



**Universidad de Chile**  
**Facultad De Ciencias Físicas y Matemáticas**  
**Departamento de Ingeniería Civil**

**DIRECTRICES Y RECOMENDACIONES PARA UNA BUENA  
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER EN  
PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN CHILE**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**DANIEL EDUARDO SABBATINO BARROS**

**PROFESOR GUÍA:**

**LUIS FERNANDO ALARCÓN CÁRDENAS**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:**

**MAURICIO TOLEDO VILLEGAS**

**CARLOS AGUILERA GUTIÉRREZ**

**Santiago de Chile**

**Abril 2011**

## **Agradecimientos**

En primer lugar, quiero agradecer al profesor Luis Fernando Alarcón y Mauricio Toledo por haberme guiado y brindarme su apoyo durante este proceso. También, al equipo de personas de GEPUC que me ayudaron a llevar a cabo este trabajo y en donde viví gratos momentos.

Quisiera agradecer especialmente a mis padres y familia que me apoyaron incondicionalmente durante toda mi carrera universitaria. Así como también, a la Caro que se sumó con su apoyo a finales de este camino. También a mis amigos que siempre estuvieron ahí y fueron un pilar fundamental durante todos esos años.

A todos ustedes ¡Muchas Gracias!

**RESUMEN DE LA MEMORIA  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL  
POR: DANIEL SABBATINO BARROS  
FECHA: 25/04/2011  
PROF. GUÍA: SR. LUIS F. ALARCÓN**

**“DIRECTRICES Y RECOMENDACIONES PARA UNA BUENA IMPLEMENTACIÓN DEL  
SISTEMA LAST PLANNER EN PROYECTOS DE EDIFICACIÓN EN CHILE”**

El sistema de planificación “Last Planner System” o “Sistema del Último Planificador” fue aplicado por primera vez a principios de la década del 90 y ha sido aplicado en Chile desde el año 1995 logrando muy buenos resultados en términos de productividad. Sin embargo, aún no es utilizado a gran escala en Chile debido al escepticismo y a la difícil tarea de cambiar el sistema de construcción tradicional.

El objetivo de este trabajo consiste en identificar patrones que permitan desarrollar capacidades preventivas de retrasos utilizando algunos indicadores que usa el sistema, generar un ranking de las causas que tienen mayor influencia sobre los atrasos de los proyectos e identificar y clasificar las mejores prácticas para lograr una exitosa implementación de este sistema en nuevos proyectos.

Para lograr lo anterior se cuenta con información de diferentes proyectos de ingeniería en los que ha participado el Centro de Excelencia en Gestión de Producción de la Pontificia Universidad Católica (GEPUC). Se extrajeron datos e indicadores de un software de planificación y control de proyectos llamado IMPERA y desarrollado por GEPUC en base a la metodología de Last Planner. La información extraída corresponde a 15 proyectos de los cuales 11 de ellos son proyectos de edificación en altura y el resto de edificación en extensión. Entre los indicadores utilizados se encuentran; el PPC (Porcentaje Plan Completado), CNC (Causas de No Cumplimiento), PCR (Porcentaje de Cumplimiento de Restricciones) y Curvas de Avance Reales y Programadas. De estos análisis se desarrolló un método de identificación de períodos de corto plazo de velocidad de avance deficiente utilizando las curvas de avance real y programada. Con lo anterior se identificaron patrones que permiten desarrollar capacidades predictivas de retraso durante la ejecución de los proyectos utilizando el PPC y PCR. También se identificaron las CNC más frecuentes para cada etapa del proyecto (Fundaciones, Obra Gruesa y Terminaciones) generando un ranking para determinar en qué actividades es necesario concentrarse para impedir un potencial retraso en el proyecto.

Por otro lado, se recopilieron las recomendaciones más importantes de aproximadamente 70 informes de asesorías hechas por implementadores de GEPUC a empresas de ingeniería. Se sintetizaron y desarrollaron conceptos y consejos generando una lista de directrices y recomendaciones que fueron validadas por 3 profesionales implementadores de GEPUC. Estas directrices y recomendaciones fueron clasificadas en 16 grupos ordenados de manera cronológica a su aplicación.

