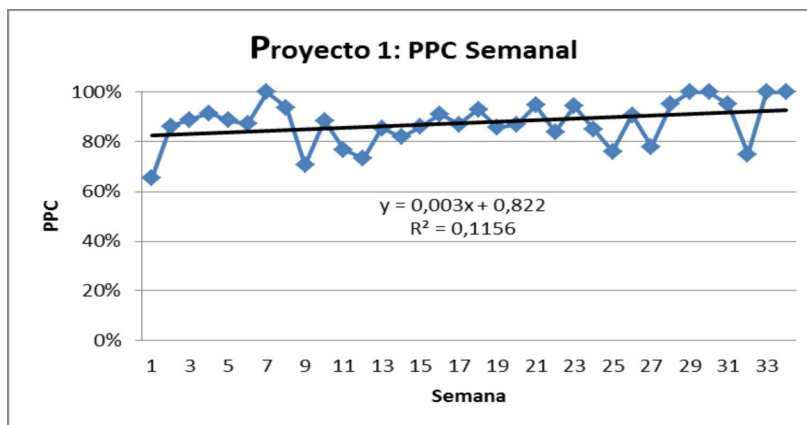


Figura 4.2: Proyecto 1, PPC Semanal.

4.1.2.2 Causas de no cumplimiento.

A continuación se muestra mediante gráficos la cantidad de CNC según su causa, notándose una gran cantidad de CNC correspondiente a falta de actividades previas tanto de la obra como de subcontratos, siendo ambos responsabilidad de la constructora.

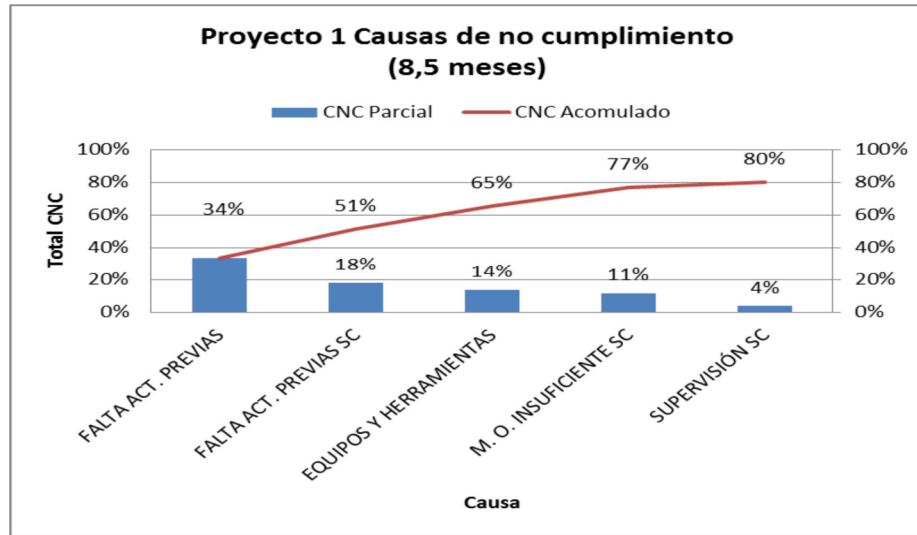


Figura 4.3: Proyecto 1, Causas de no cumplimiento.

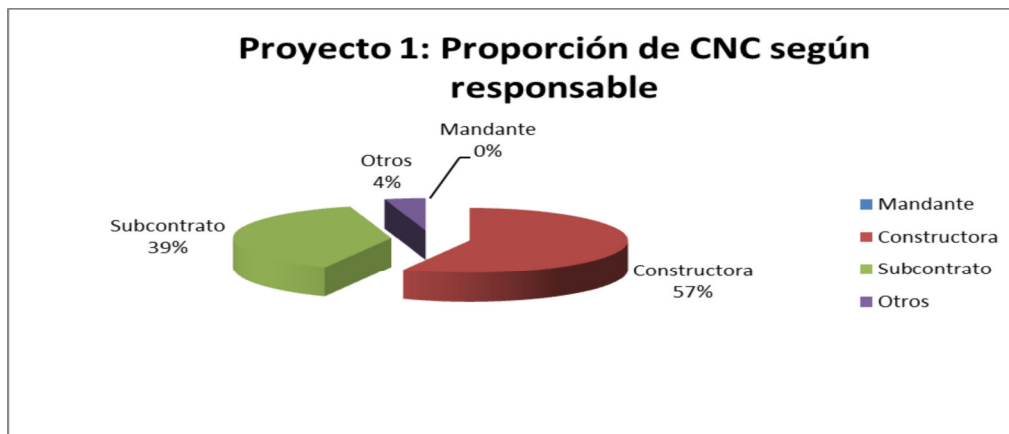


Figura 4.4: Proyecto 1, Proporción de CNC según responsable.

Analizando el responsable de estas causas en la Figura 3.4 se observa que el 57% de ellas son responsabilidad de la constructora.

Tabla 4.4: Proyecto 1, porcentaje de actividades no realizadas.

Proyecto 1		
Actividades	[n°]	[%]
Programadas	1285	100%
Realizadas	1118	87%
No realizadas	167	13%

Además durante los 8,5 meses de estudio se obtiene que un 13% de las actividades programadas no se cumplieron, alcanzando un promedio mensual de 20 causas de no cumplimiento.

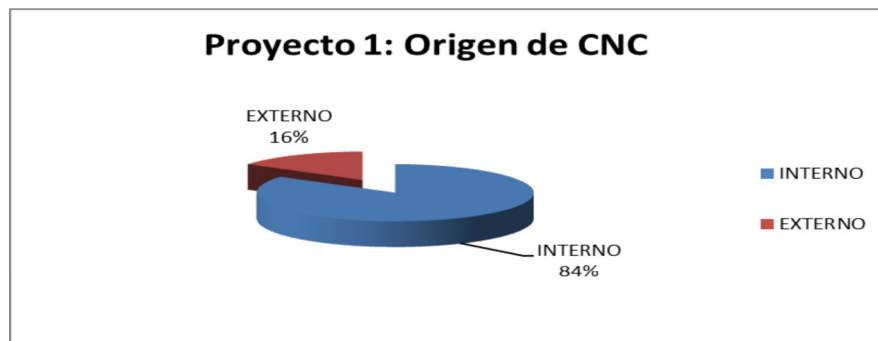


Figura 4.5: Proyecto 1, CNC según origen.

Finalmente, analizando el origen de las causas de no cumplimiento se puede determinar que el 16% de los datos registrados corresponden a causas de origen externo, las cuales no se hubiesen podido prever o bien no son responsabilidad directa de la constructora. Mientras que el 84% restante es responsabilidad directa del equipo de obra y se hubiese podido prever o minimizar su cantidad.

3.1.2.3 Productividad.

Se midió el volumen de hormigón colocado durante las 34 semanas del estudio, comparándolo con el hormigón presupuestado para cada semana se obtienen los siguientes resultados para la productividad indicados en la Tabla 4.5.

En la Figura 4.6 se observa el comportamiento de la productividad a medida que pasan las semanas, si bien la variabilidad va disminuyendo, la productividad también presenta un descenso. El promedio de productividad corresponde a un 76% y los valores más bajos se detectan en las últimas semanas de implementación, donde el volumen de hormigón colocado presenta una baja considerable.

Tabla 4.5: Proyecto 1, Productividad.

Semana	m ³ hormigón colocados	m ³ presup.	m ³ coloc / m ³ presup.
1	309	250	100%
2	204	250	82%
3	192	250	77%
4	220	250	88%
5	177	250	71%
6	134	250	54%
7	254	250	100%
8	196	250	78%
9	104	250	42%
10	174	250	70%
11	157	250	63%
12	202	250	81%
13	216	250	86%
14	165	250	66%
15	223	250	89%
16	263	250	100%
17	366	250	100%
18	231	250	92%
19	168	250	67%
20	207	250	83%
21	202	250	81%
22	167	250	67%
23	209	250	84%
24	226	250	90%
25	217	250	87%
26	199	250	80%
27	157	250	63%
28	188	250	75%
29	177	250	71%
30	187	250	75%
31	178	250	71%
32	143	250	57%
33	158	250	63%
34	106	250	42%
PROMEDIO			76%

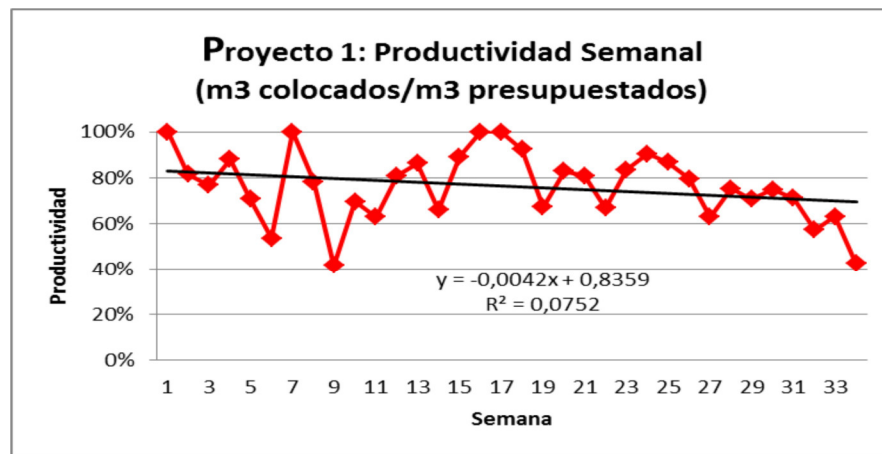


Figura 4.6: Proyecto 1, Productividad según semana.

4.1.3 Comentarios.

Programa Maestro:

Hay dos cosas que se deben destacar, primero que la información incorporada en el programa maestro no era completamente fiel a la realidad del proyecto, puesto que no estaba basada a partir de proyectos similares, si no que era principalmente basada en información genérica de proyectos de la empresa multiplicada por un factor de ajuste. Segundo, el equipo de obra tenía la experiencia de haber trabajado en un proyecto similar por lo cual su aporte en la confección del programa maestro llegó a ser significativa.

Planificación intermedia:

No se logró implementar una buena planificación intermedia donde se pudiese generar un Inventario de Trabajo Ejecutable, lo que conllevó a la incorporación en la planificación semanal de actividades que no tenían las restricciones liberadas, obteniendo bajos valores de PPC con responsabilidad completa de la obra.

Planificación semanal:

Si bien durante las reuniones de planificación semanal se buscaban soluciones a las causas de no cumplimiento de las actividades para evitarlas o disminuirlas a futuro, muchas veces se cometió el error de incorporar actividades que incurrirían en la misma falta, ya que no se analizaba la liberación de restricciones o simplemente los plazos exigían ejecutar una actividad que generaría más cancha para otras actividades sin percatar las consecuencias de la no realización de ésta.

CNC:

Como no se realizaba un buen trabajo en la liberación de restricciones, se incorporaron al programa semanal actividades que no iban a poder ser ejecutadas, lo que produjo que actividades sucesoras a estas no se pudiesen realizarr. Esta es la razón por la cual la mayor cantidad de CNC corresponde a falta de actividades previas y a su vez el mayor porcentaje de CNC es responsabilidad de la constructora.

PPC:

Se observa un aumento del PPC en el transcurso del tiempo debido a la detección de las causas de no cumplimiento de las actividades, lo que permitió que los programadores fueran más razonables y cuidadosos al incorporar actividades en el programa semanal. Además hay que

destacar que no existen valores del PPC bajo un 66%, valor detectado en la primera semana, debido a que el quipo estaba recién familiarizándose con el sistema de planificación. En general se puede decir que se llevó una buena programación, se logró que el equipo detectara las causas de no cumplimiento para mejorar el programa semanal.

Productividad:

Se puede observar que a modo general la productividad de la obra va disminuyendo a medida que pasan las semanas de implementación, resultado no acorde a la teoría de Last Planner, donde se hubiese esperado tener una mejoría en este ámbito.

4.2 Proyecto 2:

El segundo proyecto también se trata de una edificación en altura, esta vez de 33 pisos y cuatro subterráneos, ubicada en el centro de Santiago. El sistema de hormigonado es por medio de una bomba de hormigón y mediante el uso de moldaje industrial.

Los plazos y características del proyecto son las siguientes:

Tabla 4.6: Características del proyecto 2.

Inicio	06-12-2010
Plazo	15 meses
Término	29-02-2012
Ubicación	Santiago
Tipo de edificación	Edificio Habitacional
Estructuración	Hormigón Armado
Pisos	33
Subterráneos	4
Moldaje	Industrial

Tabla 4.7: Proyecto 2, Plazos previstos para Obra Gruesa.

OBRA GRUESA	Prevista
Duración Obra gruesa	5 meses
Inicio OG	28-03-2011
Término OG	05-09-2011

4.2.1 Implementación del Sistema de Planificación.

Al igual que el proyecto anterior, este también recibió la asesoría de la CDT por medio del sistema Calibre para mejorar la planificación y control de proyecto implementando el sistema Last Planner. Esta implementación se inició a comienzos del año 2011. Debido a dificultades en la implementación, producto de falta de aceptación del sistema, y deficiente coordinación en las reuniones, solamente se logró llevar registro de PPC y CNC a partir del 18 de abril del mismo año, luego de una serie de modificaciones en la forma de implementar el sistema de planificación. Finalmente se logró un periodo efectivo de análisis de 14 semanas hasta el 4 de Julio de 2011. Con respecto a la productividad, se considerará el periodo desde que se inició la implementación hasta el término de toma de datos, puesto que existe influencia del sistema Last Planner desde un principio.

Se comenzó a implementar el sistema con la capacitación al administrador de obra, jefe de terreno y jefe de oficina técnica, pese a esto, los responsables de llevar a cabo el sistema en la obra solamente convocaron a reuniones cuando personal de la CDT visitaba el proyecto.

4.2.1.1 Programa Maestro.

No se contaba con suficiente información respecto al programa maestro, además la información entregada por la empresa no era precisa, existiendo diferencias de presupuesto en las partidas.

4.2.1.2 Desarrollo de la Planificación intermedia.

Producto de todas las complicaciones que se presentaron en obra por la falta de compromiso de los planificadores no se logró implementar una planificación intermedia que presentara buenos resultados. Los planificadores no realizaban una proyección de las actividades con un horizonte a futuro.

4.2.1.3 Elaboración del Inventario de Trabajo Ejecutable.

Por lo anterior, tampoco se logró elaborar un Inventario de Trabajo Ejecutable

4.2.1.4 Planificación del trabajo semanal.

Se realizaba la reunión semanal donde se estudiaban las causas de no cumplimiento de las actividades y se proyectaban las actividades de la semana por medio de la generación del programa semanal, así mismo se publicaban los avances y los PPC. Dicha reunión debía estar siempre acompañada y dirigida por personal de la CDT, puesto que no existía un mayor interés en realizar dicha labor por parte del equipo de obra.

4.2.1.5 Indicadores medidos.

Durante cada semana se midió el porcentaje de plan completado (PPC) y las causas de no cumplimiento (CNC) de las actividades. Recordemos que solamente se consideran las actividades correspondientes a hormigón, enfierradura y moldajes.

4.2.2 Resultados de la implementación.

4.2.2.1 Porcentaje de plan completado.

Tabla 4.8: Proyecto 2, Porcentaje de Plan Completado.

Semana	Fecha	Programadas	Realizadas	PPC	Semana	Fecha	Programadas	Realizadas	PPC	
1	06-04-2011	24	22	92%	8	23-05-2011	35	32	91%	
2	11-04-2011	42	33	79%	9	30-05-2011	39	21	54%	
3	18-04-2011	36	29	81%	10	06-06-2011	33	33	100%	
4	25-04-2011	29	17	59%	11	13-06-2011	33	33	100%	
5	02-05-2011	31	29	94%	12	20-06-2011	33	31	94%	
6	09-05-2011	32	31	97%	13	27-06-2011	25	23	92%	
7	16-05-2011	38	32	84%	14	04-07-2011	24	24	100%	
									Promedio	87%

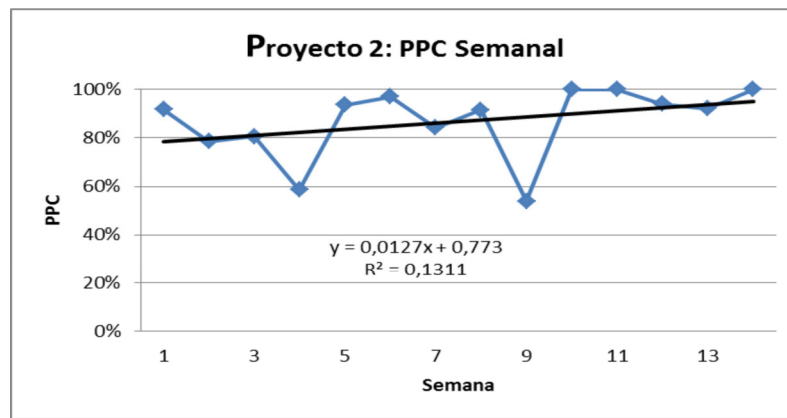


Figura 4.7: Proyecto 2, PPC Semanal.

En la Figura 4.7 se observa una tendencia de aumento de PPC, logrando valores superiores al 90%. Durante todo el periodo se obtuvo un promedio de PPC de 87%.

4.2.2.2 Causas de no cumplimiento.

En la Figura 4.8 se indican las causas de no cumplimiento más recurrentes. La mayor cantidad de CNC corresponde a falta de actividades previas y a agentes externos ligados principalmente al proveedor de hormigón, correspondientes a retrasos y no llegada a obra de camiones de hormigón.

La razón principal correspondía a constantes tacos vehiculares para llegar a la obra y a una gran demanda de hormigón que poseían las plantas hormigoneras asignadas al proyecto, por lo que no daban abasto para cubrir la totalidad de pedidos.

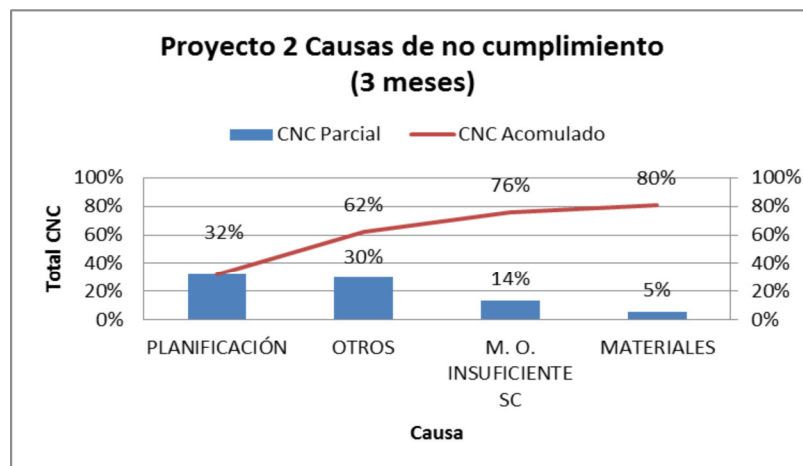


Figura 4.8: Proyecto 2, Causas de no cumplimiento.

Analizando el responsable de las causas indicadas en la Figura 4.8, el 51% de ellas son responsabilidad de la constructora directamente (Figura 4.9).

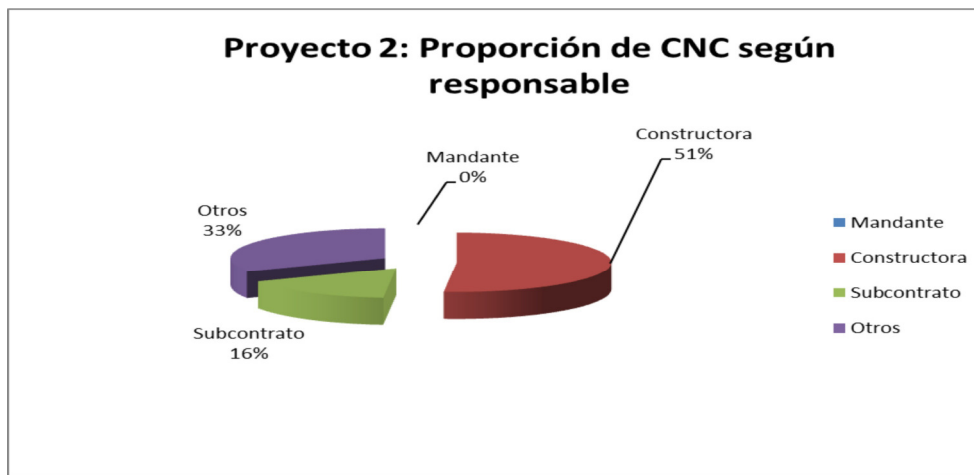


Figura 4.9: Proyecto 2, Proporción de CNC según responsable.

Tabla 4.9: Proyecto 2, porcentaje de actividades no realizadas.

Proyecto 2		
Actividades	[n°]	[%]
Programadas	264	100%
Realizadas	227	86%
No realizadas	37	14%

Durante los 3 meses de registro se obtiene que un 14% de las actividades programadas no se realizaron, cuyo promedio mensual es de 37 causas de no cumplimiento.

De acuerdo a la Figura 4.10, un 54% de las causas de no cumplimiento corresponden a responsabilidad interna del proyecto. Existe una gran cantidad de problemas externos correspondientes al proveedor de hormigón, alcanzando un 46% del total de causas de no cumplimiento registradas.

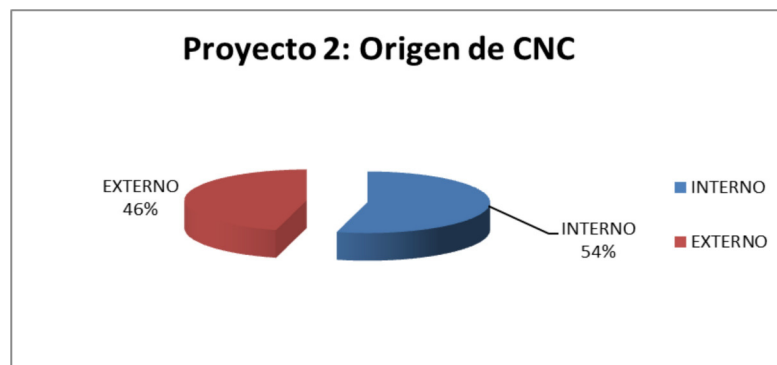


Figura 4.10: Proyecto 2, CNC según origen.

4.2.2.3 Productividad.

Se midió el volumen de hormigón colocado desde el principio de la implementación, sin embargo en la Figura 4.11 se muestra solamente el periodo que se llevaron registros de PPC y CNC, obteniendo los resultados indicados en la Tabla 4.10.

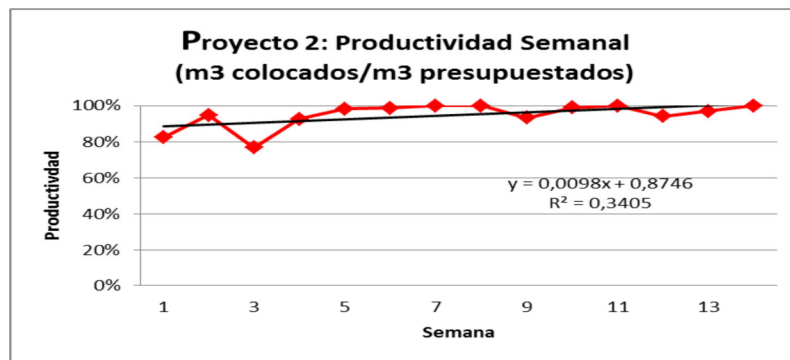


Figura 4.11: Proyecto 2, Productividad según semana.