Los resultados obtenidos se consideraron satisfactorios ya que se demostró la estrecha relación que tienen algunos índices como el PPC y PCR en el avance o retraso de los proyectos. También se logró la recopilación de recomendaciones de carácter práctico que orientan a nuevos practicantes del sistema a llevar a cabo una exitosa implementación del Sistema Last Planner en Chile.

## Índice

<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1. Aspectos generales .....	1
1.2. Motivación.....	1
1.3. Introducción a la planificación de los proyectos .....	2
1.3.1. Los Proyectos .....	2
1.3.2. Planificación.....	3
1.3.3. Proceso de Planificación .....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo General .....	4
1.4.2. Objetivos Específicos .....	4
1.5. Metodología.....	5
1.6. Estructura del Trabajo de Título .....	6
1.7. Comentarios .....	6
<b>2. Sistema de Construcción Tradicional y Sistema Lean.....</b>	<b>7</b>
2.1. Introducción .....	7
2.2. Sistema Tradicional.....	7
2.3. Sistema Lean Production .....	10
2.3.1. Historia de Lean Production.....	10
2.3.2. Lean Production .....	12
2.3.3. Lean Construction .....	13
2.3.3.1. Mejoramiento Continuo .....	15
2.3.3.2. Liderazgo Lean.....	15
2.4. Sistema Last Planner .....	16
2.4.1. Metodología del Sistema Last Planner .....	18
2.4.1.1. Plan Maestro.....	18
2.4.1.2. Plan de Fases .....	18
2.4.1.3. Plan Intermedio.....	20
2.4.1.4. Plan de Corto Plazo (PCP) .....	24
2.4.2. Cuadro resumen Metodología Last Planner .....	26
2.4.3. Indicadores de Last Planner .....	26
2.4.3.1. Porcentaje de Programa Completo (PPC) .....	26

2.4.3.2. Causa de No Cumplimiento (CNC) .....	27
<b>2.4.3.2.1. CNC Raíz: Los 5 por qué</b> .....	28
2.4.3.3. Acciones Correctivas .....	29
<b>3. Obtención de la Información .....</b>	<b>30</b>
3.1. Introducción .....	30
3.2. Software IMPERA .....	30
3.2.1. Indicadores Utilizados .....	31
3.2.2 Curvas de Avance .....	36
3.2.2.1. Curva de Avance Programada .....	37
3.2.2.2 Curva de Avance Real .....	37
3.2.3. Tipos de Proyectos Utilizados .....	38
3.3. Actas de reuniones semanales o periódicas .....	41
3.2. Asistencia a reuniones semanales .....	42
<b>4. Cálculos y Análisis .....</b>	<b>43</b>
4.1. Desarrollo del método de identificación de períodos con velocidad de avance relativa deficiente (períodos críticos) y eficiente .....	43
4.1.1. Criterios considerados para representar las curvas de avances .....	46
4.2. Patrones que permiten desarrollar capacidades preventivas de retraso .....	47
4.2.1. Análisis de PPC .....	47
4.2.2. Porcentaje de Cumplimiento de Restricciones (PCR) .....	50
4.2.3. Comentarios .....	52
4.3. Análisis CNC .....	52
4.3.1. Ranking CNC según empresa de origen .....	52
4.3.1.1. CNC de mayor incidencia según Constructora .....	53
4.3.1.2. CNC de mayor incidencia según Subcontrato .....	54
4.3.1.3. CNC de mayor incidencia según Mandante .....	55
4.3.1.4 Comentarios .....	55
4.3.2. CNC más comunes según etapa: Fundaciones, Obra Gruesa y Terminaciones .....	56
4.2.3.1. Comentarios .....	60
<b>5. Directrices y Recomendaciones Obtenidas de Actas .....</b>	<b>61</b>
5.1. Estructura de una reunión de Planificación .....	62
5.2. Reuniones Previas de Planificación .....	65
5.3. Programación por fases .....	65
5.4. Revisión de Compromisos .....	66

5.5. Planificación Intermedia e Identificación de Restricciones.....	66
5.6. Restricciones.....	67
5.7. Plan de Corto Plazo y Toma de compromisos .....	68
5.8. Responsabilidades y Compromisos del Último Planificador (UP) .....	69
5.9. Puntualidad .....	70
5.10. Características que debe tener el Facilitador.....	71
5.11. Indicadores utilizados en Last Planner .....	72
5.12. Causas de No Cumplimiento (CNC) .....	73
5.13. Acciones Correctivas.....	73
5.14. Inventario de trabajo ejecutable (ITE).....	74
5.15. Documentos que se recomienda entregar .....	74
5.16. Publicación de estado del proyecto .....	74
5.17. Comentarios .....	75
<b>6. Conclusiones.....</b>	<b>76</b>
6.1. Entendimiento de la Teoría.....	76
6.2. Análisis de Resultados.....	76
6.2.1. PPC y PCR .....	76
6.2.2. CNC.....	77
6.2.2.1. Ranking CNC según Función: Constructora, Subcontrato y Mandante.....	77
6.2.2.2. CNC por Etapa.....	77
6.3. Directrices y Recomendaciones .....	78
6.4. Comentarios .....	78
<b>7. Bibliografía.....</b>	<b>80</b>

Anexo I: Cálculo de Períodos de Velocidades Deficientes y Eficientes por Proyecto

Anexo II: Resumen Cálculo de Períodos de Velocidades Deficientes y Eficientes por Etapa:  
Fundaciones, Obra Gruesa y Terminaciones

Anexo III: Períodos Deficientes y Eficientes de PPC y PCR

Anexo IV: Porcentaje de incidencia de CNC según empresa origen

Anexo V: CNC más comunes según etapa: Fundaciones, Obra Gruesa y Terminaciones

# **1. Introducción**

## **1.1. Aspectos generales**

Entre los objetivos de las industrias está el buscar maneras de maximizar utilidades. Esto se logra aumentando la productividad y por consiguiente la eficiencia de las actividades que maneja el tipo de industria.

En el rubro de la construcción, una Planificación Ejecutiva basada en hechos más que en supuestos, incrementará necesariamente la productividad reduciendo demoras, mejorando la secuencia de las actividades, utilizando mejor los recursos disponibles. En especial el uso de la mano de obra con el trabajo disponible, coordinando y ordenando múltiples tareas aparentemente independientes. La relación de estos conceptos es claramente muy poderosa y por lo tanto, para mejorar la productividad, es necesario concentrarse en una planificación más realista que basada en supuestos.

A principios de los años 90 el IGLC (International Group for Lean Construction) desarrolló un nuevo referencial teórico llamado “Lean Construction” o “Construcción sin pérdidas”, nombre que hace referencia a un enfoque que apunta a mejorar la gestión de producción en la industria de la construcción. Lean Construction intenta minimizar pérdidas en los procesos productivos que implican menor productividad y mayores costos.

El sistema “Last Planner” representa la aplicación de los principios de “Lean Construction”. Es una herramienta creada para la gestión de proyectos en la industria de la construcción y desarrollada por H. Ballard y G. Howell a principio de los años 90. Es un sistema de control de la producción que apunta a incrementar la fiabilidad de la planificación junto con mejorar el desempeño mediante el control efectivo de la incertidumbre. Este sistema ha sido aplicado en Chile desde el año 1995 con resultados positivos. Sin embargo, no se sabe con precisión cuáles son todos los impactos que realmente genera una buena aplicación de este sistema en nuestro país.

Por lo anterior, es necesario saber cuáles son los principales obstáculos que ocurren durante los proyectos en el mundo de la construcción que convergen en retrasos de éstos y encontrar la mejor manera de abordarlos o mitigarlos. Esta nueva metodología promete dar solución a estos problemas por lo que su estudio y una eficiente aplicación de esta es bastante alentador.

## **1.2. Motivación**

El sistema Last Planner promete solucionar parte de los problemas comúnmente originados en la construcción actual o tradicional. Por lo anterior es interesante investigar este tema y buscar la manera de implementarlo de manera eficaz en Chile.

Para el desarrollo de este trabajo se contó con el apoyo del Centro de Excelencia en Gestión de Producción de la Pontificia Universidad Católica (GEPUC), entidad que desarrolla investigación e

implementación de mejoramientos en proyectos. Se contó con un software de planificación y control de proyectos llamado IMPERA y desarrollado por GEPUC en base a la metodología Last Planner. También facilitaron informes de terreno (actas) con alto contenido de información y se contó con el apoyo por parte de los profesionales de GEPUC.