Tabla 4.10: Proyecto 2, Productividad.

Semana	m ³ hormigón colocados	m ³ hormigón presupuestado	m ³ colocados/ m ³ presupuestado
1	169	205	82%
2	194,5	205	95%
3	157,5	205	77%
4	190	205	93%
5	201,5	205	98%
6	202,5	205	99%
7	207	205	100%
8	208	205	100%
9	105	113	93%
10	168	170	99%
11	171,5	170	100%
12	160	170	94%
13	132	136	97%
14	132	102	100%
Promedio			95%

Para este periodo se obtiene una productividad promedio de 95%. En la Figura 4.11 se observa que la productividad va alcanzando un equilibrio a medida que pasan las semanas, obteniéndose una pendiente que se estabiliza en valores más altos que los iniciales a medida que pasan las semanas.

Analizando el periodo previo al registro de indicadores de cumplimiento, se observa en la Figura 4.12 que en un principio se obtuvo valores bajos de productividad, los cuales fueron en aumento a medida que se iba implementando el sistema de planificación.

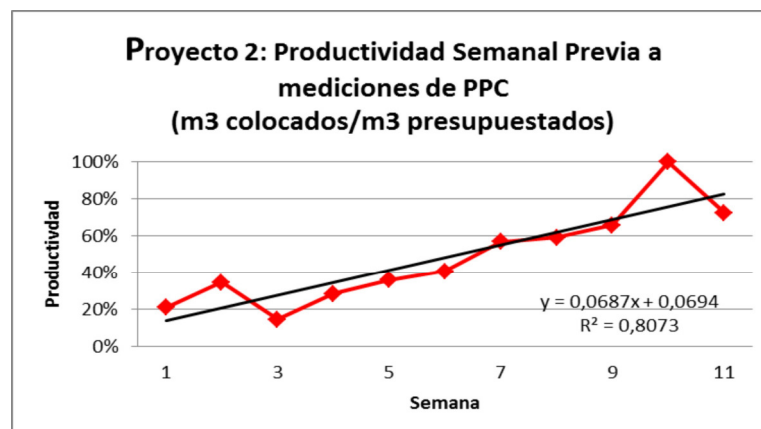


Figura 4.12: Proyecto 2, Productividad previa a la medición de Last Planner.

Tabla 4.11: Proyecto 2, Productividad previa a la medición de Last Planner.

Semana	m ³ hormigón colocados	m ³ hormigón presupuestado	m ³ colocados/ m ³ presupuestado
1	43	205	21%
2	71	205	35%
3	30	205	15%
4	58,5	205	29%
5	73,5	205	36%
6	83,5	205	41%
7	116,5	205	57%
8	121,5	205	59%
9	135	205	66%
10	205,5	205	100%
11	149	205	73%
		Promedio	48%

En la Tabla 4.11 se observa un valor promedio de 48% para este periodo, además se logra apreciar que la productividad también va en aumento, probablemente debido a la adaptación del equipo de trabajo a las actividades reiterativas comunes dentro de este tipo de construcción o bien influencia del sistema Last Planner que se comenzaba a implementar.

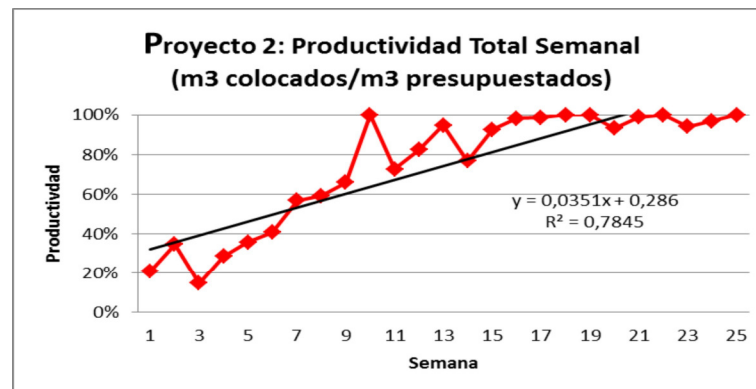


Figura 4.13: Proyecto 2, Productividad total.

Tabla 4.12: Proyecto 2, Productividad Total.

Semana	m ³ hormigón colocados	m ³ hormigón presupuestado	m ³ colocados/ m ³ presupuestado
1	43	205	21%
2	71	205	35%
3	30	205	15%
4	58,5	205	29%
5	73,5	205	36%
6	83,5	205	41%
7	116,5	205	57%
8	121,5	205	59%
9	135	205	66%
10	205,5	205	100%
11	149	205	73%
12	169	205	82%
13	194,5	205	95%
14	157,5	205	77%
15	190	205	93%
16	201,5	205	98%
17	202,5	205	99%
18	207	205	100%
19	208	205	100%
20	105	113	93%
21	168	170	99%
22	171,5	170	100%
23	160	170	94%
24	132	136	97%
25	132	102	100%
		Promedio	74%

La Figura 4.13 muestra la productividad durante ambos periodos, logrando un promedio de un 74%, donde, como se dijo anteriormente los valores más altos se obtienen durante el último periodo de implementación.

4.2.3 Comentarios

Programa Maestro:

Se contaba con una carta Gantt cuyos plazos no eran muy fieles al rendimiento que se logró en obra. Existían problemas de presupuesto.

Planificación intermedia:

Fue sumamente difícil comprometer y lograr que se tomara conciencia de la importancia de una planificación intermedia a los encargados de llevar a cabo el sistema de planificación dentro de la obra. Es por esto que, al principio, no se realizaba un buen análisis de liberación de restricciones de las actividades, lo que significaba incorporar actividades en el plan de trabajo semanal (PTS) que no se podían realizar. Sin embargo, en el PPC no se refleja mucho la incorporación de actividades que no se pudieron ejecutar, puesto que los valores obtenidos son superiores al 80% y al 90%, lo cual es un indicador bastante bueno.

Se debe tener en consideración, que valores altos de PPC no significan precisamente un avance real de la obra, puesto que si las actividades que no se pudieron realizar corresponden a actividades pertenecientes a la ruta crítica, la no ejecución de ellas significará un retraso en el programa.

Planificación semanal:

Se realizaba la planificación semanal a partir de la Carta Gantt y de la experiencia de la gente de terreno.

CNC:

Se puede observar que el mayor responsable de las causas de no cumplimiento corresponde a la constructora. Esto se debe, principalmente, por no poseer una buena planificación intermedia, producto que se incorporaron a la planificación semanal actividades que contaban con restricciones sin liberar, principalmente falta de materiales y por no exigir a los subcontratos una dotación mínima de mano de obra.

PPC:

El valor promedio de los PPC registrados es de un 88%. En general, se mantuvieron valores por sobre el 80%, sin embargo, la cuarta semana se produjo una baja en las actividades realizadas alcanzando el 54%. Esto se debió a una suma de eventos que sucedieron durante la semana, retrasos en camiones de hormigón, mantención de la grúa, charlas que se debieron realizar, entre otros, la mayoría de ellos no se podían prever al tratarse de eventos externos al proyecto.

Productividad:

Se observa la tendencia a mejorar los índices de productividad a medida que pasa el tiempo de implementación, probablemente debido al seguimiento y control proporcionado por el sistema Last Planner sumado al aprendizaje propio de las cuadrillas de trabajo.

4.3 Proyecto 3:

Este proyecto consiste en 74 casas de albañilería armada ubicadas en la comuna de Pudahuel en Santiago. Las fundaciones, radier, losas y algunos muros machones se construían con hormigón armado, mientras que el resto consistía en albañilería armada. Al tratarse de una obra en extensión se optó por hormigonar utilizando una retro excavadora para losas y muros y carretillas en el caso de las fundaciones y radier.

Los plazos y características del proyecto son las siguientes:

Tabla 4.13: Características del proyecto 3.

Inicio	23-12-2010
Plazo	10 meses
Término	17-10-2011
Ubicación	Pudahuel
Tipo de edificación	Casas
Estructuración	Albañilería Armada
Pisos	2
Moldaje	Fenólica

Tabla 4.14: Proyecto 3, Plazos previstos para Obra Gruesa.

OBRA GRUESA	Prevista
Duración Obra gruesa	6,5 meses
Inicio OG	01-02-2011
Término OG	12-08-2011

4.3.1 Implementación del Sistema de Planificación.

La empresa constructora encargada de esta obra incorpora el sistema Last Planner en todas sus obras, es por esto que existe un programador visitador de obra que capacita al jefe de terreno, responsable de llevar a cabo el sistema de planificación dentro de la obra, y supervisar que se efectúen las reuniones semanales, liberación de recursos y avance del programa. Para ello, finalizada la semana el jefe de terreno envía los avances, actualización del programa, CNC y PPC generados a gerencia y al resto del equipo de trabajo.

El sistema de planificación al estar incorporado por la empresa posee un mayor peso, ya que pasa a ser parte de los procedimientos y del sistema de calidad de ésta, por lo que se genera una mayor responsabilidad y compromiso en los encargados del sistema de planificación de cada obra.

4.3.1.1 Programa Maestro.

La información entregada en el programa maestro correspondía en gran medida a información de proyectos anteriores en los cuales se construyeron casas similares, estos datos recolectados a partir de la realidad presentan una gran ventaja para los proyectos futuros.

4.3.1.2 Desarrollo de la Planificación intermedia.

Los días viernes se realizaba la medición del avance, en la cual se proyectaba la programación de la semana siguiente de acuerdo a las exigencias del programa. Se realizaba la liberación de restricciones de acuerdo a lo rescatado durante la semana en la reunión de coordinación entre todos los actores fundamentales del equipo de trabajo (administrador, oficina técnica, jefe de bodega, etc.).

4.3.1.3 Elaboración del Inventario de Trabajo Ejecutable.

Se elaboraba el listado de actividades ejecutables a partir de la liberación de restricciones. En ocasiones se liberaban actividades que no cumplían todos los requisitos, porque el programa exigía que se realizaran obligadamente durante esa semana, a modo de evitar atrasos, lo cual viciaba al sistema de planificación y posteriormente se incorporaban actividades al PTS con la esperanza que durante la semana se liberaran sus restricciones, lo que en la mayoría de los casos no se podía lograr.

4.3.1.4 Planificación del trabajo semanal

Se realizaba una reunión de planificación semanal con los subcontratos, en la cual se entregaba el programa semanal y se les pedía que entregaran a final de semana el avance y los problemas que habían presentado. Se estudiaban las posibles dificultades que poseería el programa entregado y se analizaban las causas de no cumplimiento del programa de la semana anterior.

4.3.1.5 Indicadores medidos

Durante cada semana se midió el porcentaje de plan completado (PPC) y las causas de no cumplimiento (CNC) de las actividades no realizadas. Recordemos que solamente se consideran las actividades correspondientes a hormigón, enfierradura y moldajes.

4.3.2 Resultados de la implementación.

4.3.2.1 Porcentaje de plan completado.

Tabla 4.15: Proyecto 3, Porcentaje de Plan Completado.

Semana	Fecha	Actividades Programadas	Actividades Realizadas	PPC	Semana	Fecha	Actividades programadas	Actividades realizadas	PPC
1	31-01-11	40	40	100%	11	11-04-11	144	125	87%
2	07-02-11	62	54	87%	12	18-04-11	98	82	84%
3	14-02-11	58	58	100%	13	25-04-11	118	112	95%
4	21-02-11	74	68	92%	14	02-05-11	120	116	97%
5	28-02-11	77	55	71%	15	09-05-11	120	119	99%
6	07-03-11	102	78	76%	16	16-05-11	80	80	100%
7	14-03-11	48	44	92%	17	23-05-11	70	70	100%
8	21-03-11	96	86	90%	18	30-05-11	82	78	95%
9	28-03-11	126	110	87%	19	06-06-11	44	44	100%
10	04-04-11	111	101	91%				Promedio	92%

Se realizó el análisis del plan completado hasta la semana 19, debido a que en ella se terminaron las actividades de hormigonado. En este periodo de estudio se logró un promedio de 92% durante todo el periodo. Además, al realizar la regresión lineal, se observa que el PPC tiende a ir

aumentando levemente, logrando disminuir su variabilidad y manteniéndose en valores sobre el 90% de cumplimiento a partir de la semana 13. Esta tendencia se debe a lograr un programa más acorde a la realidad ejecutable del proyecto (Ver Tabla 4.15 y Figura 4.14).

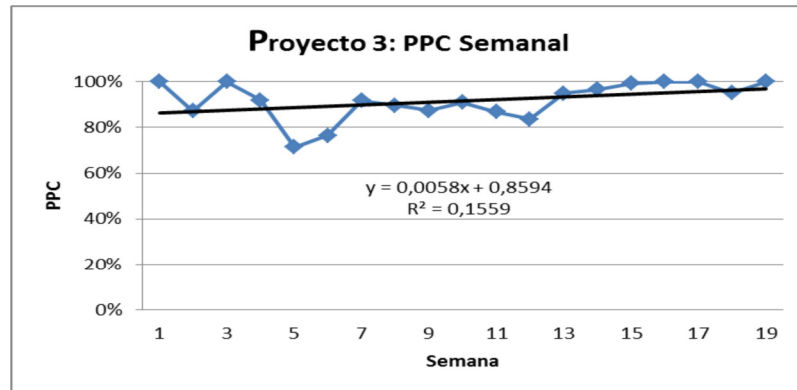


Figura 4.14: Proyecto 3, PPC Semanal.

4.3.2.2 Causas de no cumplimiento.

A continuación, se muestra mediante gráficos la cantidad de CNC según su origen, notándose una gran cantidad de CNC correspondientes a falta de materiales por parte de subcontratos, responsabilidad mayoritariamente del subcontrato de moldajes, por no tener en obra el material que se iba a utilizar durante la semana (se subcontrató la partida considerando mano de obra, equipos y materiales para los moldajes).

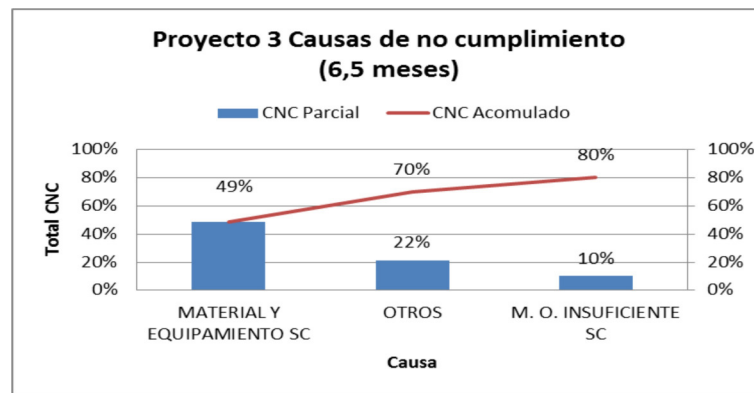


Figura 4.15: Proyecto 3, Causas de no cumplimiento.

Analizando el responsable de estas causas, la mayor cantidad corresponde a subcontratos, sin embargo, existe una responsabilidad por parte de la constructora al incorporar en el programa actividades que se sabía de antemano que no se contaba con los materiales en obra.

Tabla 4.16: Proyecto 3, porcentaje de actividades no realizadas.

Proyecto 3		
Actividades	[n°]	[%]
Programadas	1600	100%
Realizadas	1456	91%
No realizadas	144	9%

Durante las 19 semanas de estudio se obtiene que un 9% de las actividades programadas no se logran realizar, alcanzando un promedio mensual de 22 causas de no cumplimiento.

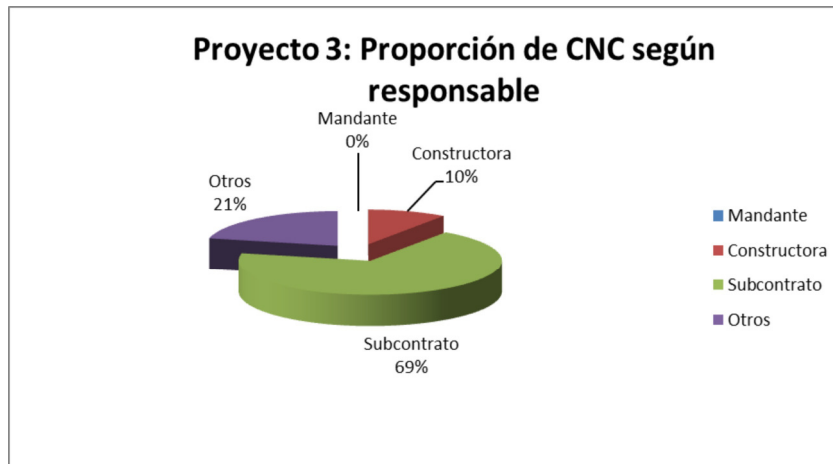


Figura 4.16: Proyecto 3, Proporción de CNC según responsable.

Se observa de la Figura 4.16 que el 69% de las causas de no cumplimiento corresponden a subcontratistas.

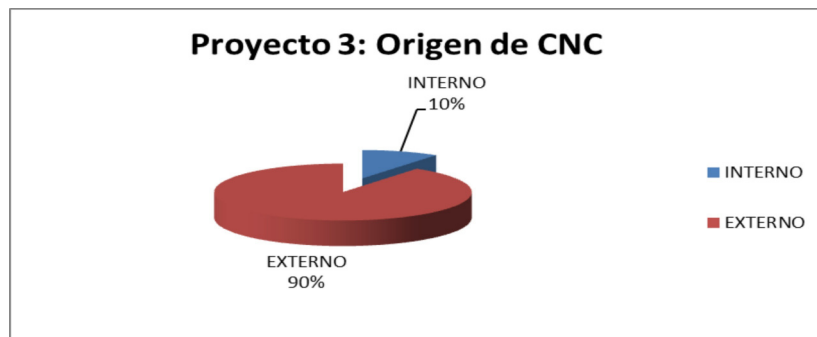


Figura 4.17: Proyecto 3, CNC según origen.

En la Figura 4.17 se observa que el 90% de las CNC son de origen externo, sin embargo hay que destacar que el 49% de ellas corresponde a la falta de materiales por parte de subcontratos. De todas formas existe un grado de responsabilidad por parte de la constructora, ya que tenía la posibilidad de haber intervenido en este problema y haber previsto la falta de materiales.

4.3.2.3 Productividad

Se midió el volumen de hormigón colocado durante las 17 semanas del estudio, obteniendo los siguientes resultados indicados en la Tabla 4.17 y expresada en la Figura 4.18.

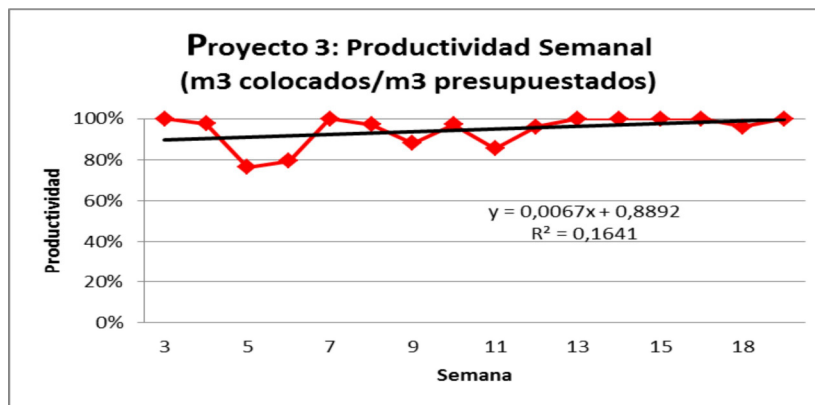


Figura 4.18: Proyecto 3, Productividad según semana.

Tabla 4.17: Proyecto 1, Productividad.

Semana	m ³ colocados	m ³ Presupuestado	m ³ colocados / m ³ presupuestado	Semana	m ³ colocados	m ³ Presupuestado	m ³ colocados/ m ³ presupuestado
3	89	89	100%	11	138	161	86%
4	115	118	98%	12	85	88	96%
5	102	134	76%	13	113	113	100%
6	117	148	79%	14	60	60	100%
7	45	45	100%	15	60	60	100%
8	119	122	97%	17	55	55	100%
9	140	159	88%	18	46	48	96%
10	139	143	97%	19	6	6	100%
PROMEDIO							95%

Para este proyecto se obtiene una productividad promedio de 95%. En la Figura 4.18 se observa que la productividad va alcanzando un equilibrio a medida que pasan las semanas, obteniéndose una pendiente que demuestra una estabilidad de la productividad en el tiempo.

4.3.3 Comentarios.

Planificación intermedia:

La planificación intermedia se realizaba semanalmente con una proyección a futuro de cinco semanas, generando un listado de actividades ejecutables, lo cual llevó a buenos resultados.

Planificación semanal:

Si bien en la reunión semanal se llevaba un control de los subcontratos que participaban, no se invitaba a los supervisores de la obra, lo cual dejaba un cierto quiebre en la comunicación con respecto a las actividades de la semana. Además, el programa no era discutido en profundidad por los participantes de la reunión, más bien, asumían las actividades que les pedía la carta Gantt para dicha semana. Faltó publicar los resultados de la semana durante la reunión y buscar soluciones en conjunto a las causas de no cumplimiento para encontrar mejoras a futuro.

CNC:

El hecho de que el 68% de las causas de no cumplimiento corresponden a responsabilidades de subcontratos, se debe a que en las reuniones semanales no se genera un compromiso de trabajo por parte de la gente de subcontratos, ya que las actividades de la semana se imponían por requerimientos del jefe de terreno para cumplir con el programa que se le exigía, y no se llegaba a

un buen consenso de si las actividades se podían realizar, tampoco se daba la posibilidad de modificar el programa semanal.

PPC:

Durante el periodo de estudio se observaron valores buenos de PPC, destacando que solamente en dos semanas se obtuvo valores inferiores al 80% sin bajar del 70% de cumplimiento, lo cual demuestra una buena planificación, sin embargo, hay que destacar que los valores en los cuales se nota una baja en el PPC corresponde a la incorporación de actividades en el programa que no tenían sus restricciones liberadas, específicamente por no poseer moldajes en obra.

Productividad:

Al igual que el proyecto 2, se observa una tendencia a mejorar los índices de productividad a medida que pasa el tiempo de implementación, probablemente debido al seguimiento y control proporcionado por el sistema Last Planner sumado al aprendizaje propio de las cuadrillas de trabajo.

4.4 Proyecto 4:

Este proyecto consiste en el montaje industrial de una termoeléctrica, específicamente se trabajó en el área mecánica encargada del montaje de los equipos y turbinas en el edificio de Turbinas (STB) y luego en el sector de la turbina 2 (BOP).

Los plazos y características del proyecto son las siguientes:

Tabla 4.18: Proyecto 4, Plazos previstos para Obra Gruesa y características de proyecto.