En este trabajo se desarrolló una identificación de patrones que permiten desarrollar capacidades predictivas de retrasos durante la ejecución de los proyectos utilizando el PPC y PCR. También se identificaron las CNC más frecuentes según la empresa de origen y según la etapa en que se encuentre el proyecto (Fundaciones, Obra Gruesa y Terminaciones) generando un ranking para determinar en qué actividades es necesario concentrarse para impedir un potencial retraso. Por último, se recopilaron un conjunto de prácticas relacionadas con la implementación del sistema Last Planner que contienen actividades o aplicaciones concretas que nos aseguran una implementación plena. Así de esta manera poder contribuir a que este prometedor sistema se aplique en Chile de manera más fácil y exitosa.

### **1.3. Introducción a la planificación de los proyectos**

Antes de introducirnos en la filosofía Lean y metodología de Last Planner necesitamos entender qué son y de dónde surgen los proyectos junto con las etapas o procesos necesarios para lograr una buena planificación.

#### **1.3.1. Los Proyectos**

Una ejecución de proyecto requiere de la aplicación de un conjunto de recursos como lo son el dinero, personas, materiales, maquinarias, etc. Según el Instituto de Administración de Proyectos (PMI, 2008) un proyecto se define como un esfuerzo *temporal* que se realiza para crear un producto o servicio *único*. El término *temporal* no necesariamente significa de corta duración sino que sólo es de duración limitada, es decir, significa que cada proyecto tiene un comienzo y un fin definidos. El fin de un proyecto se alcanza cuando se han logrado alcanzar todos los objetivos del proyecto. Por otro lado, *único* significa que el producto o servicio es diferente en cuanto a particularidades que posea comparado con cualquier otro producto hecho anteriormente.

Algunas características que poseen los proyectos se definen a continuación (Serpell y Alarcón, 2007):

- Proyecto no es sinónimo del producto del proyecto, sino que corresponde al proceso para obtener dicho producto.
- Los proyectos están compuestos de actividades, las que deben ser desarrolladas en una cierta secuencia.
- Los proyectos involucran variados recursos.
- Generan productos únicos, no repetitivos, temporales, con un inicio y un fin definidos.
- Involucran incertidumbre y riesgo.



La administración de proyectos es la función fundamental para llevar a cabo la ejecución de un proyecto. Es el proceso por el cual se obtienen, manejan y aplican recursos variados (Serpell y Alarcón, 2007). La administración de proyecto está compuesta por planificación, organización, dirección y control. Una de las partes fundamentales para lograr el éxito de un proyecto es la planificación.

### 1.3.2. Planificación

Según la American Management Association la planificación consiste en determinar lo que se debe hacer, cómo se debe hacer, qué acción debe tomarse, quién es el responsable de ella y por qué. La planificación es de las funciones más importantes de la administración de proyectos ya que es la manera de anticiparse a los acontecimientos o eventos que ocurrirán durante el desarrollo del proyecto y así poder definir los caminos de acción a seguir.

### 1.3.3. Proceso de Planificación

El proceso de planificación (Serpell y Alarcón 2007) se muestra en la figura 1.4:

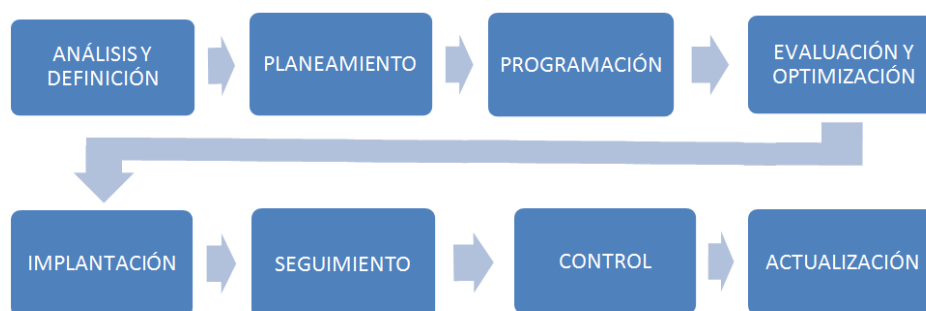


Figura 1.4: Proceso de Planificación  
Fuente: Serpell y Alarcón (2007)

A continuación se comentan las etapas de la planificación de la figura anterior:

**Análisis y definición:** Es el primer paso dentro de la planificación. Es necesario analizar detalladamente el proyecto que se desea realizar para lograr definir las principales actividades que se desarrollarán durante la ejecución del proyecto. Aquí se debe dejar claro los objetivos del proyecto.