Inicio Turbina 1	01-08-2009
Termino Turbina 1	11-09-2010
Inicio Turbina 2	10-08-2010
Termino Turbina 2	27-03-2011
Ubicación	Angamos
Tipo de edificación	Termoeléctrica
Estructuración	Montaje industrial

4.4.1 Implementación del Sistema de Planificación:

Por medio de una asesoría en terreno, la CDT se encargó de implementar un sistema de planificación que permitiese detectar problemas que interrumpen el flujo de trabajo. La metodología implementada se basa principalmente en principios del sistema Last Planner, incorporando al proyecto toda la metodología correspondiente para mejorar el flujo de los procesos detectando las causas de no cumplimiento de las actividades e implementando soluciones oportunas y acciones de mejoramiento de los procesos. Esta asesoría se aplicó a partir de enero de 2010 en el sector de turbinas y a partir de junio del mismo año en el sector de la turbina 2 (BOP) logrando un periodo de implementación de 14 meses. Hay que destacar que dada las condiciones de trabajo, características y duración de las actividades, se realizaron las reuniones cada 10 días al igual que la medición de los indicadores de PPC y CNC.

4.4.1.1 Programa Maestro.

Al tratarse de un proyecto finalizado, no se pudo contar con la información que se contaba del programa Maestro, ni tampoco el nivel de participación del equipo. Para no alterar los resultados, se evaluará como nivel de implementación regular y compromiso medio.

4.4.1.2 Desarrollo de la Planificación intermedia.

Durante la reunión de producción se definía el programa intermedio, con un horizonte de actividades de 3 a 4 semanas. Este programa no sólo incluía actividades que generaban avance, sino que también se incluyeron actividades de traslado de materiales, preparación de maniobras, colocación y retiro de andamios; en general actividades necesarias para el avance, pero que no siempre son consideradas en los programas. Esto hizo que se consideraran de igual peso que las actividades que sí generaban valor favoreciendo el flujo de trabajo.

Normalmente se definieron los responsables para la liberación de las restricciones más importantes, de modo que se generaron compromisos por parte del equipo para liberar las actividades.

4.4.1.3 Elaboración del Inventario de Trabajo Ejecutable.

A priori no se realiza un listado de actividades ejecutables, si no que para las actividades que va requiriendo el programa se van liberando las restricciones.

4.4.1.4 Planificación del trabajo semanal.

Se realizaba una reunión cada 10 a 15 días debido a los turnos que tenía el proyecto, en la cual se exponían los indicadores de la semana y se estudiaban las causas de no cumplimiento de las actividades.

4.4.1.5 Indicadores medidos.

En cada reunión se midió el porcentaje de plan completado (PPC) y las causas de no cumplimiento (CNC) de las actividades no realizadas.

4.4.2 Resultados de la implementación.

4.4.2.1 Porcentaje de plan completado.

Se realizó el análisis del plan completado durante 14 meses, logrando un promedio de PPC de 61% durante todo el periodo. Además, al realizar una regresión lineal, se observa que el PPC tiende a ir aumentando, lo que demuestra que existe un aprendizaje en ir programando actividades que realmente se pueden realizar, logrando un programa más acorde a la realidad ejecutable. Sin embargo, se puede observar que pese al aprendizaje se observan valores bastante bajos en las últimas semanas.

Tabla 4.19: Proyecto 4, Porcentaje de Plan Completado.

Semana	Fecha	Actividades Programadas	Actividades Realizadas	PPC	Semana	Fecha	Actividades Programadas	Actividades Realizadas	PPC
1	22-ene	35	22	63%	15	03-ago	13	8	62%
2	01-feb	37	18	49%	16	10-sep	53	20	38%
3	11-feb	28	15	54%	17	29-sep	37	26	70%
4	18-feb	23	11	48%	18	07-oct	41	33	80%
5	25-feb	36	17	47%	19	21-oct	27	17	63%
6	24-mar	24	14	58%	20	04-nov	46	30	65%
7	09-abr	45	32	71%	21	24-nov	28	25	89%
8	23-abr	36	19	53%	22	09-dic	35	28	80%
9	06-may	27	15	56%	23	17-dic	23	20	87%
10	21-may	21	10	48%	24	07-ene	14	12	86%
11	03-jun	32	14	44%	25	14-ene	27	16	59%
12	17-jun	61	32	52%	26	28-ene	24	10	42%
13	01-jul	35	21	60%	27	12-feb	72	49	68%
14	14-jul	20	12	60%				Promedio	61%

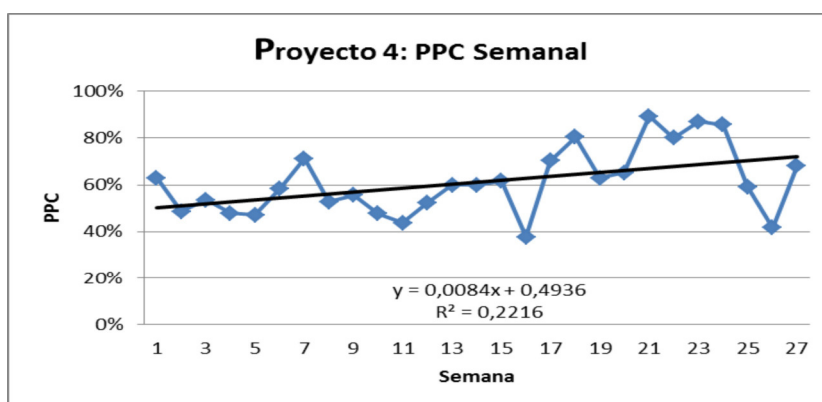


Figura 4.19: Proyecto 4, PPC Semanal.

4.4.2.2 Causas de no cumplimiento.

A continuación se muestra mediante gráficos la cantidad de CNC según su origen, notándose una gran cantidad de CNC correspondientes a problemas de planificación o falta de actividades previas, ambas responsabilidades de la constructora.

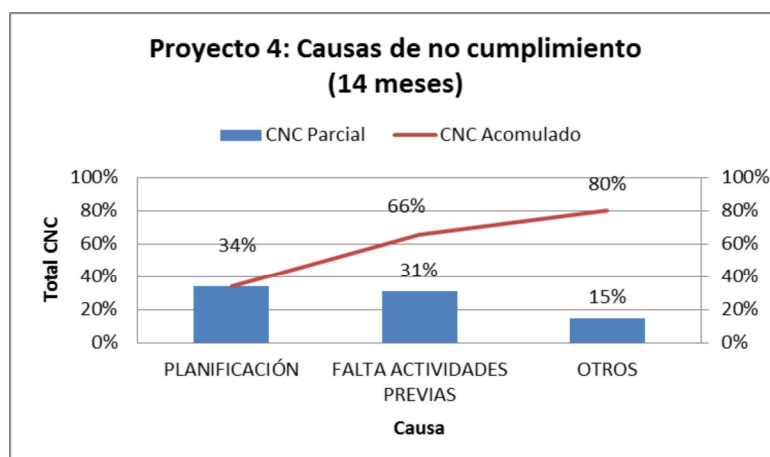


Figura 4.20: Proyecto 4, Causas de no cumplimiento.

Tabla 4.20: Proyecto 4, porcentaje de actividades no realizadas.

Proyecto 4		
Actividades	[n°]	[%]
Programadas	907	100%
Realizadas	549	61%
No realizadas	358	39%

Durante los 14 meses de estudio se obtiene que un 39% de las actividades programadas no se logran realizar alcanzando un promedio mensual de 26 causas de no cumplimiento.

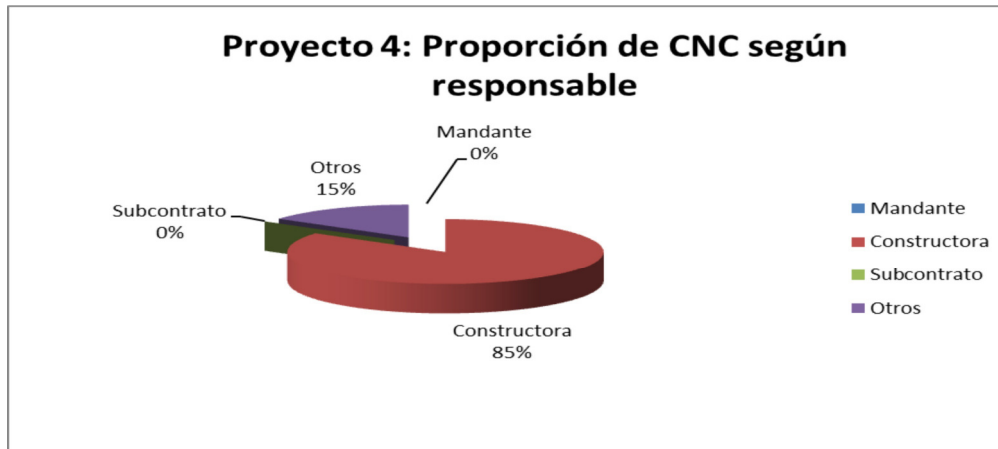


Figura 4.21: Proyecto 4, Proporción de CNC según responsable.

Se observa de la Figura 4.21 que el 85% de las causas de no cumplimiento corresponden a la constructora, provocadas en su mayoría por problemas de planificación. Del total de causas de no cumplimiento el 74% son de origen interno.

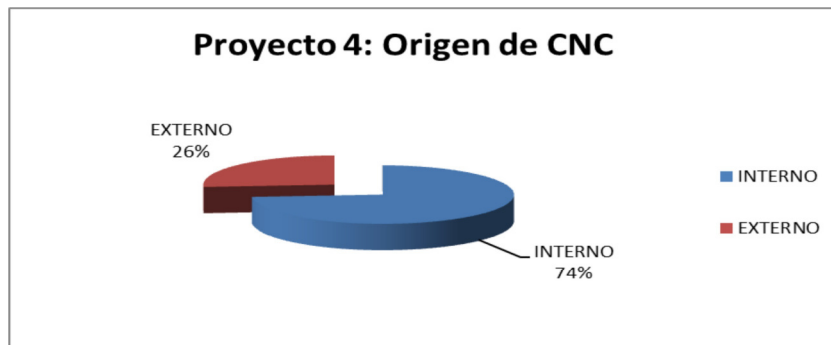


Figura 3.22: Proyecto 4, CNC según origen.

4.4.2.3 Productividad.

Para este proyecto en particular, no se puede utilizar el indicador de productividad para hormigones, debido a que este proyecto no cuenta con esa faena en forma masiva. Sin embargo, se realizaba el seguimiento de la productividad de la obra a partir de un indicador utilizado por la empresa en todos sus proyectos, Performance Factor (PF), el cual consiste en las HH usadas versus HH presupuestadas. Las HH presupuestadas corresponden a las HH mínimas necesarias, durante un cierto periodo de tiempo, para realizar las actividades del proyecto, por lo cual, si se

realizan durante la semana las actividades utilizando menos HH significa que se está siendo más eficiente y se obtendrán valores inferiores a uno, de lo contrario si se utilizan más recursos que los proyectados se obtendrán valores superiores a uno. Esta cantidad de HH presupuestadas se extrae del programa maestro.

Tabla 4.21: Proyecto 4, Indicador PF.

Semana	Fecha	PF
4	18-feb	1,5
5	25-feb	1,8
6	24-mar	1,4
7	09-abr	3,5
8	23-abr	4,4
9	06-may	1,7
10	21-may	0,7
11	03-jun	1,2
12	17-jun	1,2
13	01-jul	0,9
14	14-jul	1,2
15	03-ago	1,0
16	10-sep	0,9
17	29-sep	1,3
18	07-oct	1,2
19	21-oct	1,0
20	04-nov	0,9
21	24-nov	1,1
22	09-dic	1,0
23	17-dic	1,3
Promedio		1,4

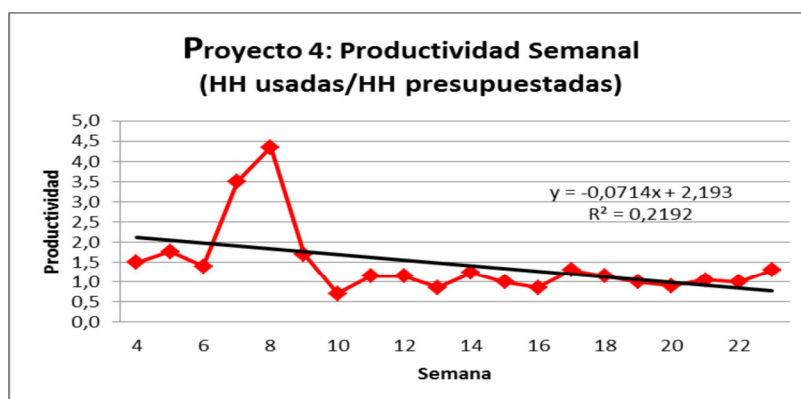


Figura 4.23: Proyecto 4, Productividad según semana (PF).

Lamentablemente por no tratarse del mismo indicador de productividad utilizado en los otros proyectos y por no tratarse de un proyecto con hormigón masivo, los datos correspondientes a productividad no serán considerados en la evaluación y comparación con los otros proyectos, solamente se realizará el análisis individual del proyecto.

4.4.3 Comentarios.

Planificación intermedia:

Existe una ventaja de considerar en la planificación intermedia actividades que normalmente no se considera su análisis, como lo son el movimiento de equipos y materiales, preparación de maniobras, protocolos, entre otros. Generalmente, estas actividades no se consideran pese a que en muchas ocasiones requieren una alta cantidad de HH y son fundamentales para poder realizar otras actividades que son parte del programa.

Para este tipo de proyectos que se encuentran aislados de centros urbanos, la planificación intermedia cumple un rol fundamental dado que la condición de abastecimiento ya sea de materiales, maquinarias o mano de obra no son triviales y cualquier mala planificación o falta de proyección, puede significar un retraso significativo de la obra.

Planificación semanal:

Solamente destacar que debido a las características del proyecto, la planificación semanal se realizaba cada 10 o 15 días, por lo que todas las mediciones se hacían entre ese período.

CNC:

La mayor cantidad de las CNC corresponden a problemas de planificación o falta de actividades previas, es decir de carácter interno por parte de la constructora. Principalmente producidas por el cambio de prioridades durante la ejecución de las partidas, puesto que al no tener disponible el lugar de trabajo por que no se han terminado los trabajos previos, se opta por atacar nuevos frentes para generar avances.

Así mismo, esta falta de actividades previas se debe generalmente a la falta de claridad en la responsabilidad de liberación de restricciones o falta de participación de todos los agentes importantes en la reunión de planificación.

PPC:

En las últimas semanas, si bien se observa una mejora progresiva y notoria de los indicadores de cumplimiento, se puede ver una baja en el PPC. Esto se debe principalmente a la menor cantidad de actividades programadas para el final del proyecto, lo que hace muy sensibles a los indicadores, además de ser una condición relativamente normal dentro de proyectos de esta naturaleza, donde el cambio de prioridades en las actividades a realizar, vuelve a ser una causa común.

Productividad:

Como se mencionó anteriormente a medida que pasa el tiempo de implementación de sistema Last Planner los indicadores de productividad arrojan mejores resultados.

Recordemos que este indicador de productividad, al ser distinto al utilizado en los otros proyectos, no servirá para el análisis en el cual se compara la productividad de todos los proyectos.

4.5 Resumen.

De este capítulo se rescata la descripción completa de los proyectos, ordenada de acuerdo al sistema de evaluación presentado en el capítulo 3. Se puede observar que el proyecto cuatro, correspondiente al de montaje industrial, difiere bastante de los demás proyectos. Su materialidad principal corresponde al montaje de acero, y el hormigón no cumple un rol tan primordial como lo cumple en los otros proyectos. Es por esto que el índice de productividad planteado para la evaluación de todos los proyectos no es referente para éste, y no permite incorporarlo en la evaluación de productividad y determinación del proyecto líder.

Si bien al tratarse de un proyecto poco comparable con los otros, se ha mantenido en la evaluación de los niveles de implementación de Last Planner, información que enriquece al estudio, puesto que permite ver que niveles de implementación se lograron en un proyecto de montaje industrial. Sin embargo, se ha dejado de lado para la determinación del proyecto líder, como se mencionó anteriormente, debido a que el hormigón no cumple un rol fundamental en los procesos y no permite la comparación de productividad con los otros proyectos.

CAPITULO 5: EVALUACIÓN DE LOS PROYECTOS.

Utilizando el sistema de evaluación presentado en el capítulo 3, se procedió a evaluar y analizar los resultados de los proyectos de acuerdo al nivel de implementación y de acuerdo al grado de compromiso, obteniendo finalmente un valor final de implementación del sistema Last Planner correspondiente al promedio entre estos dos análisis.

A continuación se procederá a evaluar la productividad de los tres proyectos y se comparará con el PPC, CNC y niveles de implementación del sistema, para finalmente determinar el proyecto líder correspondiente al proyecto que posee mayor productividad.

5.1 Evaluación de implementación de Last Planner.

5.1.1 Evaluación de los niveles de implementación.

Se asigna el puntaje correspondiente según el nivel de implementación como se indicó en el punto 3.2.3, a partir del promedio de los resultados de cada nivel.

Tabla 5.1: Proyecto 1: Evaluación nivel de implementación.

PROYECTO 1 ETAPA	¿Se efectúa?		Nivel de implementación			Puntaje
	Si	No	Bueno	Regular	Malo	
PROGRAMA MAESTRO	X			X		66
PLANIFICACIÓN INTERMEDIA	X			X		66
INVENTARIO TRABAJO EJECUTABLE	X				X	33
PLANIFICACIÓN SEMANAL	X		X			100
TOTAL						66,25

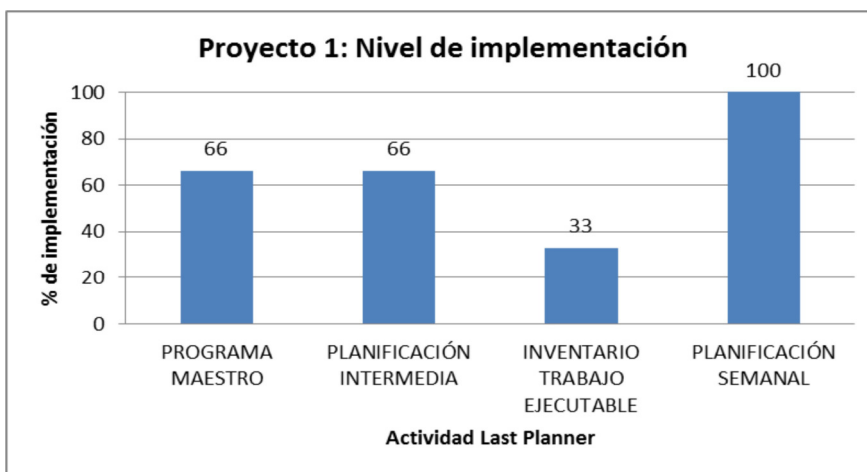


Figura 5.1: Proyecto 1, Resultados implementación.

La mayor implementación que presenta el proyecto 1 corresponde a la planificación semanal, esto se debe a que se realizaba una reunión participativa donde se daba tiempo para analizar las causas de no cumplimiento y se consensuaba el programa semanal.

Se observa que el punto de implementación más bajo corresponde al inventario de trabajo ejecutable, si bien se realizaba una planificación intermedia y el análisis de restricciones, no se logró implementar en su totalidad el inventario de trabajo ejecutable.

Tabla 5.2: Proyecto 2: Evaluación nivel de implementación.

PROYECTO 2 ETAPA	¿Se efectúa?		Nivel de implementación			Puntaje
	Si	No	Bueno	Regular	Malo	
PROGRAMA MAESTRO	X			X		66
PLANIFICACIÓN INTERMEDIA	X				X	33
INVENTARIO TRABAJO EJECUTABLE		X				0
PLANIFICACIÓN SEMANAL	X			X		66
TOTAL						41,25

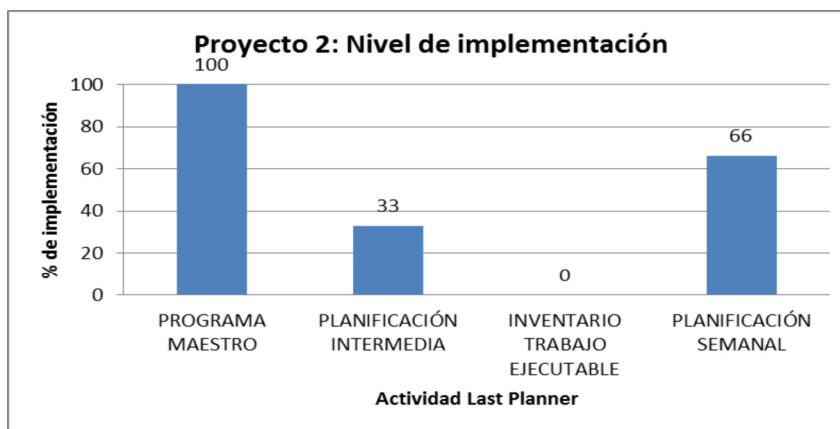


Figura 5.2: Proyecto 2, Resultados implementación.

Analizando los niveles de implementación más bajos del proyecto 2 destaca la planificación intermedia y el inventario de trabajo ejecutable, como se dijo anteriormente en este proyecto no se logró implementar el estudio y análisis de las restricciones de las partidas, lo que condujo a la no implementación del inventario de trabajo ejecutable.

Tabla 5.3: Proyecto 3: Evaluación nivel de implementación.

PROYECTO 3 ETAPA	¿Se efectúa?		Nivel de implementación			Puntaje
	Si	No	Bueno	Regular	Malo	
PROGRAMA MAESTRO	X		X			100
PLANIFICACIÓN INTERMEDIA	X		X			100
INVENTARIO TRABAJO EJECUTABLE	X			X		66
PLANIFICACIÓN SEMANAL	X			X		66
TOTAL						83

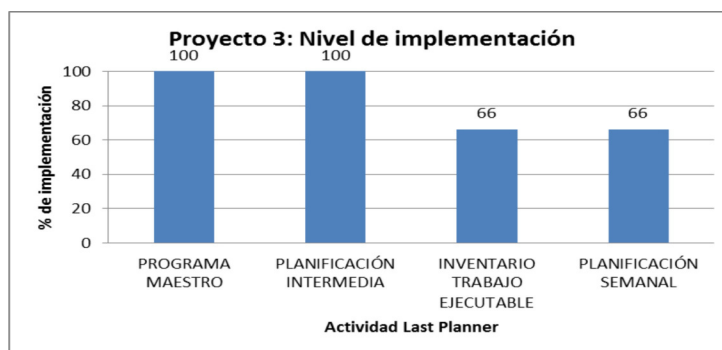


Figura 5.3: Proyecto 3, Resultados implementación.

Al estar implementado el sistema de planificación por parte de la empresa, se efectuaba el cumplimiento de ciertas actividades del sistema por un procedimiento interno, es por esto que la planificación intermedia es considerada a nivel de empresa un punto importante y se controlaba su realización.

Así mismo, como ya se mencionó, la empresa, al preocuparse por su emprendimiento y mejoras incorporaba información de proyectos anteriores para determinar las directrices de este nuevo proyecto, entregando plazos, presupuestos y rendimientos esperados acorde a la realidad.

Tabla 5.4: Proyecto 4: Evaluación nivel de implementación.

PROYECTO 4 ETAPA	¿Se efectúa?		Nivel de implementación			Puntaje
	Si	No	Bueno	Regular	Malo	
PROGRAMA MAESTRO	X			X		66
PLANIFICACIÓN INTERMEDIA	X			X		66
INVENTARIO TRABAJO EJECUTABLE	X				X	33
PLANIFICACIÓN SEMANAL	X			X		66
TOTAL						57,75

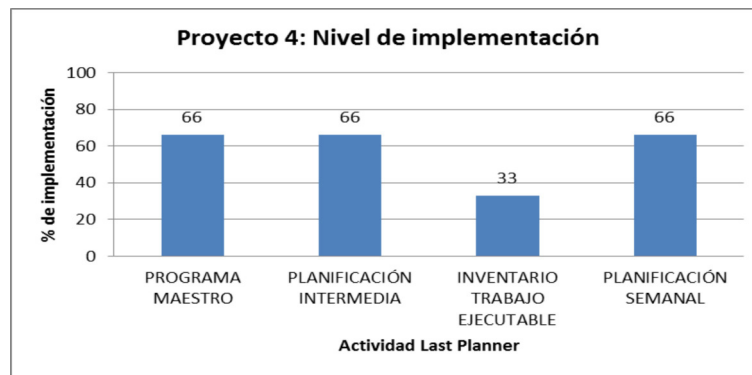


Figura 5.4: Proyecto 4, Resultados implementación.

El nivel de implementación más bajo observado en el proyecto 4 corresponde al inventario de trabajo ejecutable. Dadas las características del proyecto, el cual posee actividades reiterativas y de muy larga duración, no se consideró necesaria la implementación de un inventario de trabajo ejecutable en su totalidad, sin embargo, se realizaba la liberación de restricciones de las partidas y se detectaba cuales se podían ejecutar y cuales no, tomando determinaciones en forma oportuna.

En resumen se obtienen los siguientes puntajes para la implementación del sistema de planificación para cada proyecto:

Tabla 5.5: Resumen de evaluación del nivel de implementación.

PROYECTO	IMPLEMENTACIÓN
PROYECTO 1	66
PROYECTO 2	50
PROYECTO 3	83
PROYECTO 4	58
PROMEDIO	64

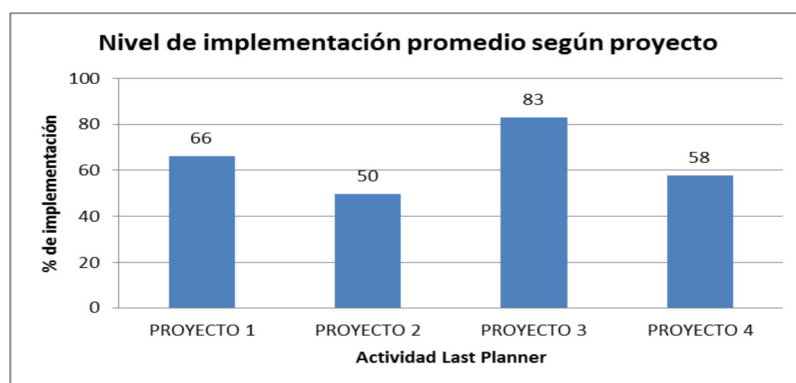


Figura 5.5: Resumen resultados de la implementación.

El proyecto que presenta una mayor implementación corresponde al proyecto 3, con un valor de 83%, el de menor valor corresponde al proyecto 2 con un 41% de implementación.

5.1.2 Evaluación de los niveles de compromiso

De la misma forma que en el punto 5.1.1 se asignan los puntajes correspondientes a los proyectos y se calcula el promedio de estos para obtener el valor final.

Tabla 5.6: Proyecto 1: Evaluación de nivel de compromiso.

PROYECTO 1 ETAPA	¿Se efectúa?		Nivel de compromiso			Puntaje
	Si	No	Alta	Media	Baja	
PROGRAMA MAESTRO	X		X			100
PLANIFICACIÓN INTERMEDIA	X			X		66
INVENTARIO TRABAJO EJECUTABLE	X				X	33
PLANIFICACIÓN SEMANAL	X			X		66
TOTAL						66,25

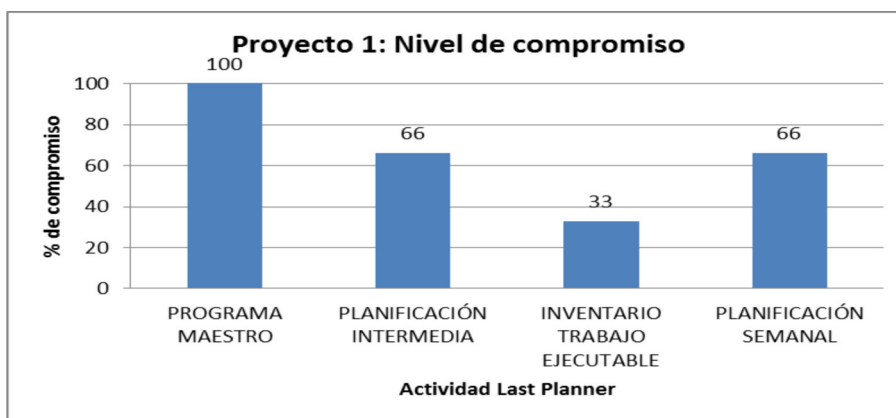


Figura 5.6: Proyecto 1, Resultados compromiso.

El proyecto 1 presenta su mayor compromiso en el programa maestro, debido a la experiencia del equipo de obra que participó de la definición de los ritmos, flujos de M.O. y maquinarias para la realización del proyecto.

Sin embargo no existía un mayor compromiso por el inventario de trabajo ejecutable, debido a la falta de entendimiento de las ventajas que se pueden rescatar de él.

Tabla 5.7: Proyecto 2: Evaluación de nivel de compromiso.

PROYECTO 2 ETAPA	¿Se efectúa?		Nivel de compromiso			Puntaje
	Si	No	Alta	Media	Baja	
PROGRAMA MAESTRO	X			X		66
PLANIFICACIÓN INTERMEDIA	X				X	33
INVENTARIO TRABAJO EJECUTABLE		X				0
PLANIFICACIÓN SEMANAL	X			X		66
TOTAL						41,25

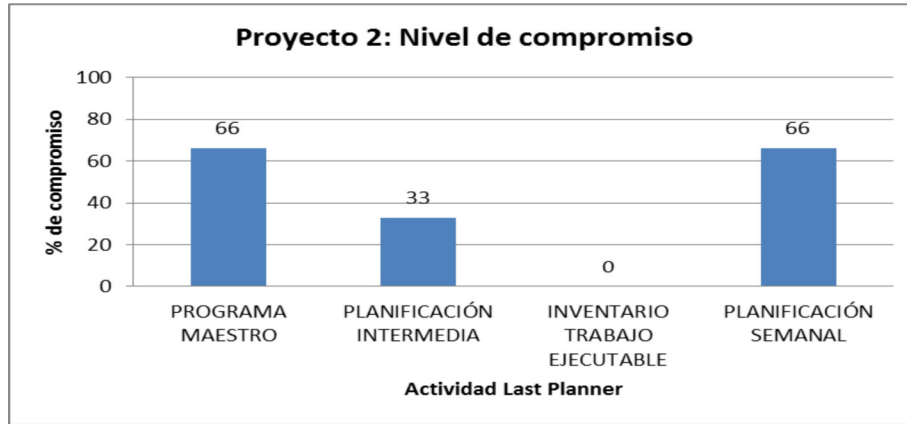


Figura 5.7: Proyecto 2, Resultados compromiso.

Para el proyecto 2 los menores resultados nuevamente se observan en la planificación intermedia e inventario de trabajo ejecutable, debido a que no se le dio la importancia o no se comprendió las ventajas de realizar dichas actividades del sistema Last Planner,

Tabla 5.8: Proyecto 3: Evaluación de nivel de compromiso.

PROYECTO 3 ETAPA	¿Se efectúa?		Nivel de compromiso			Puntaje
	Si	No	Alta	Media	Baja	
PROGRAMA MAESTRO	X			X		66
PLANIFICACIÓN INTERMEDIA	X			X		66
INVENTARIO TRABAJO EJECUTABLE	X			X		66
PLANIFICACIÓN SEMANAL	X			X		66
TOTAL						66

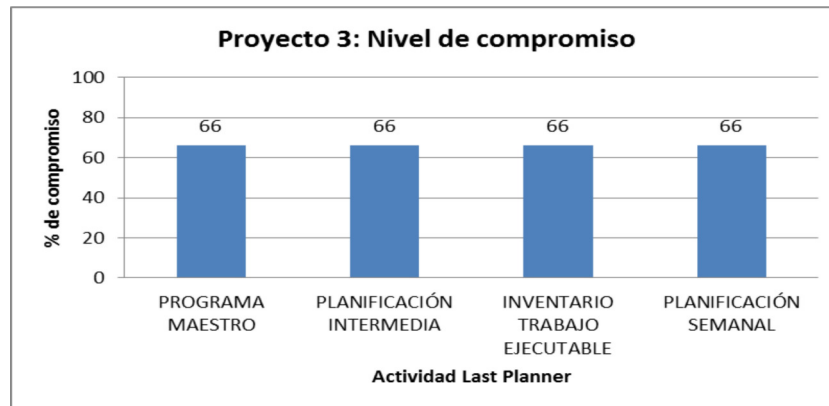


Figura 5.8: Proyecto 3, Resultados compromiso.

El proyecto 3 presenta en todas las etapas un compromiso medio por parte del equipo de obra. Se nota un efecto en el compromiso con el sistema, al estar regulado por la empresa, en todas las actividades se nota una participación y compromiso medio, que es el mínimo para cumplir con los procedimientos que exige la empresa, si bien no se baja de este nivel, tampoco existe un mayor compromiso con el sistema.

Tabla 5.9: Proyecto 4: Evaluación de nivel de compromiso.

PROYECTO 4 ETAPA	¿Se efectúa?		Nivel de compromiso			Puntaje
	Si	No	Alta	Media	Baja	
PROGRAMA MAESTRO	X			X		66
PLANIFICACIÓN INTERMEDIA	X			X		66
INVENTARIO TRABAJO EJECUTABLE	X				X	33
PLANIFICACIÓN SEMANAL	X			X		66
TOTAL						57,75

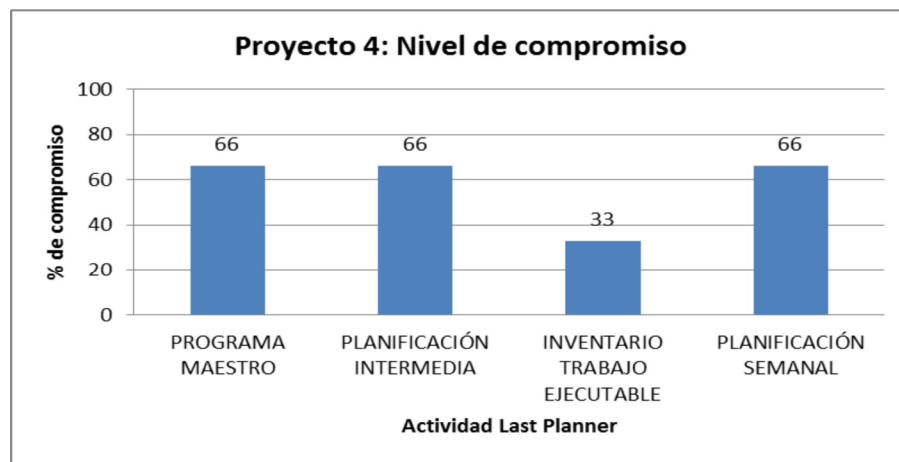


Figura 5.9: Proyecto 4, Resultados compromiso.

El proyecto 4 presenta el nivel más bajo comprometido en el inventario de trabajo ejecutable. Como ya se explicó anteriormente el equipo de obra no consideraba necesario implementarlo dadas las características de la obra.

En resumen se obtienen los siguientes puntajes para cada proyecto:

Tabla 5.10: Resumen evaluación de nivel de compromiso.

PROYECTO	COMPROMISO
PROYECTO 1	66
PROYECTO 2	41
PROYECTO 3	66
PROYECTO 4	58
PROMEDIO	58

El proyecto que presenta un mayor compromiso corresponde al proyecto 1 y el proyecto 3 ambos con un 66%, nuevamente el proyecto con un menor resultado es el proyecto 2 logrando solamente un 41%.

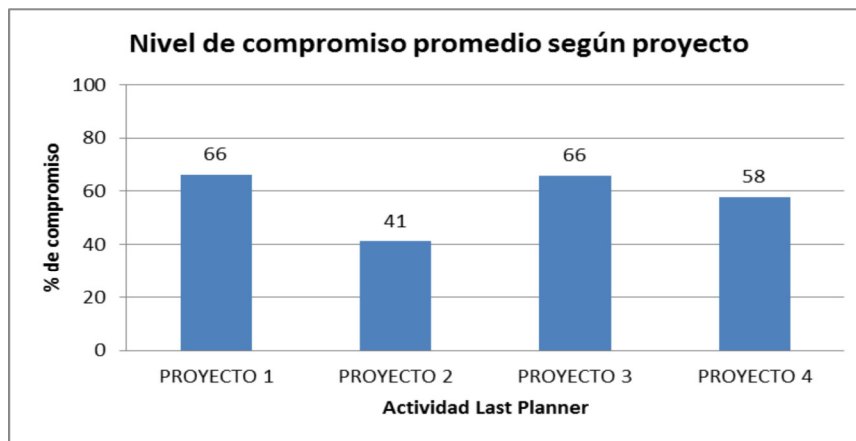


Figura 5.10: Resumen resultados compromiso total

5.1.3 Evaluación en conjunto.

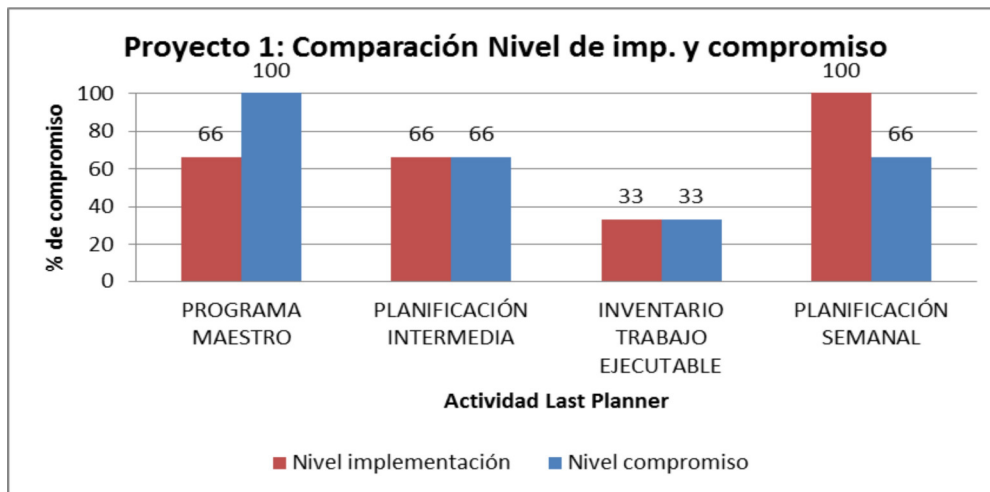


Figura 5.11: Proyecto 1, comparación entre nivel de implementación y de compromiso.

Se observa que la planificación semanal se implementa en su totalidad pero no hay un grado de compromiso total, debido a que los tiempos de terreno o de obra escasean y no permite al equipo de obra dedicarle un 100% a la planificación semanal.

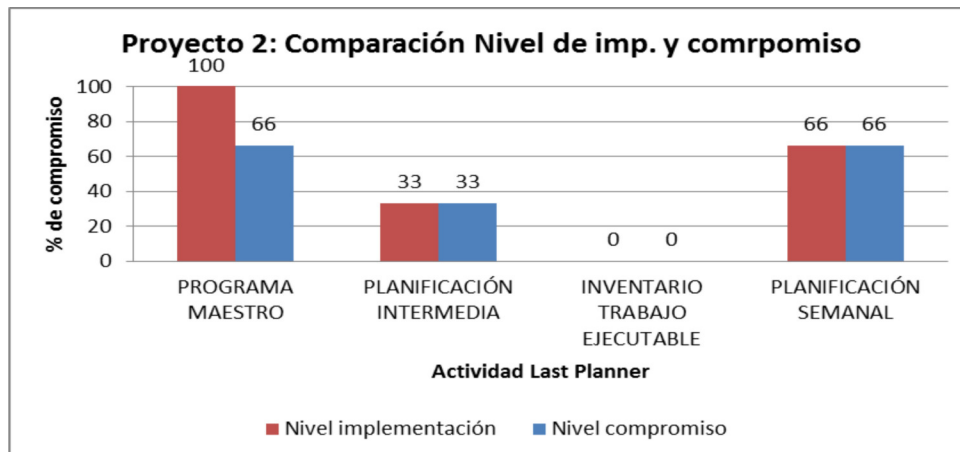


Figura 5.12: Proyecto 2, comparación entre nivel de implementación y de compromiso.

Se ve una tendencia de que si existe una falta de compromiso por el sistema este repercute de igual manera en la implementación, ya que no se efectuará de buena forma, debido a que no se entienden las ventajas que significa implementar el sistema en su totalidad. A veces salir del paradigma de lo tradicional es muy trabajoso, si es que el administrador o la empresa no facilita o fomenta la implementación de estas nuevas actividades.

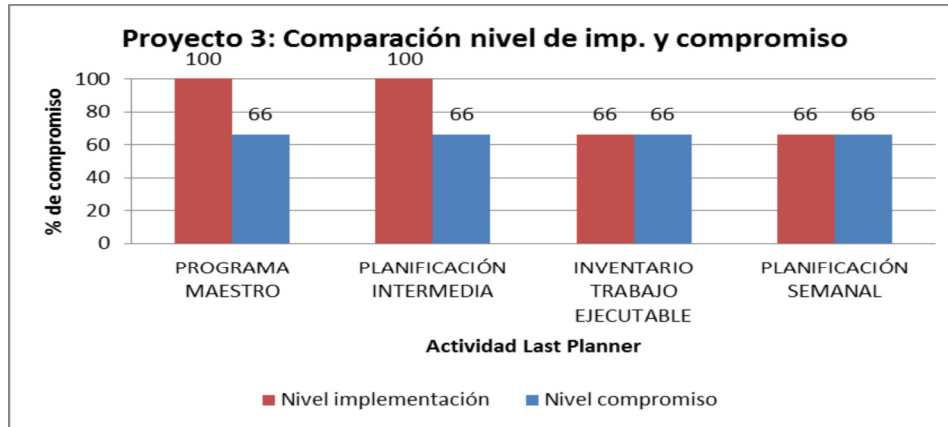


Figura 5.13: Proyecto 3, comparación entre nivel de implementación y de compromiso.

El hecho de que el sistema Last Planner esté implementado por parte de la misma empresa, no significa que el equipo de obra esté comprometido con esta implementación y puede que en ocasiones no se realicen las actividades del sistema como realmente corresponde. Por ejemplo, en la planificación inicial del proyecto 3, se cuenta con buena información proporcionada por la empresa pero no participó todo el equipo de obra, lo que significará que toda esa información no es transmitida en primera instancia a todo el equipo, o bien no se podrá apelar si es que ésta llega errada.

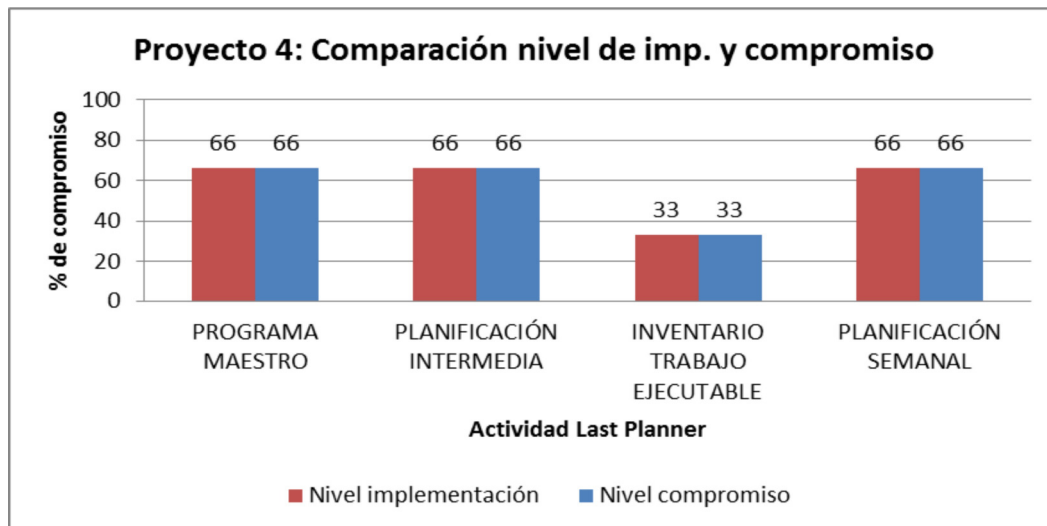


Figura 5.14: Proyecto 4, comparación entre nivel de implementación y de compromiso.

Se observa que para este proyecto no existe variación entre lo que se implementa y el compromiso por parte del equipo de obra.

En la Figura 5.15 se muestra un resumen y comparación de los promedios finales de implementación y compromiso de acuerdo a cada proyecto:

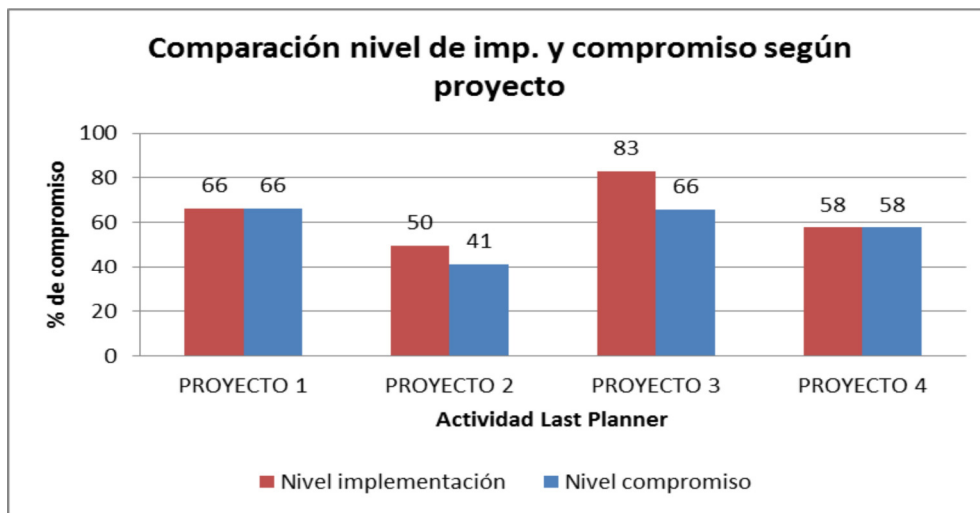


Figura 5.15: Resumen, comparación entre nivel de implementación y de compromiso.

Se observa que los valores finales de compromiso e implementación son parecidos para cada proyecto, sin embargo se destaca que el compromiso nunca es mayor a la implementación del sistema.

5.1.4 Resumen Final Evaluación Last Planner.

Como se indicó en el punto 3.2.3 el puntaje final de la implementación de Last Planner corresponde al promedio entre el puntaje del nivel de implementación y el de nivel de compromiso, resultados reflejados en la Tabla 5.11.

Tabla 5.11: Resultado final implementación de Last Planner según proyecto.

PROYECTO	Puntaje Final
PROYECTO 1	66
PROYECTO 2	46
PROYECTO 3	75
PROYECTO 4	58
PROMEDIO	61

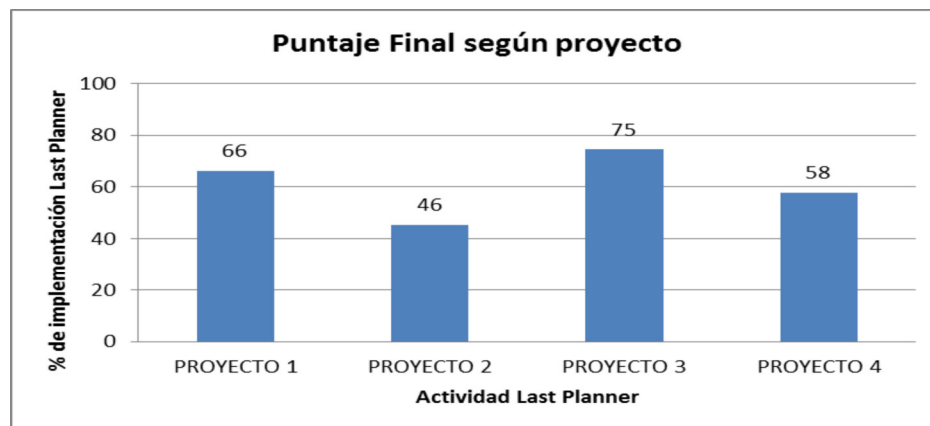


Figura 5.16: Resultado final implementación de Last Planner y productividad según proyecto.

Finalmente se obtiene que el proyecto número 3 posee el mayor nivel de implementación del sistema Last Planner, alcanzando un valor de 75%. El proyecto que presentó la menor

implementación corresponde al proyecto 2 logrando solamente un 46% de implementación del sistema.

5.2 Evaluación Productividad

A continuación se evaluará para cada proyecto la productividad semanal y final obtenida durante el periodo de análisis. Luego se comparará con el PPC y los niveles de implementación del sistema, de manera de obtener una relación entre la implementación de Last Planner y la productividad.

5.2.1 Evaluación Individual

5.2.1.1 Proyecto 1:

Se observa de la Figura 5.17 que si bien el índice del PPC va en aumento lográndose una mejor efectividad de la programación y mejor cumplimiento de las actividades logrando valores altos, la productividad del proyecto va en disminución. Esto llama la atención puesto que en teoría se debiese obtener un aumento en la productividad por la implementación del sistema Last Planner.

En búsqueda de este comportamiento surgen varias posibilidades, todos productos de la gran variabilidad existente dentro de los proyectos de la construcción, debido a factores externos o de carácter interno, incluso provocados por los mismos encargados de implementar el sistema o llevar el control de la obra.

No basta con tener PPC altos para tener un proyecto realmente productivo, el indicador de PPC nos muestra que tan eficientes y realistas somos en la programación de la obra, si en esta programación no incorporamos las actividades de la ruta crítica, podremos lograr cumplimientos de actividades que no nos aportan un valor significativo a nuestra productividad.

Otra posibilidad es que hayan existido eventos internos o externos que no permitieron la colocación normal del hormigón. Revisando el análisis de CNC, se obtiene que el mayor porcentaje de actividades no se cumplía por falta de actividades previas, producto de la no realización completa y detallada de la liberación de restricciones, la cual pudo haber significado potenciales atrasos y no cumplimiento con las metas de hormigonado.

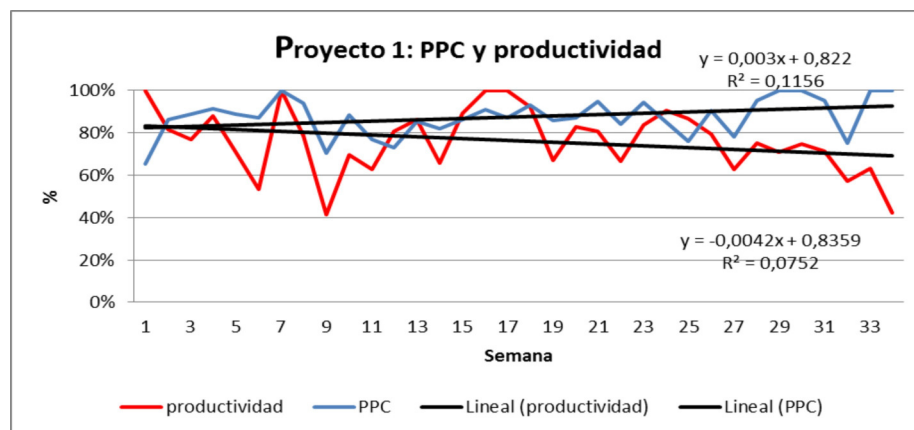


Figura 5.17: Proyecto 1, PPC y productividad.

Ecuación PPC: $y = 0,003x + 0,822$

Ecuación Productividad: $y = -0,0042x + 0,8359$

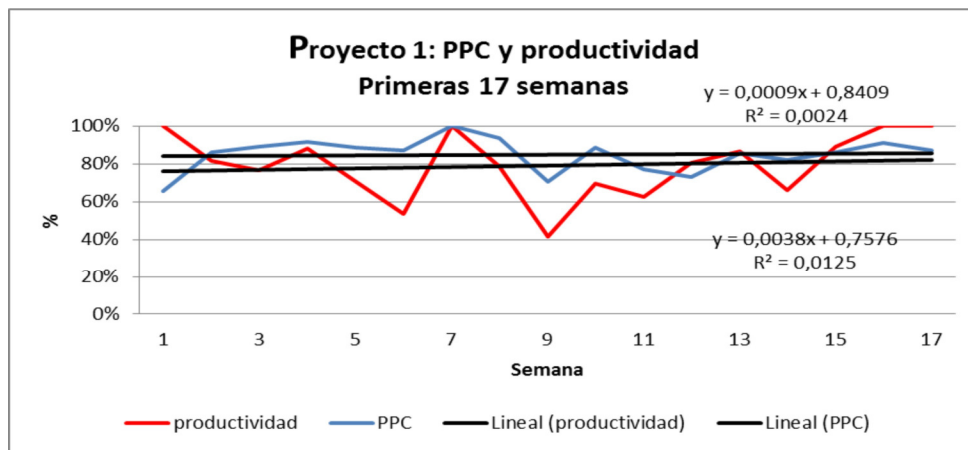
Tabla 5.12: Proyecto 1, PPC y productividad.

Semana	PPC	m ³ coloc / m ³ propuestado	Diferencia	Semana	PPC	m ³ coloc / m ³ presupuestado	Diferencia
1	66%	100%	-34%	18	93%	92%	1%
2	86%	82%	5%	19	86%	67%	19%
3	89%	77%	12%	20	87%	83%	4%
4	91%	88%	3%	21	95%	81%	14%
5	89%	71%	18%	22	84%	67%	17%
6	87%	54%	34%	23	94%	84%	11%
7	100%	100%	0%	24	85%	90%	-5%
8	94%	78%	15%	25	76%	87%	-11%
9	71%	42%	29%	26	91%	80%	11%
10	89%	70%	19%	27	78%	63%	15%
11	77%	63%	14%	28	95%	75%	20%
12	73%	81%	-8%	29	100%	71%	29%
13	85%	86%	-1%	30	100%	75%	25%
14	82%	66%	16%	31	95%	71%	24%
15	86%	89%	-3%	32	75%	57%	18%
16	91%	100%	-9%	33	100%	63%	37%
17	87%	100%	-13%	34	100%	42%	58%
PROMEDIO	88%	76%	11%				

(σ PPC: 9%)

σ Productividad: 14%)

De la Tabla 5.12 se puede observar la diferencia entre la productividad y el PPC para cada semana, se detecta un aumento de la diferencia entre ellos en las últimas semanas. Lo que incentiva a realizar un segundo análisis, en el cual se separa el estudio realizado en dos partes de 17 semanas, de manera de observar el comportamiento de la productividad durante dos periodos.



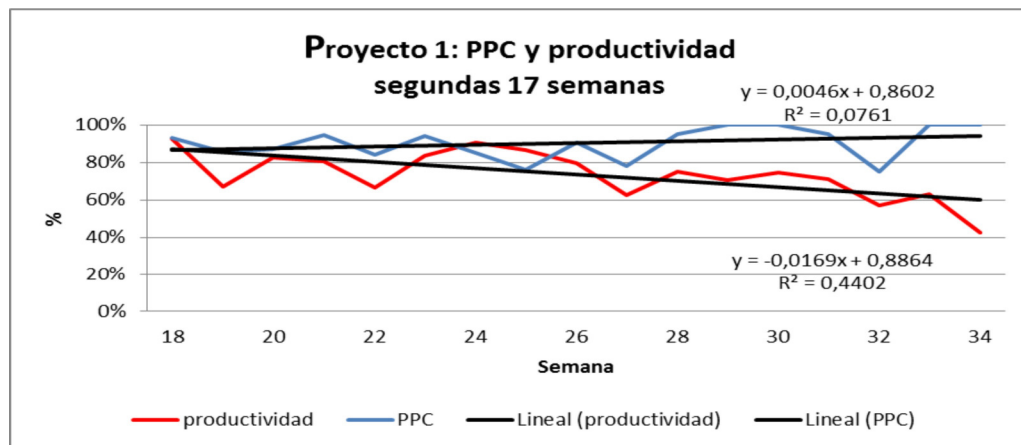
(σ PPC: 8%)

σ Productividad: 16%)

Figura 5.18: Proyecto 1, PPC y productividad primeras 17 semanas.

Ecuación PPC: $y = 0,0009x + 0,8409$

Ecuación Productividad: $y = 0,0038x + 0,7576$



(σ PPC: 8% σ Productividad: 13%)

Figura 5.19: Proyecto 1, PPC y productividad segundas 17 semanas.

Ecuación PPC: $y = 0,0046x + 0,8602$

Ecuación Productividad: $y = -0,0169 + 0,8864$

De la Tabla 5.12 se puede determinar que hasta la semana 24 se nota un crecimiento en la productividad, comportamiento razonable y esperado, sin embargo, a partir de la semana 25, la productividad presenta un fuerte descenso.

Esta baja en la productividad corresponde a problemas en la colocación del hormigón. Al estudiar las CNC en dicho periodo, se detecta una serie de problemas que no permitieron la normal colocación de hormigón y que provocó que las cuadrillas estuviesen detenidas. En primera instancia hubo problemas con los enfierradores que se retiraron de la obra, dejando tareas sin terminar, otra semana se indica un problema con la grúa pluma que no pudo funcionar. La semana siguiente se retira subcontrato de moldajes, lo cual no permitió la colocación de encofrados para hormigonar. Posteriormente, se trajo un nuevo subcontratista que no logró cumplir con el ritmo que exigía la obra, retrasando semanalmente la colocación de hormigón.

Por todos estos problemas faltaban las actividades previas para la colocación de hormigón, es por esto que la productividad de la obra se vio mermada, algunos de estos problemas se pudieron haber previsto, sin embargo la mayoría son de carácter externo.

5.2.1.2 Proyecto 2:

En el proyecto 2 se obtiene el comportamiento esperado, correspondiente a que la productividad va en aumento a medida que pasan las semanas. En primera instancia se considerará el periodo en que se realizaron mediciones de PPC.

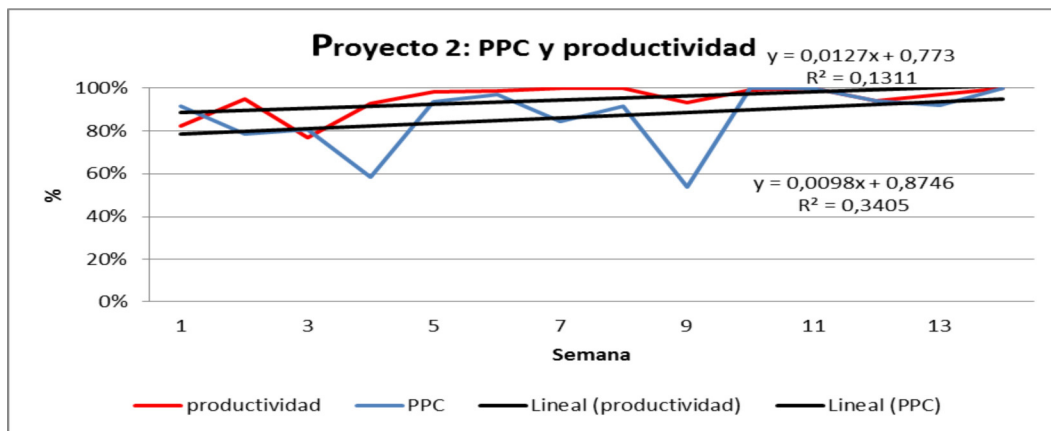


Figura 5.20: Proyecto 2, PPC y productividad.

Ecuación PPC: $y = 0,0127x + 0,773$

Ecuación Productividad: $y = 0,0098x + 0,8746$

Tabla 5.13: Proyecto 2, PPC y productividad.

Semana	PPC	m ³ colocados/ m ³ presupuestados	Diferencia
1	92%	82%	9%
2	79%	95%	-16%
3	81%	77%	4%
4	59%	93%	-34%
5	94%	98%	-5%
6	97%	99%	-2%
7	84%	100%	-16%
8	91%	100%	-9%
9	54%	93%	-39%
10	100%	99%	1%
11	100%	100%	0%
12	94%	94%	0%
13	92%	97%	-5%
14	100%	100%	0%
PROMEDIO	87%	95%	-8%

(σ PPC: 14%)

σ Productividad: 7%)

No es claro plantear que a PPC altos se obtiene productividad alta, debido a que se puede apreciar que en semanas el PPC fue bastante bajo, alrededor de 54% y la productividad, si bien disminuyó, no bajó de un 90%.

Recordemos que como resultado final de productividad se utilizará la Figura 3.12 que abarca todo el periodo de implementación y no solo el periodo en que se registraron los PPC, cuya productividad promedio corresponde a un 74% y su desviación estándar es de $\sigma = 29\%$.

5.2.1.3 Proyecto 3:

También como en el proyecto 2 se obtiene el comportamiento esperado, correspondiente a que la productividad va en aumento a medida que pasan las semanas. Se observa que el valor de las pendientes de ambas curvas es muy similar, teniendo ambas un comportamiento y valores muy similares.

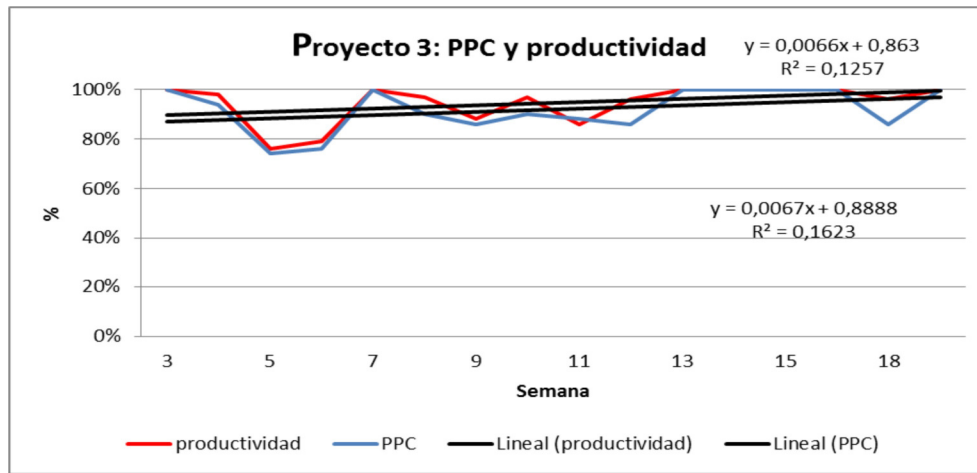


Figura 5.21: Proyecto 3, PPC y productividad.

Ecuación PPC: $y = 0,065x + 0,8639$

Ecuación Productividad: $y = 0,0067x + 0,8892$

Tabla 5.14: Proyecto 3, PPC y productividad.

Semana	PPC	m ³ real/ m ³ presupuestado	Diferencia
3	100%	100%	0%
4	94%	98%	-3%
5	74%	76%	-3%
6	76%	79%	-3%
7	100%	100%	0%
8	90%	97%	-7%
9	86%	88%	-2%
10	90%	97%	-7%
11	88%	86%	2%
12	86%	96%	-10%
13	100%	100%	0%
14	100%	100%	0%
15	100%	100%	0%
17	100%	100%	0%
18	86%	96%	-10%
19	100%	100%	0%
PROMEDIO	92%	95%	-3%

(σ PPC: 8%)

σ Productividad: 7%)

Se observa que la diferencia entre productividad y PPC es muy baja, logrando valores muy parecidos y siguiendo la tendencia de que si el PPC disminuye la productividad también lo hace.

5.2.2 Evaluación Productividad según actividad Last Planner.

A continuación, se comparará la productividad de los tres proyectos con el nivel de implementación del sistema Last Planner para cada una de las etapas principales consideradas. De esta manera veremos la influencia de cada una de las etapas que componen al sistema Last Planner en la productividad de los proyectos.

En la Figura 5.22 se puede observar que los tres proyectos obtuvieron el mismo nivel de implementación del programa maestro, por lo que no se pueden obtener grandes conclusiones.

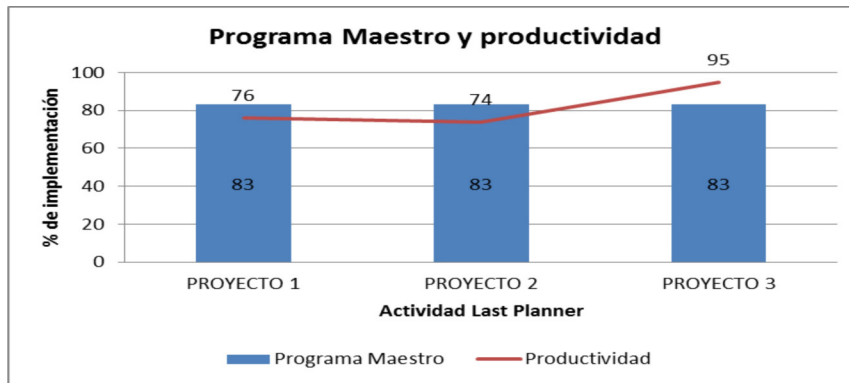


Figura 5.22: Programa Maestro v/s Productividad.

Con respecto a la planificación intermedia, se observa que el proyecto con mayor implementación obtuvo mejores resultados en productividad, mientras que el que poseía menor nivel de implementación en esta etapa, obtuvo la productividad más baja. Por lo cual se observa una influencia de la Planificación Intermedia en la productividad de los proyectos (Figura 5.23).

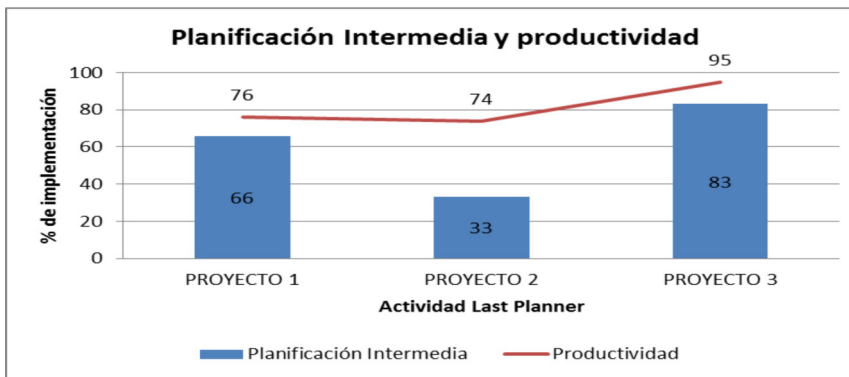


Figura 5.23: Planificación Intermedia v/s Productividad.

Al igual que con la Planificación Intermedia, el Inventario de Trabajo ejecutable posee la misma influencia en la productividad de los proyectos (Figura 5.24).

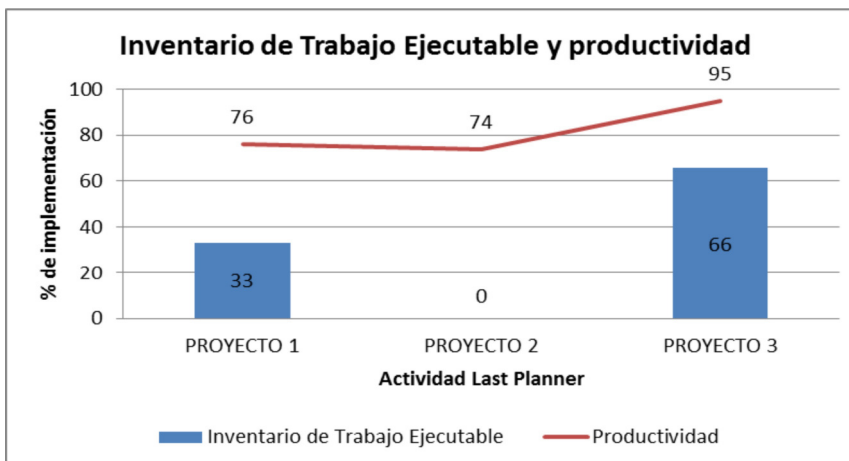


Figura 5.24: Inventario de Trabajo Ejecutable v/s Productividad.

Con respecto a la planificación semanal no se pueden obtener muchos resultados, debido a que todos los proyectos poseen el mismo nivel de implementación.

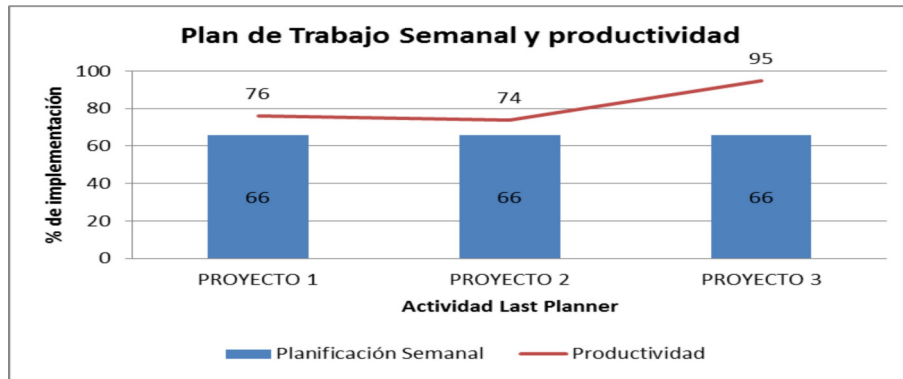


Figura 5.25: Plan de Trabajo Semanal v/s Productividad.

5.2.3 Evaluación Productividad según nivel de implementación y compromiso.

A continuación se comparará la productividad con el nivel de implementación y el nivel de compromiso del sistema Last Planner para cada una de los proyectos. De esta manera veremos la influencia en la productividad de los proyectos, de simplemente implementar o de que exista un compromiso real con el sistema de planificación.

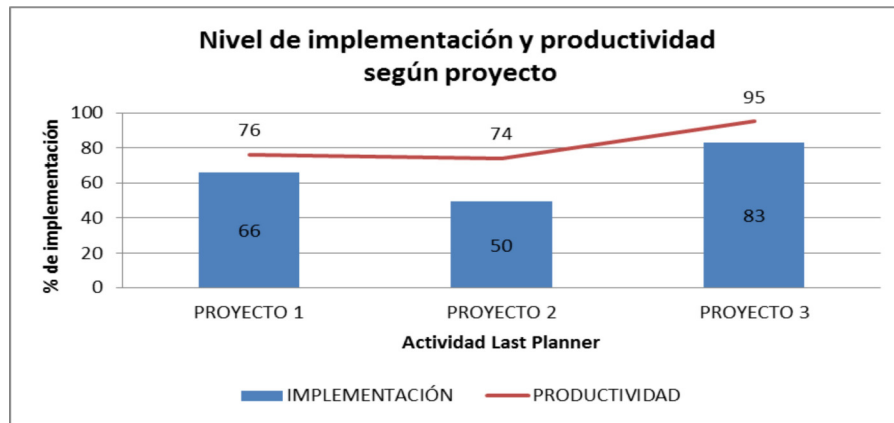


Figura 5.26: Nivel de implementación y productividad.

En la Figura 5.26 se observa que al poseer un mayor nivel de implementación del sistema Last Planner se obtienen mejores resultados en la productividad de los proyectos.

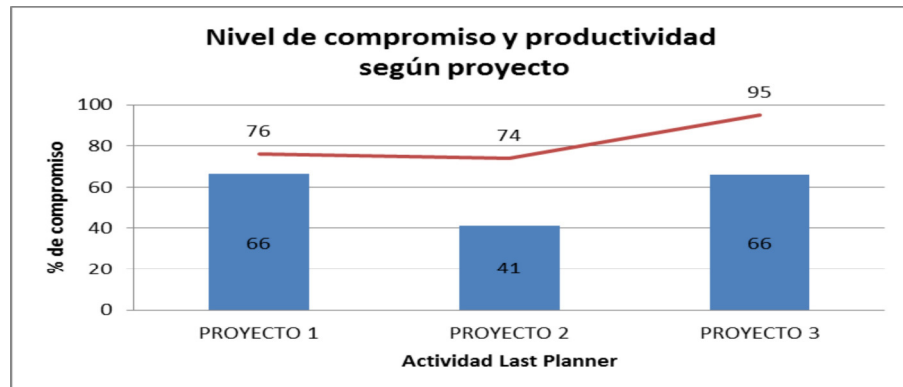


Figura 5.27: Nivel de compromiso y productividad.

Adicionalmente, se observa que al poseer un mayor nivel de compromiso del sistema Last Planner se obtienen mejores resultados en la productividad de los proyectos, sin embargo estos resultados no son muy claros, debido a que tanto el proyecto 1 como el proyecto 3 tienen el mismo nivel de compromiso pero productividades muy distintas (Figura 5.27).

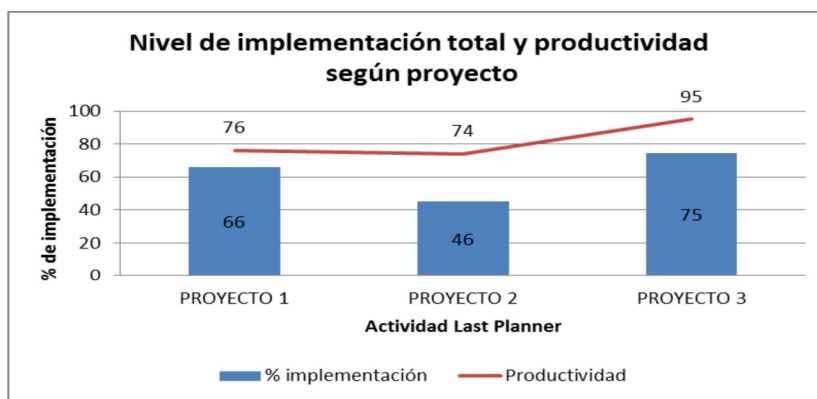


Figura 5.28: Nivel de implementación Last Planner y productividad.

Finalmente, analizando la implementación total del sistema de planificación se obtiene que mientras más cercana a la teoría sea la implementación del sistema Last Planner, se obtendrán mejores resultados en la productividad de los proyectos.

5.2.4 Resumen evaluación productividad:

A continuación se presenta una Tabla resumen de las productividades de cada proyecto, recordemos que el proyecto 4 no se considerará en este análisis debido a que posee un indicador de productividad diferente.

En la Tabla 5.15 se puede observar que el proyecto 3 posee una productividad de un 95% y su variabilidad solo es de un 7% a diferencia del proyecto 1 que es de un 15% y del proyecto 2 que alcanza un 29% siendo este el proyecto con mayor variabilidad en la productividad.

El proyecto 3 corresponde al de mejores resultados en el ámbito de la productividad, posee el crecimiento mayor, valor promedio más alto y baja variabilidad entre sus datos.

Tabla 5.15: Resumen Productividad.

	Productividad promedio	Productividad Máxima	Productividad Mínima	Crecimiento (pendiente)	Desviación Estándar (σ)
Proyecto 1	76%	100%	42%	-0,0042	15%
Proyecto 2	74%	100%	21%	0,0035	29%
Proyecto 3	95%	100%	76%	0,0067	7%

5.3 Evaluación Causas de no Cumplimiento

A continuación se analizan las causas de no cumplimiento de los proyectos en forma conjunta y general, indicando el porcentaje de CNC con respecto al total de actividades programadas por el proyecto en el período de estudio, y además el promedio mensual. Al tratarse de proyectos con

diferentes periodos de estudio, nos quedaremos con el valor de CNC promedio mensual, estando la mayoría de ellas alrededor de 20 mensuales.

Tabla 5.16: Resumen CNC.

Proyecto	%CNC de acuerdo a las actividades programadas	Promedio mensual
Proyecto 1	13%	20
Proyecto 2	14%	12
Proyecto 3	9%	22
Proyecto 4	39%	26

Como era de esperar mientras mayor cantidad de actividades completadas posea el proyecto, mayor será su productividad, esto se ve reflejado en la Figura 5.29. Si analizamos el origen de estas causas de no cumplimiento, podemos notar que no hay una clara tendencia, pero el proyecto que presenta mayor productividad corresponde a aquel que posee la menor cantidad de causas de no cumplimiento de origen interno (Figura 5.30).

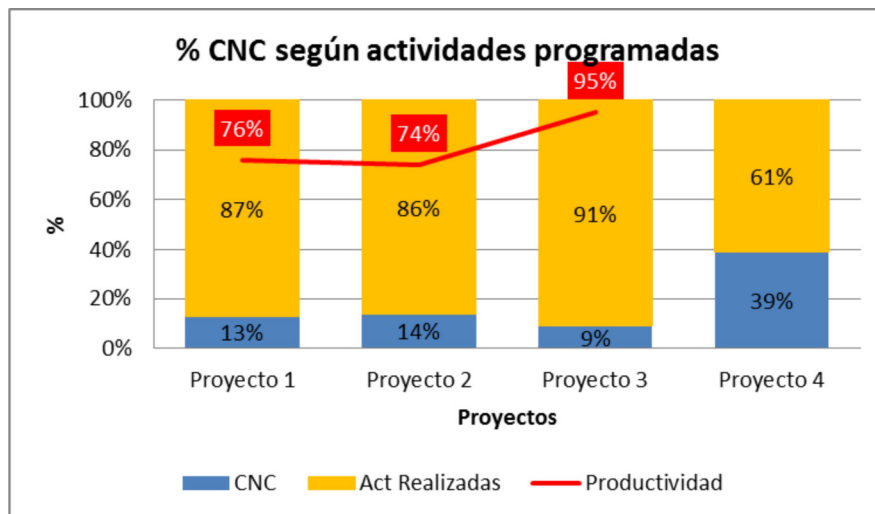


Figura 5.29: Resumen CNC total.

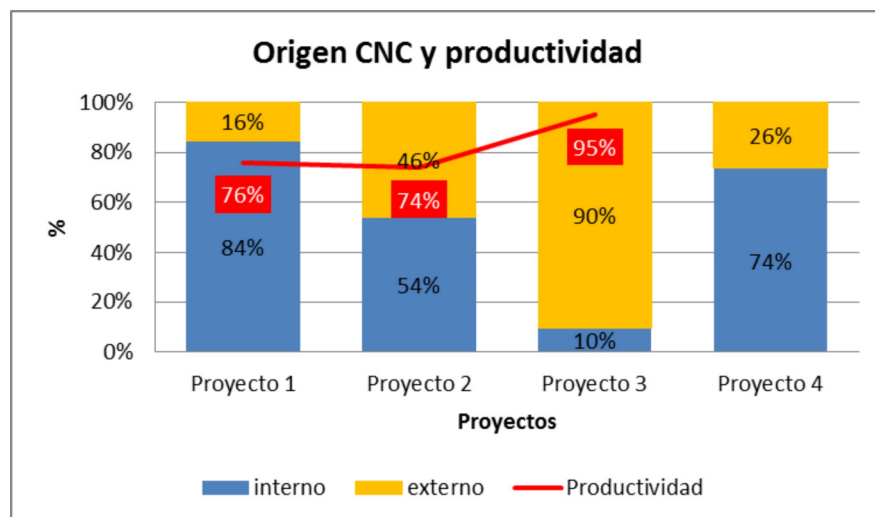


Figura 5.30: Origen CNC y productividad.

5.4 Evaluación PPC.

A continuación se analizará en forma resumen y conjunta los PPC de los proyectos. Se obtiene que el proyecto con mayor PPC corresponde al proyecto 3, el cual a su vez posee la menor dispersión y mayor pendiente o crecimiento.

Tabla 5.17: Resumen PPC.

	PPC promedio	PPC Máximo	PPC Mínimo	Crecimiento (pendiente)	Desviación Estándar (σ)
Proyecto 1	88%	100%	66%	0,003	9%
Proyecto 2	87%	100%	54%	0,013	14%
Proyecto 3	92%	100%	74%	0,065	8%

Se observa en los proyectos que en forma general existe una relación entre PPC y productividad, sin embargo en algunos periodos esta relación no es muy coherente, obteniendo productividad alta con PPC bajos, esto se puede deber a que en ocasiones se programan actividades que no agregan mucho valor al proyecto, incorporando al programa semanal actividades que se pueden realizar fácilmente pero no impactan en forma positiva en la productividad del proyecto.

5.5 Resumen final proyecto Líder.

Finalmente, bajo todos los conceptos estudiados, se puede concluir que el Proyecto 3 posee los mejores resultados, tanto en productividad, indicadores e implementación de Last Planner. Por lo anterior se procede a catalogar a este proyecto como el proyecto líder y a partir de este se procederá a comparar los demás proyectos en cuanto a la implementación de Last Planner, generando la pauta modelo a seguir.

5.6 Fichas de Proyectos.

A continuación se muestran fichas que resumen las características de cada proyecto estudiado, indicando su nivel de implementación y compromiso para cada etapa del sistema Last Planner, las CNC detectadas, el PPC semanal y la productividad.

Proyecto 1



Edificación habitacional en Altura.

Estructuración: Hormigón Armado.

Ubicación: Viña del Mar.

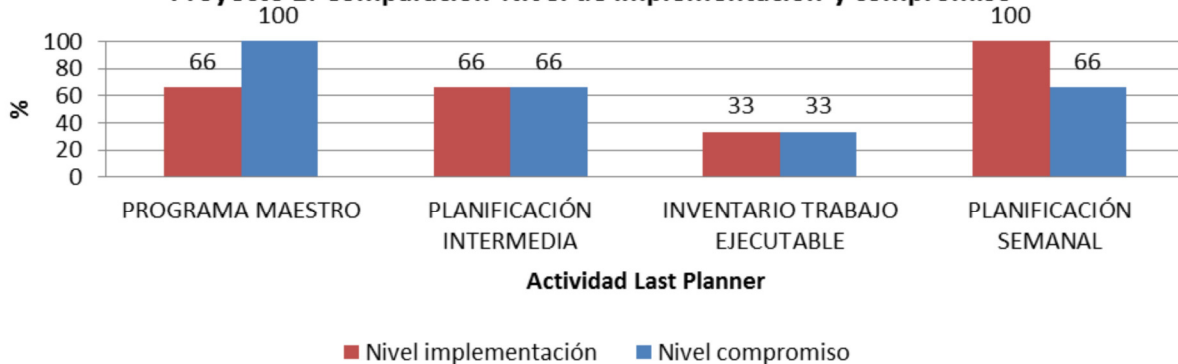
Pisos: 15 y 3 subterráneos.

Inicio Obra Gruesa: 28-09-10

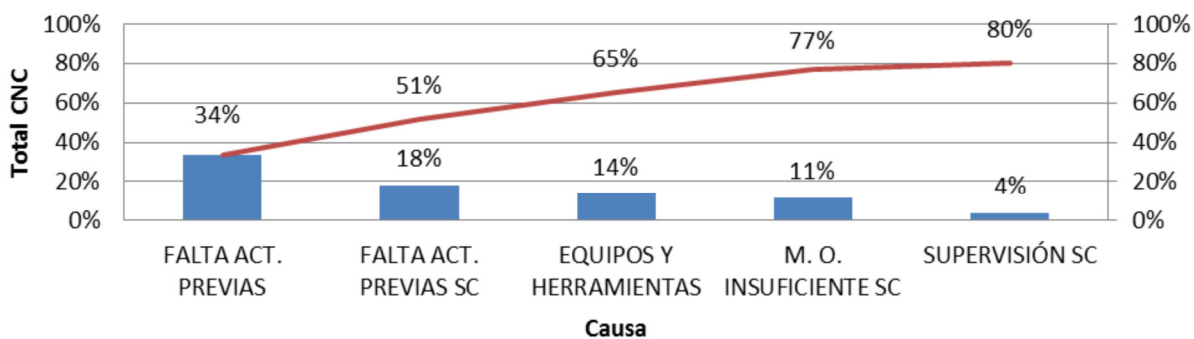
Termino Obra Gruesa: 20-06-11

Duración estudio: 8,5 meses

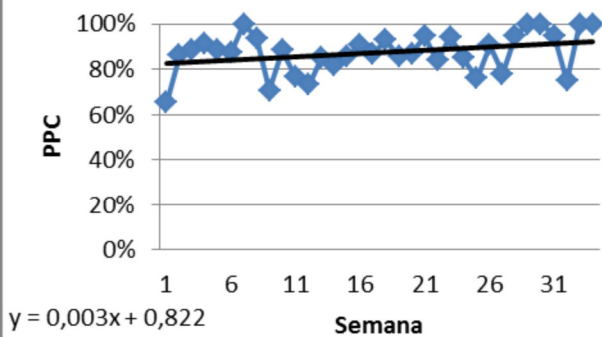
Proyecto 1: Comparación Nivel de implementación y compromiso



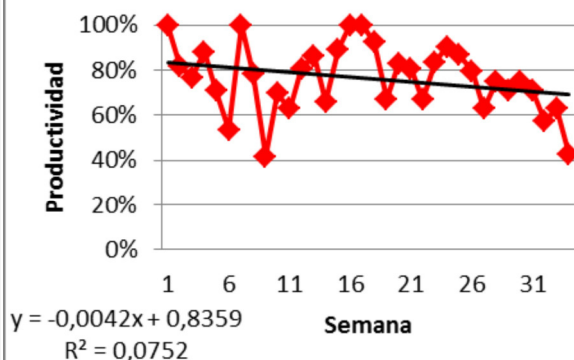
Proyecto 1 Causas de no cumplimiento



Proyecto 1: PPC Semanal



Proyecto 1: Productividad Semanal

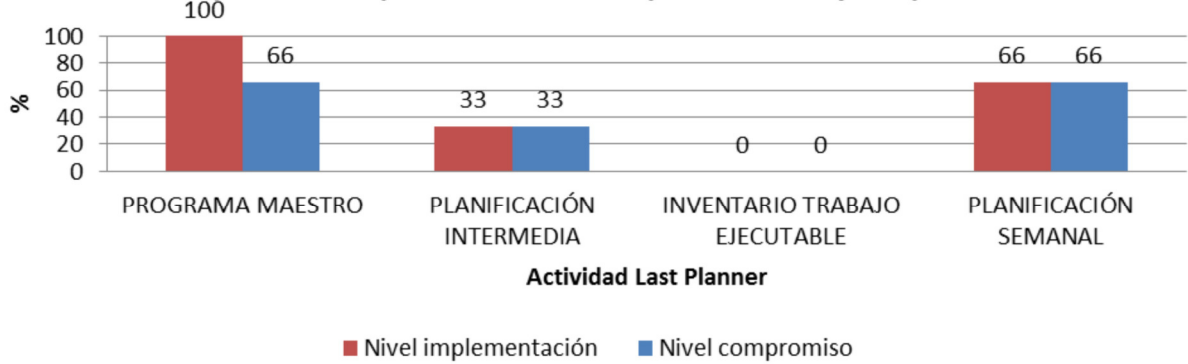


Proyecto 2

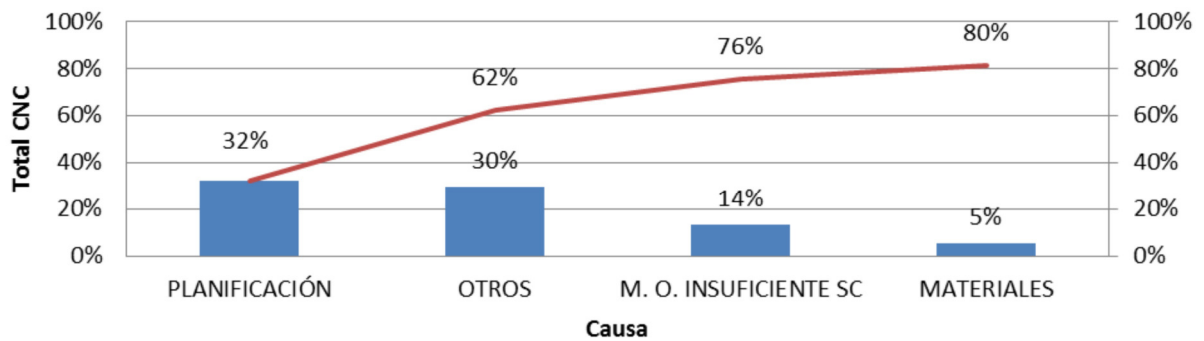


Edificación habitacional en Altura.
 Estructuración: Hormigón Armado.
 Ubicación: Santiago Centro
 Pisos: 33 y 4 subterráneos.
 Inicio Obra Gruesa: 28-03-11
 Termino Obra Gruesa: 05-09-11
 Duración estudio: 5 meses

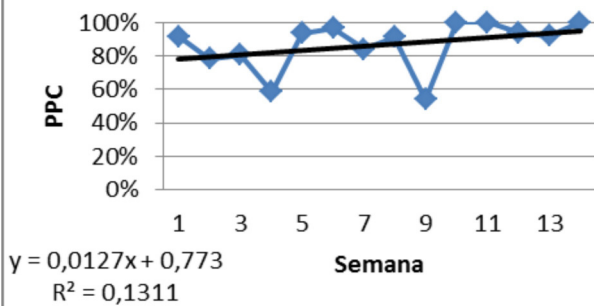
Proyecto 2: Comparación Nivel de implementación y compromiso



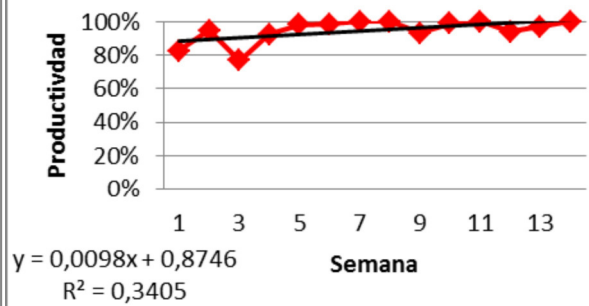
Proyecto 2 Causas de no cumplimiento



Proyecto 2: PPC Semanal



Proyecto 2: Productividad Semanal



Proyecto 3



Edificación habitacional en extensión

Estructuración: Casas de Albañilería y muretes, losas y radier de hormigón.

Ubicación: Pudahuel

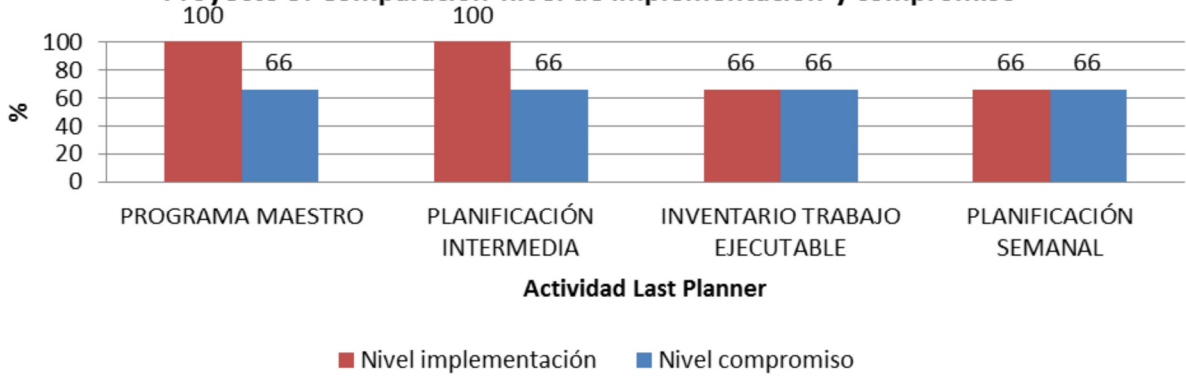
Características: 74 casas pareadas.

Inicio Obra Gruesa: 01-02-11

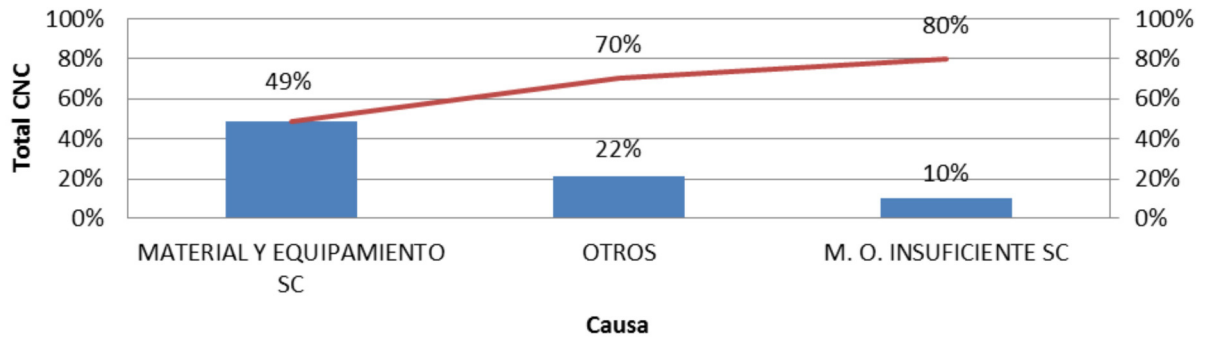
Termino Obra Gruesa: 12-08-11

Duración estudio: 5 meses

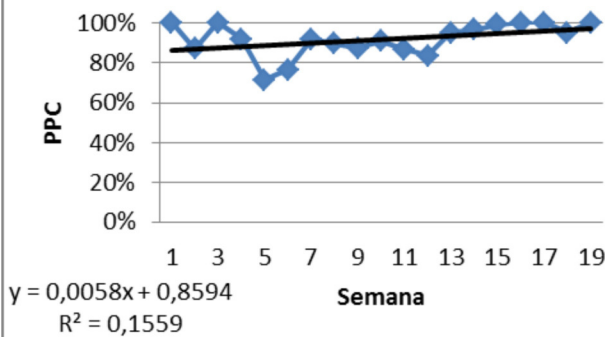
Proyecto 3: Comparación nivel de implementación y compromiso



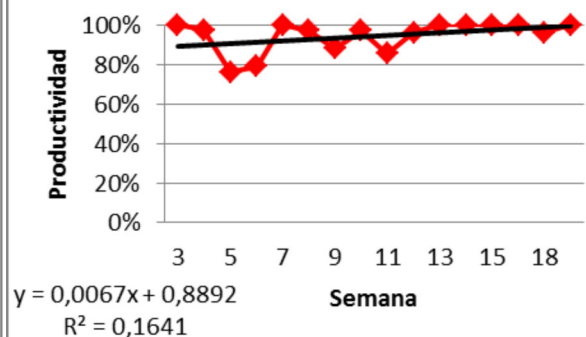
Proyecto 3 Causas de no cumplimiento



Proyecto 3: PPC Semanal



Proyecto 3: Productividad Semanal



Proyecto 4



Montaje Industrial Termoeléctrica

Estructuración: Obras civiles de hormigón y estructuras de acero.

Ubicación: Angamos.

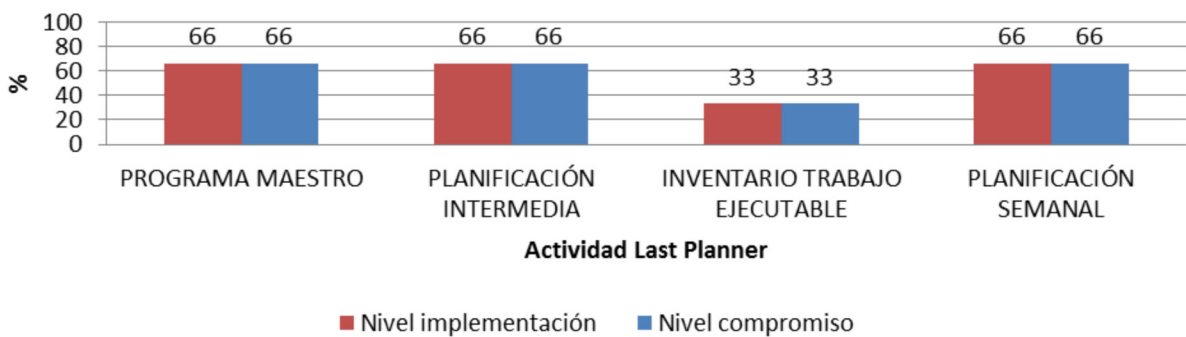
Características: zona de trabajo 2 turbinas.

Inicio Obra Gruesa: 01-08-09

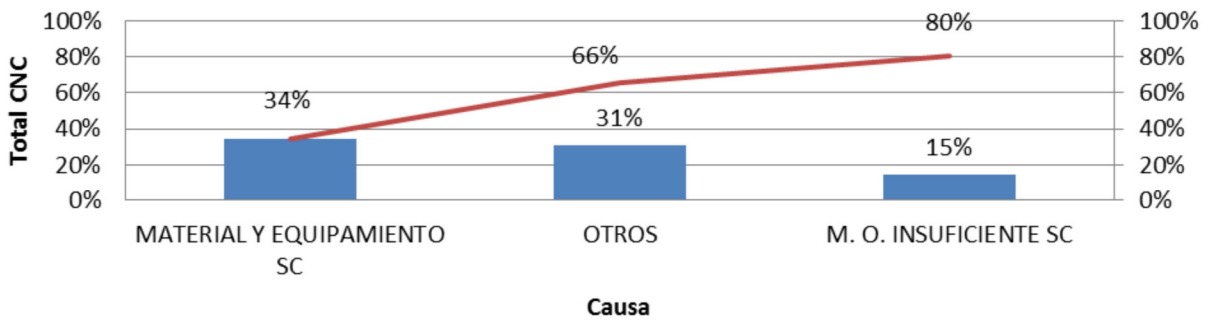
Termino Obra Gruesa: 27-03-11

Duración estudio: 14 meses

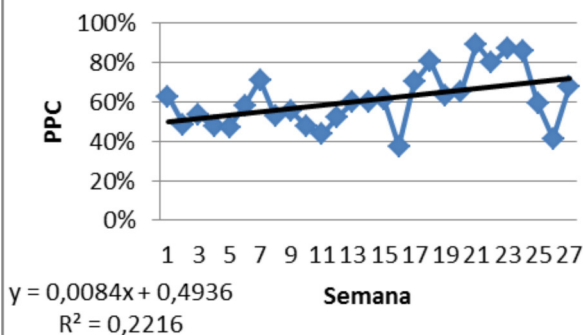
Proyecto 4: Comparación nivel de implementación y compromiso



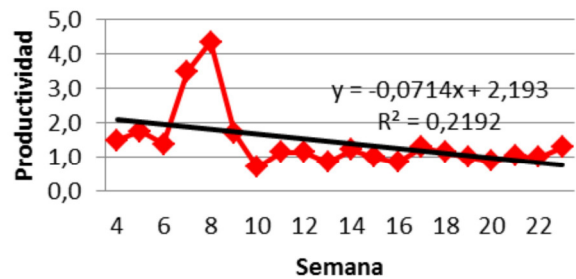
Proyecto 4: Causas de no cumplimiento



Proyecto 4: PPC Semanal



Proyecto 4: Productividad (HH usadas/HH presupuestadas)



5.7 Resumen.

En el presente capítulo se comenzó con la evaluación del nivel de implementación y nivel de compromiso del sistema Last Planner que alcanzaron los proyectos para cada una de las etapas del sistema. A continuación se evaluó la productividad comparándola con el PPC, CNC y niveles de implementación del sistema Last Planner. Finalmente, se concluye que el proyecto que posee mayor productividad corresponde al proyecto 3 y se le da el atributo de proyecto Líder.

Se finaliza el capítulo con la presentación de cuatro fichas resumen de los proyectos estudiados, en las cuales se indican las características más importantes consideradas durante la evaluación, como lo son el nivel de implementación del sistema Last Planner, los índices de PPC y CNC y la productividad del proyecto.

CAPÍTULO 6: COMPARACIÓN DEL PROYECTO LÍDER CON LOS OTROS PROYECTOS Y CONFECCIÓN DE PAUTA DE IMPLEMENTACIÓN LAST PLANNER.

En este capítulo se procederá a comparar el proyecto líder con los otros proyectos, analizando las diferencias entre ellos y estudiando cuales son las características más importantes que marcan la diferencia para ser catalogado como el proyecto representativo y con mayor productividad. A partir de esto se generará una pauta para implementar el sistema Last Planner, que indicará los puntos fundamentales a considerar para obtener mejoras en la productividad.

6.2 Comparación con los otros proyectos.

Para facilitar la comparación entre el proyecto líder con los otros proyectos, se graficó por medio de un diagrama radial que permite apreciar fácilmente las diferencias de implementación y compromiso para cada una de las etapas del sistema Last Planner

6.2.1 Nivel de Implementación del Sistema Last Planner.

A continuación se compararán los niveles de implementación alcanzados por los proyectos para cada etapa del sistema Last Planner. La figura 6.1 resume los resultados del nivel de implementación presentados en el capítulo 5.

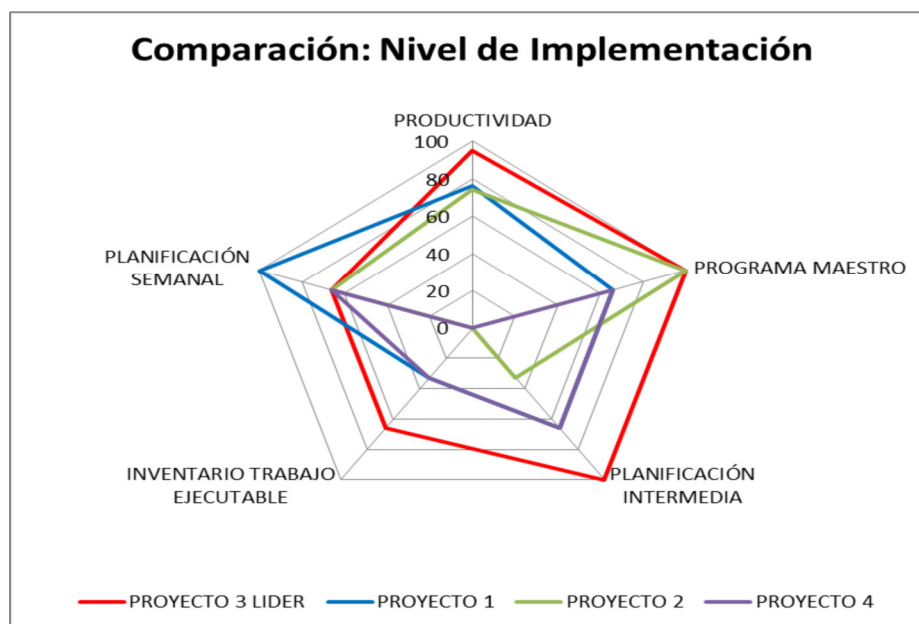


Figura 6.1: Comparación nivel de implementación del sistema Last Planner.

6.2.1.1 Nivel de Implementación del Programa Maestro en el Sistema Last Planner.

Se observa en la Figura 6.1 que los proyectos 1 y 2 poseen una implementación Regular con respecto al programa maestro, esto se debe a que las empresas no logran recolectar información de proyectos de similares características y siempre están reinventando la información de presupuesto, plazos y recursos, optando finalmente por aplicar un factor de un presupuesto

anterior pero no utilizando datos duros de información adquirida en proyectos similares. Si bien la implementación no es mala debido a que de todas formas se poseen datos genéricos que han significado buenos resultados en proyectos anteriores, no se cuenta con una información fiel para ser aplicada sin inconvenientes en los proyectos actuales.

El proyecto líder y el proyecto 2 destacan por sobre los demás, ambos cuentan con una implementación buena del programa maestro contando con información de proyectos anteriores. Este programa maestro corresponde a uno entregado por la empresa, con datos reales de rendimientos de proyectos similares, de manera que el equipo de obra pudo contar con una base real y cercana a la realidad del proyecto que se ejecutaría, evitando de esta manera tener que estar reprogramando las actividades o bien estar a la espera de que el presupuesto en ciertas partidas este sobre estimado para poder suplir las faltas de presupuesto en otras.

Como se indicó en la pauta de evaluación, una implementación buena corresponde a:

Bueno: Se cuenta con un Programa Maestro en el cual se utiliza información recolectada de otros proyectos similares, el cual entrega información de M.O., presupuesto, recursos, maquinarias y compromisos de fechas acorde a la realidad de la obra.

6.2.1.2 Nivel de Implementación de la Planificación Intermedia en el Sistema Last Planner.

Se observa en la Figura 6.1 que referente a la Planificación Intermedia existen diferencias más marcadas entre los proyectos, donde el proyecto Líder posee la mejor implementación. Esta diferencia recae principalmente en que al tratarse de un proyecto en el cual el sistema Last Planner es implementado a nivel de empresa, existen protocolos y procedimientos para cada una de las etapas que se implementan, es por esto que la planificación intermedia se debe realizar a lo menos cada 15 días con la participación de todo el equipo de obra.

Los demás proyectos no realizan constantemente la reunión de planificación intermedia, lo que en ocasiones se tradujo en no realizar la liberación de restricciones en forma conjunta con todos los involucrados. Todo esto repercute en que no hay un consenso o trabajo en equipo donde se consulte a todos los involucrados cual es la mejor determinación para proceder en la liberación de restricciones ni quienes son los responsables de dicha liberación.

Como se ha dicho en los puntos anteriores, esta etapa es sumamente importante, puesto que es aquí donde se realiza un lookahead y hace una proyección de la obra en a lo menos cinco semanas, pudiendo analizar las actividades que están por venir y detectar las restricciones necesarias que deben ser liberadas para poder ejecutar las actividades. Esta antelación da un tiempo suficiente al equipo de obra para poder reaccionar y estar preparado para ejecutar las actividades y de esta forma se disminuye en gran medida las posibles interrupciones en el flujo de trabajo por falta de materiales, permisos, etc.

Como se indicó en la pauta de evaluación, una implementación buena corresponde a:

Bueno: Se realiza la reunión de planificación intermedia a lo más cada 15 días, en la cual se identifican y liberan en conjunto las restricciones de las actividades venideras y realizando compromisos de liberar las restricciones de las actividades restantes.

6.2.1.3 Nivel de Implementación del Inventario de Trabajo Ejecutable en el Sistema Last Planner.

Se observa de la Figura 6.1 que ningún proyecto presenta una implementación buena en el Inventario de Trabajo Ejecutable, sin embargo el proyecto líder destaca por sobre los demás, con una implementación regular. Si bien en este proyecto se generaba un inventario de trabajo ejecutable con el cual se confeccionaba el programa semanal, este no era respetado en gran medida, puesto que en ocasiones se incorporaban al inventario actividades que no poseían todas sus restricciones liberadas, lo cual conducía a la no realización de ciertas actividades por falta de actividades previas.

En los demás proyectos se implementó de mala forma o bien no se realizaba el inventario de trabajo ejecutable, producto de que no se realiza una liberación de recursos en forma oportuna y las actividades pasan al plan semanal sin chequear si son ejecutables o no.

Un nivel de implementación bueno para esta etapa corresponde a:

Bueno: Se genera un inventario de trabajo ejecutable, en el cual se incorporan solamente actividades que poseen todas sus restricciones liberadas, inventario que pasa a ser la fuente de la cual se determinarán las actividades que se incorporarán al programa semanal.

6.2.1.4 Nivel de Implementación de la Planificación Semanal en el Sistema Last Planner.

De acuerdo a la Figura 6.1, la implementación de la planificación intermedia en términos generales fue Regular en la mayoría de los proyectos, sin embargo es el proyecto 1 quien destaca por sobre los demás, debido a que se generaban espacios durante la reunión para el análisis de cumplimientos y se generaba la planificación en conjunto con todo el equipo de obra. El proyecto líder presenta una implementación Regular debido a que no se daba un espacio a los supervisores y subcontratos para discutir el programa semanal entregado, lo que significa que no se realiza necesariamente un compromiso por parte de los supervisores. Además no se realizaba el análisis y publicación de causas de no cumplimiento en búsqueda de una mejora continua.

Esta reunión es fundamental para disminuir la variabilidad presente en la ejecución de las actividades de cada proyecto, es por esto que toma suma importancia el análisis de causas de no cumplimiento para mejorar el flujo de trabajo. Se concluye que el proyecto líder aún tiene la posibilidad de mejorar.

Un nivel alto de implementación para esta etapa corresponde a:

Bueno: se hace entrega de una planificación semanal y se da espacio para discutir o comentar las actividades y la factibilidad de realizarlas, generando el compromiso a realizarlas por parte de los supervisores. Además se lleva el control de las causas de no cumplimiento y se buscan soluciones en conjunto para que no se vuelvan a repetir.

6.2.2 Nivel de Compromiso con el Sistema Last Planner.

A continuación se compararán los niveles de compromiso alcanzados por los proyectos para cada etapa del sistema Last Planner. La figura 6.2 resume los resultados del nivel de compromiso presentados en el capítulo 5.

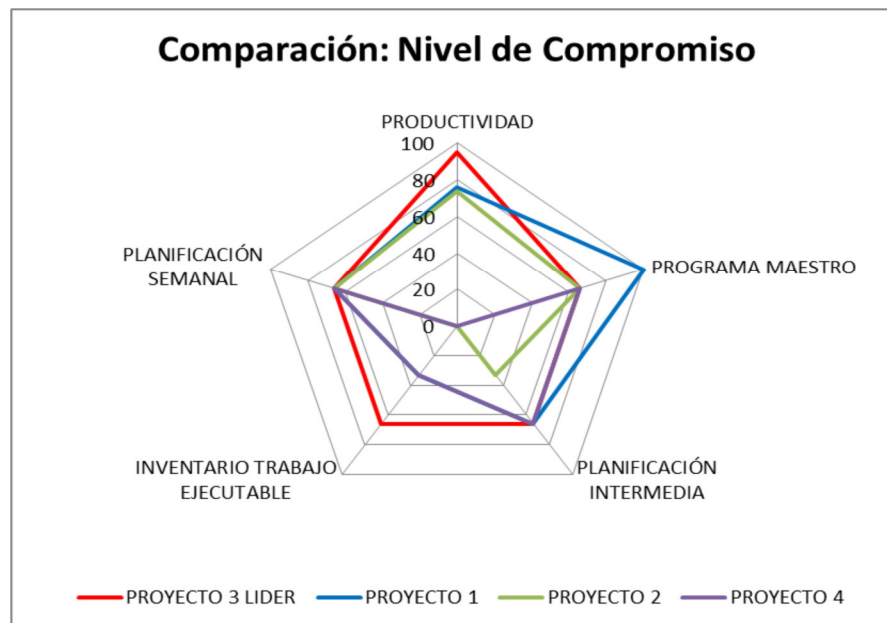


Figura 6.2: Comparación nivel de compromiso con el sistema Last Planner.

6.2.1.2 Nivel de compromiso con el Programa Maestro.

Se observa de la Figura 6.2 que tanto el proyecto líder como la mayoría de los proyectos presenta un nivel de participación Media, la cual corresponde a que no hubo una participación de todo el equipo de obra durante la planificación inicial o bien durante la confección del programa maestro, o bien el equipo de obra no había trabajado en un proyecto similar.

El proyecto 1 destaca del resto puesto algunos profesionales del equipo de obra habían participado de un proyecto de similares características, por lo cual contaban con cierta experiencia, tanto en los rendimientos y recursos a utilizar como también en las dificultades que se podrían presentar durante la construcción del proyecto.

Si no se posee un programa maestro bien elaborado, dependerá mucho de la experiencia del equipo de obra o del administrador, para minimizar la variabilidad durante la etapa de construcción, puesto que se poseerá de todas formas una base en cuanto a rendimientos o necesidades de M.O. y materiales que agilizarán el flujo de trabajo. Así mismo también podrán incorporar recursos o actividades importantes que no fueron consideradas en un principio.

En resumen, más que un compromiso por parte del equipo de obra, en este punto es fundamental contar con un equipo experimentado que pueda realizar aportes importantes a la planificación inicial, de modo de reducir la incertidumbre de los plazos y recursos desde un principio.

Como se indicó en la pauta de evaluación, un nivel bueno de compromiso corresponde a:

Bueno: Participó gran parte del equipo de obra en la mayor cantidad de directrices decididas durante la confección del programa maestro. Se cuenta con un equipo experimentado en proyectos de similares características.

6.2.2.2 Nivel de compromiso con la Planificación Intermedia en el Sistema Last Planner.

Se observa en la figura 6.2 que el compromiso con la planificación intermedia en general es de nivel medio, donde no se fomenta la realización de esta reunión realizándose de vez en cuando y generalmente no participa todo el equipo de obra. Todo esto significa que la liberación de restricciones no se efectúa necesariamente por parte del encargado de dicha actividad, y es realizada por el administrador sin consultar los pormenores.

El proyecto líder no destaca por sobre los demás, por lo que aún existe la posibilidad de generar un compromiso mayor por parte del equipo de obra para realizar con mayor esmero estas reuniones, sin postergarlas por otros compromisos.

Un nivel alto de compromiso para esta etapa corresponde a:

Alta: Se considera importante por parte de todos los involucrados revisar el estado de las actividades que vendrán a futuro, de manera que se puedan tomar medidas oportunas frente a cualquier problema posible. En reuniones participa todo el equipo de obra.

6.2.3.2 Nivel de compromiso con el Inventario de Trabajo Ejecutable en el Sistema Last Planner.

Se observa en la figura 6.2 que ningún proyecto presenta un grado de compromiso alto en el inventario de trabajo ejecutable, sin embargo el proyecto líder destaca por sobre los demás, con un compromiso de nivel medio. Como ya se mencionó anteriormente, no existe un real compromiso con la buena utilización del inventario de trabajo ejecutable, o bien no se tenía el conocimiento de cual es la utilidad que este posee. Es por esto que el encargado de la programación incorporaba actividades que no pertenecían al inventario de trabajo ejecutable al programa semanal, sin conseguir realizarlas, alterando los indicadores de PPC. Esto sucedía puesto que se esperaba que durante la semana se liberaran las restricciones de las actividades, situación que generalmente no se lograba y provocaba tiempos muertos de trabajadores u otros problemas.

El proyecto líder aún puede mejorar si es que se posee un mayor entendimiento de la utilidad del inventario de trabajo ejecutable. Un nivel alto de compromiso para esta etapa corresponde a:

Alta: Se observa que se considera importante la liberación de restricciones de las actividades antes de incorporarlas en la planificación. El encargado de llevar la planificación y control del proyecto es responsable y confecciona un programa semanal a partir de un listado de actividades con todas sus restricciones liberadas, sin incorporar aquellas que aún tienen restricciones que no han sido liberadas.

6.2.4.2 Nivel de compromiso con la Planificación Semanal en el Sistema Last Planner.

Se observa en la figura 6.2 que todos los proyectos presentan un compromiso de nivel medio con respecto a la planificación semanal, lo cual significa que no se le da mucha participación a los subcontratos y supervisores, donde la problemática de la semana anterior se expone pero no se le da un análisis profundo para tomar medidas correctivas.

Estos resultados se deben principalmente a la falta de tiempos en obra para poder reunirse durante un buen tiempo y además lograr reunir a todos los agentes importantes. Sería ideal el poder contar con todos los supervisores y capataces de subcontratos, sin embargo esto no siempre se logra. Es difícil contar con el tiempo suficiente para generar un espacio de discusión y generalmente las determinaciones son tomadas luego de reunión por el profesional de terreno.

El lograr tomarse el tiempo suficiente para estas reuniones significaría una mejoría en los flujos de trabajo, ya que si se toma un minuto ahora, puede significar el ahorro de días de retraso.

Un nivel alto de compromiso para esta etapa corresponde a:

Alta: Se observa que se considera importante por parte de todos los involucrados la planificación semanal. Además existe conciencia en todos los agentes que revisar el cumplimiento de las actividades mejorará el flujo de trabajo futuro, puesto que a partir de esto se podrán detectar las falencias y causas del no cumplimiento de ellas, de manera que se pueda buscar en conjunto una solución. Así mismo se realiza una revisión en conjunto del programa semanal de la semana.

6.2.3 Nivel de Implementación Total del Sistema Last Planner.

Analizando la implementación total del sistema Last Planner, se puede observar en la Figura 6.3 que el proyecto líder presenta los mejores resultados en la mayoría de las etapas del sistema de planificación, es decir, de los proyectos estudiados, el que presentó una mayor implementación, corresponde al proyecto que presentó la mayor productividad, siendo las mayores diferencias detectadas en las etapas de planificación intermedia e inventario de trabajo ejecutable.

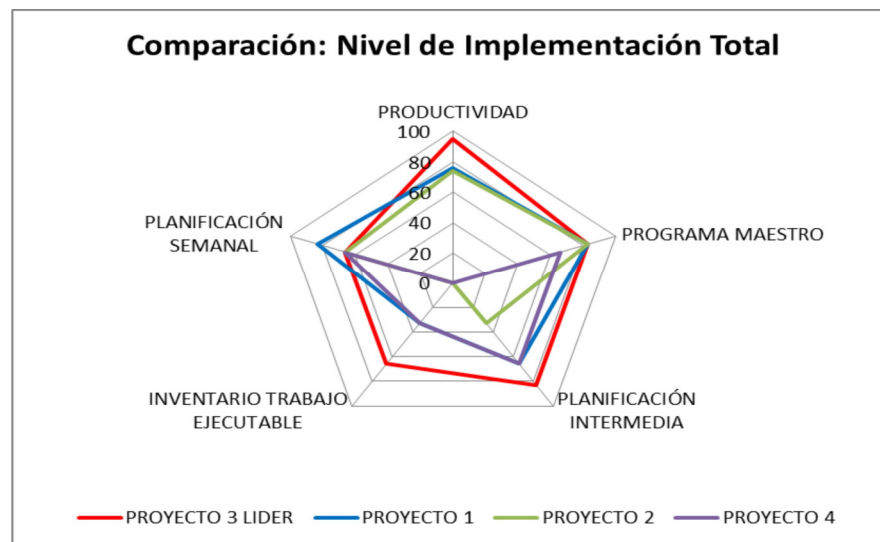


Figura 6.3: Comparación nivel de implementación total del sistema Last Planner.

6.3 Pauta de implementación de Last Planner, modelo a seguir.

Por todo lo anterior se ha visto que la pauta de evaluación en sus niveles más altos, corresponde a la pauta a seguir para la implementación de Last Planner, además debe existir no solo una implementación al pie de la letra, si no que debe existir un compromiso por parte del equipo de obra para que estas se realicen como corresponde.

En forma resumen se indica la pauta a seguir para la implementación y el compromiso al cual se debe apuntar por parte del equipo de obra:

6.3.1 Programa Maestro:

6.3.1.1 Implementación esperada del Programa Maestro en Last Planner.

Se debe contar con un Programa Maestro en el cual se utiliza información recolectada de otros proyectos similares, el cual entrega información de M.O., presupuesto, recursos, maquinarias y compromisos de fechas acorde a la realidad de la obra.

Es importante lograr realizar un programa maestro acorde a la realidad de cada empresa, incorporar rendimientos históricos de cuadrillas, rendimientos de maquinarias ya utilizadas, etc., para que de esta forma cada obra pueda apuntar a rendimientos reales y poder cumplir los plazos reales.

Es necesario tener claro en qué momento se requerirán determinados recursos, es por esto que se hace necesaria la planificación de los recursos en el Programa Maestro, confeccionando flujo de recursos, determinando las fechas exactas en las cuales se requerirán los materiales, mano de obra, etc. Si se realiza una buena planificación de los recursos en forma oportuna, el trabajo durante la planificación intermedia será mucho más fácil, ya que previamente se tendrá un análisis de fechas y cantidades de recursos para liberar restricciones.

6.3.1.2 Nivel de compromiso esperado para el Programa Maestro:

Debe participar gran parte del equipo de obra en la mayor cantidad de directrices decididas durante la confección del programa maestro. Se debe contar con un equipo experimentado en proyectos de similares características.

Durante la confección del programa maestro, lo más importante es la experiencia del equipo de obra que lo confecciona o la buena información recolectada por la empresa. Sin embargo también es importante que en las reuniones en las cuales se definen todos los pormenores del proyecto, participen todos los agentes claves del equipo de obra, de manera que durante la ejecución del proyecto todos ya estén informados o hayan podido aportar con las posibles dificultades o mejoras que pueda tener el proyecto como tal, tanto en su administración, logística y construcción propiamente tal.

6.3.2 Planificación intermedia:

6.3.2.1 Implementación esperada de la Planificación Intermedia en Last Planner.

Se debe realizar la reunión de planificación intermedia a lo más cada 15 días, en la cual se identificarán y liberarán en conjunto las restricciones de las actividades venideras y se realizarán compromisos de liberar las restricciones de las actividades restantes. La proyección a futuro estudiada debe ser entre 5 a 6 semanas.

Uno de los puntos fundamentales del sistema Last Planner es realizar una planificación intermedia, la cual permite hacer una proyección futura de las actividades y necesidades que tendrá la obra. Esta reunión se puede hacer semanal o quincenal, lo importante es analizar entre 5

a 6 semanas a futuro de la fecha de la reunión, de manera que se pueda contar con un amplio tiempo de reacción, frente a cualquier problema que se pueda presentar. Es importante que en esta reunión participen todos los actores importantes de la obra, como lo son el Jefe de Terreno, Jefe de Bodega, Jefe de Oficina Técnica, Administrador, etc. puesto que se generarán compromisos para poder liberar las restricciones que impiden ejecutar las actividades y posteriormente generara el inventario de trabajo ejecutable.

Uno de los puntos más importantes dentro de la planificación intermedia corresponde a la identificación de restricciones. Es por esto que se debe dar un espacio para que las actividades sean exploradas con más detalle, lo cual permite determinar las subtareas para su ejecución, y que pueden entenderse como prerequisites de trabajo, directrices o recursos necesarios para su realización, que se conocen como restricciones.

Si no se procede a identificar las restricciones que tiene cada actividad y a su vez las actividades que se abrirán, no será muy eficiente la planificación intermedia. Si bien muchas veces este proceso se hace por experiencia, es recomendable el poder dedicar un espacio para estudiar la falta de material, actividad u otro que se interponga en la realización de alguna actividad fundamental.

6.3.2.2 Nivel de compromiso esperado para la Planificación intermedia.

Se debe considerar importante por parte de todos los involucrados revisar el estado de las actividades que vendrán a futuro, de manera que se puedan tomar medidas oportunas frente a cualquier problema posible. En reuniones participa todo el equipo de obra.

Es primordial darle el sentido y la importancia necesaria a la planificación intermedia, de manera que se vuelva fundamental la participación de los responsables de las distintas áreas del equipo de la obra. Es por ello que se debe ser constante en la realización de estas reuniones y para ello es fundamental la participación y motivación por parte de todos los actores principales de la obra. En este punto el Administrador de obra cumple un rol fundamental, debido a que posee las facultades para convocar esta reunión y hacerle seguimiento a todos los compromisos que en ella se generen, de manera que la planificación intermedia y liberación de recursos sea lo más efectiva posible.

Como se ha dicho anteriormente, este punto en el sistema Last Planner permite realizar una proyección a futuro de la obra, con la cual se pueden prever los problemas y dificultades de las actividades de la obra que están por venir, además de prever la falta de materiales. Es por todo esto que los responsables de cada área deben participar, ser constantes y tomar los compromisos correspondientes para mejorar el flujo de trabajo de la obra, teniendo siempre en mente que son ellos los que permitirán un flujo continuo de trabajo.

6.3.3 Inventario de Trabajo Ejecutable:

6.3.3.1 Implementación esperada del Inventario de Trabajo Ejecutable.

Se debe generar un inventario de trabajo ejecutable, en el cual se incorporarán solamente actividades que poseen todas sus restricciones liberadas, inventario que pasará a ser la fuente de la cual se determinarán las actividades que se incorporarán al programa semanal.

Luego del análisis realizado en la planificación intermedia, las actividades deben ser liberadas y pasar a conformar el inventario de trabajo ejecutable. Para ello se debe verificar con un mes de antelación si se cuenta con todos los materiales, mano de obra, cancha, etc. necesarios para la realización de dichas actividades, de manera de ir previendo las causas de no realización de actividades.

Las actividades que cumplan con todas sus restricciones liberadas, pasan a formar el inventario de trabajo ejecutable, el cual consiste en una lista de actividades que no deberían poseer ningún problema para ser ejecutadas. Con este inventario se puede generar una planificación semanal acorde a la realidad ejecutable de la obra, mejorando los indicadores de PPC y el rendimiento de las cuadrillas al no producirse estancamientos en el flujo de trabajo provocados por falta de materiales, mano de obra, cancha, entre otros.

6.3.3.2 Nivel de compromiso esperado para el Inventario de Trabajo Ejecutable.

Se debe considerar importante la liberación de restricciones de las actividades antes de incorporarlas en la planificación. El encargado de llevar la planificación y control del proyecto debe ser responsable y confeccionar un programa semanal a partir de un listado de actividades con todas sus restricciones liberadas, sin incorporar aquellas que aún tienen puntos por liberar.

El equipo de obra debe estar al tanto de las ventajas de confeccionar un listado de trabajo ejecutable, así mismo se debe fomentar su ejecución y aplicación, ya que permite disminuir la variabilidad de las actividades de la semana al incorporar en el programa de trabajo semanal solamente actividades que se puedan ejecutar.

6.3.4 Planificación semanal:

6.3.4.1 Implementación esperada de la Planificación Semanal

Se debe hacer entrega de una programación semanal y se debe dar el espacio para discutir o comentar las actividades y la factibilidad de realizarlas, generando el compromiso a realizarlas por parte de los supervisores. Además se debe llevar el control de las causas de no cumplimiento y buscar soluciones en conjunto para que no se vuelvan a repetir.

La planificación semanal es uno de los puntos principales dentro del sistema Last Planner, dado que a partir de una buena planificación, podremos tener mejores avances durante la semana. Sin embargo, como ya hemos visto esta planificación será mejor si se han realizado de buena forma los puntos anteriores. En primera instancia es fundamental que las actividades que se incorporan en el plan semanal provengan de un inventario de actividades ejecutables previamente analizado. Es por esto que se vuelve fundamental que la planificación se realice en conjunto con todos los supervisores involucrados en las actividades, de manera que no se incorpore en el plan semanal alguna actividad que no se pueda realizar y provoque una interrupción en el flujo continuo de trabajo.

En primera instancia es importante el análisis de los compromisos que se habían tomado, de manera que se puedan detectar los problemas recurrentes y generar una mejora en la ejecución de las actividades de la semana que está por venir. La revisión del cumplimiento de los compromisos tomados la reunión anterior por parte de todos los supervisores, fomenta la

integración de los responsables de las actividades y los hace parte del proyecto común que es la obra como tal. Este punto permite detectar las causas de no cumplimiento de actividades, de esta forma se pueden tomar soluciones en conjunto a los problemas presentados durante la semana.

Este análisis es fundamental para mejorar el flujo de trabajo, ya que permite detectar los errores cometidos para incorporar una mejora y de esta manera no volver a repetirlos. Así mismo se puede determinar si las causas son de origen interno o externo, de manera que si se pueden evitar, se puede acudir al responsable de esta.

6.3.4.2 Nivel de compromiso esperado para la Planificación Semanal.

Se debe considerar importante por parte de todos los involucrados la planificación semanal. Además debe existir la responsabilidad y compromiso en todos los agentes que revisar el cumplimiento de las actividades mejorará el flujo de trabajo futuro, puesto que a partir de esto se podrán detectar las falencias y causas de no cumplimiento de ellas, de manera que se pueda buscar en conjunto una solución. Así mismo se debe realizar una revisión en conjunto del programa semanal de la semana.

Como se dijo anteriormente, en este punto es importante la participación de los subcontratos y supervisores de obra, puesto que con su participación la programación semanal podrá ser más cercana a la realidad ejecutable de la obra, puesto que cada participante de esta reunión aporta en la factibilidad o dificultades que puedan tener las actividades que se quieren incorporar en la semana.

La participación de todos estos agentes permite confeccionar un programa semanal cuya variabilidad sea mínima, dado que cada subcontrato o supervisor maneja los rendimientos de sus cuadrillas y los problemas que se le han presentado o se podrían presentar, facilitando de esta manera el trabajo del programador. Esta programación en conjunto y con las actividades filtradas con el inventario de trabajo ejecutable, reducen en gran medida la variabilidad presente en la construcción, manejando y previniendo las dificultades y problemas.

Otro punto durante la planificación semanal que aporta con un mejoramiento continuo al flujo de trabajo, es la detección de las causas de no cumplimiento de las actividades que no se pudieron realizar durante la semana. Si esta detección de causas es realizada a conciencia se puede mejorar de buena forma las actividades que han presentado problemas, por lo que el compromiso de supervisores y subcontratos es fundamental.

6.4 Resumen

En el este capítulo se realizó la comparación del proyecto líder con los niveles de implementación y compromiso de los demás proyectos, analizando los puntos a favor que posee y que provocaron su productividad mayor.

Finalmente se presenta una pauta para la buena implementación del sistema Last Planner, generada a partir de los resultados de implementación del proyecto líder y de la teoría del sistema de planificación.

CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y COMENTARIOS.

La funcionalidad principal del sistema Last Planner detectada en este estudio corresponde a la estabilización del flujo de trabajo a partir de la reducción de la variabilidad de los procesos. Si se logra alcanzar una implementación completa, sumada a un compromiso real por el equipo de obra, se puede lograr estabilizar la productividad de obra, apuntando siempre a mejorar.

Se confeccionó un sistema para evaluar el nivel de implementación del sistema Last Planner y el impacto que este tiene en la productividad de la obra gruesa de los proyectos. Si bien en este estudio se analizó la productividad enfocada netamente en la colocación de hormigón en la obra de manera de estandarizar la disimilitud entre los proyectos y por no contar con la información suficiente de la productividad por partida, en el caso de contar con proyectos similares y la información necesaria, se podrían utilizar en análisis futuros los indicadores más usados en productividad, como lo es la relación entre trabajo realizado (producto) y recursos utilizados, cuyos valores son conocidos para proyectos de edificación, casas, etc. Y se podría tener un estudio más completo y detallado del impacto en la productividad del sistema Last Planner.

El sistema consiste en evaluar el nivel de implementación y el compromiso del equipo de obra para cuatro etapas consideradas fundamentales para el sistema Last Planner, correspondientes a Programa Maestro, Planificación Intermedia, Inventario de Trabajo Ejecutable y Planificación Semanal. Con estos niveles de implementación y los indicadores de resultados de causas de no cumplimiento (CNC) y porcentaje de plan completado (PPC) se analizó como se comporta la productividad para los distintos niveles de implementación. De esta manera se obtiene un sistema de evaluación que relaciona un análisis cualitativo con uno cuantitativo.

Se determinó que el proyecto Líder corresponde al proyecto 3 debido a su mayor productividad y baja variabilidad. Se destaca que este proyecto líder posee la mayor implementación del sistema Last Planner y los mejores resultados de PPC y CNC. En forma contraria, el proyecto que obtuvo menor productividad corresponde al que posee menor implementación del sistema de Planificación. Es por esto que se puede destacar que una buena implementación del sistema Last Planner provocará un impacto positivo en la productividad de los proyectos.

Hay que destacar que en el proyecto que resultó ser líder, la implementación de Last Planner es realizada a nivel de empresa, por lo cual existen protocolos y procedimientos que guían y en cierta medida obliga al equipo de obra a implementar todas las etapas del sistema Last Planner, lo cual se traduce en una mejor productividad. Sin embargo no basta con eso, puesto que se observó que la efectividad de este sistema depende mucho del compromiso de las personas, en este caso del equipo de obra.

Al comparar la implementación del sistema Last Planner del proyecto Líder con la de los demás proyectos en el capítulo 6, se destaca la importancia de la Planificación Intermedia y del Inventario de Trabajo ejecutable para obtener una mayor productividad, puesto que los proyectos que poseían mayor nivel de implementación en estas etapas, presentaron mejores resultados en productividad. De esta manera, para la realidad de los proyectos estudiados, se determina que las etapas del sistema Last Planner que generan un mayor impacto en la productividad corresponden a la Planificación intermedia y al Inventario de Trabajo ejecutable.

En la Planificación Intermedia es igualmente importante la implementación como el compromiso del equipo de obra, puesto que si se realizan todos los procedimientos al pie de la letra, proyectando la programación a mediano plazo, detectando restricciones y asignando responsables pero no existe un compromiso real del equipo de obra con esta etapa, no se dedicará el tiempo suficiente a abrir las actividades y analizar profundamente las restricciones, ni menos existirá un compromiso real por la liberación de estas. De esta forma no existirá transparencia en el proceso y no facilitará el flujo de información entre las áreas. Por lo tanto el análisis de restricciones dentro de la planificación intermedia, cumple un rol sumamente importante, puesto que a partir de ellas el equipo de obra puede detectar los problemas que posiblemente se puedan generar y contar con el tiempo suficiente para tomar medidas preventivas y reaccionar. De no existir estas etapas y si no se cuenta con un equipo de obra con experiencia, las actividades se estudiarían semana a semana transformándose en una planificación reactiva para solucionar problemas.

En el Inventario de trabajo ejecutable, dado los resultados del capítulo 5, no es clara la influencia de la implementación por sobre el compromiso en el impacto de la productividad, sin embargo, basta con que se considere en la implementación para que mejore el flujo de trabajo disminuyendo la variabilidad de los procesos, al incorporar en el plan semanal solamente actividades que se pueden realizar, disminuyendo los tiempos muertos por actividades que no se ejecutaron debido a falta de actividades previas.

Otro punto importante a destacar está relacionado a las causas de no cumplimiento, se observó que los proyectos que poseían un menor porcentaje de CNC con respecto al total de actividades programadas, tenían mayor productividad. Como se pudo observar en el proyecto 3, al ir detectando los problemas recurrentes y tomando las acciones correctivas, mejora el cumplimiento del programa, así mismo si se disminuyen las causas de origen interno, de responsabilidad del proyecto, se tiende a estabilizar el flujo de trabajo y existe una mejor relación entre el PPC y la productividad. También hay que destacar que los proyectos que no incorporaban el inventario de trabajo ejecutable en la implementación del sistema de planificación, poseían los más altos porcentajes de no cumplimiento producto de mala planificación o falta de actividades previas, entorpeciendo el flujo normal de trabajo.

Como proyección futura del sistema de evaluación que se confeccionó para esta memoria, este sistema servirá para evaluar la implementación de Last Planner en proyectos futuros y permitirá enriquecer este estudio aportando nueva información. Adicionalmente este sistema de evaluación permitirá dar inicio a un Benchmarking entre los proyectos que utilicen Last Planner, siendo en esta primera instancia el proyecto 3 el ejemplo a seguir por los proyectos venideros. Para ello este estudio incorpora una pauta de implementación del sistema Last Planner, generada a partir de los resultados obtenidos por el proyecto Líder. Esta pauta fomenta las buenas prácticas de la implementación y da recomendaciones de donde concentrar los esfuerzos al momento de implementar este sistema de planificación en proyectos de construcción.

De la descripción de los proyectos se ha observado que la parte más difícil de la implementación recae en generar un quiebre en los paradigmas del equipo de obra, dentro de los principales resalta la idea de que los tiempos de reunión hacen perder tiempo importante que se podría utilizar en terreno. Adicionalmente, si no se posee alguien que lidere la implementación y entienda todas sus ventajas no se logrará sacar el mejor provecho del sistema y probablemente no se ejecutarán elementos claves del sistema. Se observó en el proyecto líder, que el administrador participaba de las reuniones de planificación intermedia, esto facilitó la asignación de responsables y el compromiso en la liberación de restricciones, fomentando la coordinación y

comunicación entre áreas. Es por esto que idealmente la implementación de este sistema de planificación debe ser controlada y guiada por el administrador de obra, que adoptando su rol de jefe, puede coordinar las áreas, asignar responsables, controlar y participar de las etapas fundamentales del sistema Last Planner.

En resumen, un buen sistema de planificación depende netamente de un buen equipo de trabajo que lo implemente en su totalidad, para ello debe existir un encargado dedicado y que pueda controlar el cumplimiento de todas las etapas del sistema. Actualmente este rol lo toma el profesional de terreno que no posee el tiempo suficiente para realizar una buena implementación y termina programando para atender urgencias y no es preventivo de los posibles problemas. Es por esto que se vuelve necesaria la participación de alguien encargado netamente en la planificación y que logre liderar al grupo o bien sea apoyado por el administrador o encargado del proyecto.

CAPÍTULO 8: REFERENCIAS.

Alarcón, Luis Fernando. **Lean Construction**. A. Belkema Publishing Rotterdam, Holanda, ediciones 1997.

Arrieta Apablaza, Brisa Varinia. **Sistema Last Planner en subcontrato de empresa constructora**. Tesis (Magíster en construcción). Pontificia Universidad Católica de Chile, 2010.

Ballard, Glenn. **The Last Planner**. Northern California Construction Institute Spring Conference, Abril, 1994, Monterey, CA

Ballard, Glenn and Howell, Gregory. **Implementing Lean Construction: Stabilizing Work Flow**, Segunda Conferencia Anual de Lean Construction, Chile, 1994.

Ballard, Glenn. **The Last Planner system of Production Control**. The University of Birmingham, Estados Unidos, 2000.

Ballard, Glenn and Howell, Gregory. **Shielding Production: An Essential Step in Production Control**. Journal of Construction Engineering in Management, ASCE, 124 (1) 18-24, 1998.

Ballard, Glenn and Gregory, Howell. **Competing Construction Management Paradigms**. Proceedings of the ASCE Construction Congress, Honolulu, HI, March, 2003.

Botero, Luis Fernando y Álvarez, María Eugenia. **Last Planner, un avance en la planificación y control de proyectos de Construcción**. Estudio de la Universidad del Norte, Colombia, 2005.

Campero, Mario y Alarcón, Luis Fernando. **Administración de Proyectos Civiles**. Ediciones Universidad Católica de Chile, tercera edición, 2008.

Díaz Montecino, Daniela Andrea. **Aplicación del sistema de planificación 'Last Planner' a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura**. Memoria (Ingeniero Civil). Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 2007.

Knuf, J. **Benchmarking the Lean Enterprise: Organizational Learning at Work**. Journal of Management in Engineering Vol. 1, n°4, 58 -71, 2000.

Koskela, Lauri. **Application of the New Production Philosophy in Construction**. Report N° 72, Center for Integrated Facility Engineering, Department of Civil Engineering, Stanford University, CA, 75 p. 1992.

Pinto, Shella Alicia. **Evaluación y mejoramiento de los sistemas de producción en proyectos de construcción**. Tesis (Magíster en construcción). Pontificia Universidad Católica de Chile, 2010.

Proyecto FDI. **Sistema Nacional de Benchmarking**. Corporación de Desarrollo Tecnológico CDT, Santiago, Chile 2001.

Ramírez, Ricardo; Alarcón, Luis Fernando y Knights, Peter. **Sistema de evaluación de gestión como complemento al Sistema Nacional de Benchmarking para empresas constructoras chilenas.** Publicación revista Ingeniería de Construcción Vol. 19, n°1, Escuela de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2004.

Serpell, Alfredo. **Administración de operaciones de construcción.** Ediciones Universidad Católica de Chile, 1993.