**Planeamiento:** Es la determinación de la secuencia lógica de las actividades definidas anteriormente identificando relaciones entre ellas para obtener un plan coherente.

**Programación:** Es la etapa donde se determinan las duraciones y costos de las actividades.

**Evaluación y optimización:** Consiste en un análisis de las duraciones y costos de las actividades para evaluar de qué manera pueden optimizarse estos parámetros para lograr un programa más adecuado.

**Implantación Seguimiento:** Consiste en ejecutar el programa optimizado.

**Seguimiento:** Consiste en recolectar información del desarrollo real del proyecto.

**Control:** Etapa donde se comparan los datos obtenidos del seguimiento con las actividades programadas inicialmente y se toman las acciones necesarias para corregir la diferencias.

**Actualización:** Se implementan los cambios de la etapa anterior y se controla nuevamente para verificar que las mejoras que se implementaron dieron resultado.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Identificaron patrones que permitan desarrollar capacidades predictivas de retrasos durante la ejecución de los proyectos, junto con encontrar las principales causas que generan estos retrasos. Por otro lado, generar una lista de las principales directrices y recomendaciones para lograr una exitosa utilización del Sistema Last Planner. Todo lo anterior ayudará a respaldar las decisiones tomadas por los planificadores durante un proyecto y a implementar de mejor manera este sistema en Chile.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

1. Resumir la filosofía del sistema Last Planner identificando sus principales argumentos e indicadores que utiliza.
2. Identificar patrones que permitan desarrollar capacidades preventivas de retrasos utilizando la información disponible del software de Planificación y Control de Proyectos IMPERA, desarrollado por GEPUC.
3. Generar un ranking de las Causas de No Cumplimiento (CNC) que más afectan durante el desarrollo de los proyectos utilizando los datos de IMPERA.
4. Definir directrices de buenas prácticas de implementación del Last Planner para apoyar las reuniones semanales de coordinación.

## 1.5. Metodología

1. Revisar bibliografía existente del sistema de planificación Last Planner.
2. Hacer un seguimiento a los diferentes proyectos que se manejan en GEPUC y en IMPERA para evaluar y estudiar qué tipo de información está disponible.
3. Proponer relaciones y comparaciones de análisis entre los distintos parámetros que se extraigan de los registros de IMPERA: Curvas de Avance, Porcentaje del Plan Completado (PPC), Porcentaje de Cumplimiento de Restricciones y Causas de No Cumplimiento (CNC).

La figura 1.5 muestra un esquema de la metodología utilizada:

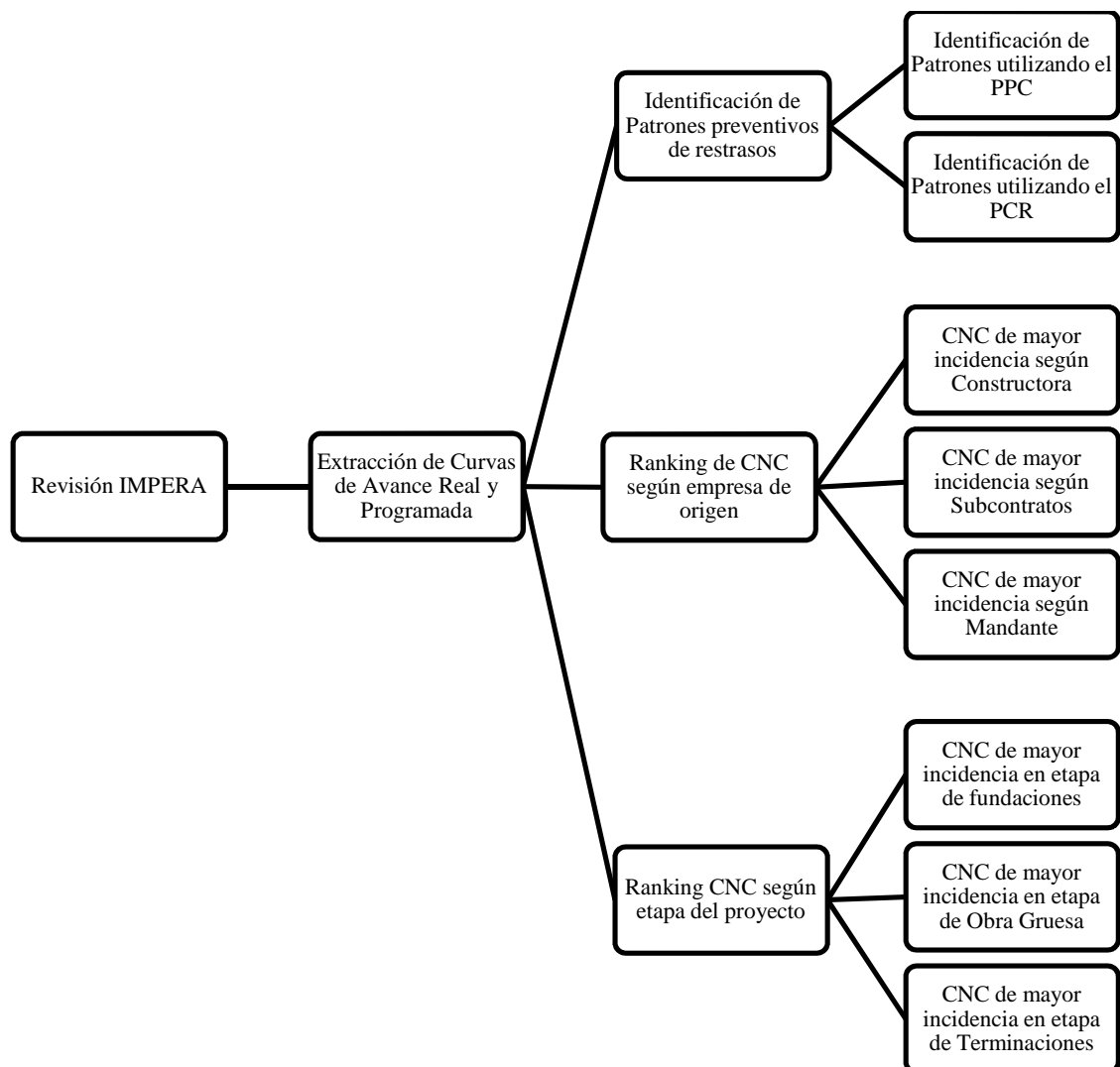


Figura 1.5: Metodología de la extracción y relaciones propuestas

Fuente: Elaboración Propia

4. Ordenar los registros de informes de terreno (actas) de las implementaciones llevadas a cabo por profesionales de GEPUC y extraer las recomendaciones más comunes para una buena implementación de Last Planner.
5. Resumir las recomendaciones encontradas para lograr un buen desarrollo del proyecto utilizando la disciplina Last Planner junto con entregar un conjunto de directrices que sirvan de apoyo para una exitosa implementación de Last Planner.

La figura 1.6 muestra un esquema de la metodología utilizada:

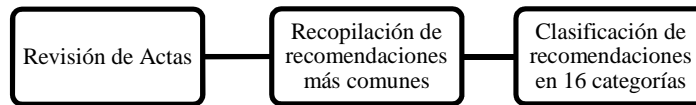


Figura 1.6: Metodología clasificación de recomendaciones  
Fuente: Elaboración Propia

## 1.6. Estructura del Trabajo de Título

El segundo capítulo entrega una revisión de antecedentes sobre los sistemas de construcción tradicional y Last Planner distinguiendo sus principales diferencias, para luego resumir conceptos y consejos de implementación del sistema Last Planner. El tercer capítulo explica de dónde y cómo se obtuvo la información para desarrollar los cálculos. El cuarto capítulo muestra los cálculos desarrollados utilizando algunos de los indicadores de Last Planner. El quinto capítulo muestra la recopilación de las mejores prácticas y recomendaciones para lograr una exitosa implementación de Last Planner en Chile. El sexto capítulo se encarga de concluir respecto del trabajo realizado. Finalmente el séptimo capítulo muestra la bibliografía consultada. Además se incluyen cinco anexos resumiendo los cálculos efectuados.

## 1.7. Comentarios

La obtención de la información se realizó a través del Centro de Excelencia en Gestión de Producción de la Pontificia Universidad Católica (GEPUC) que proporcionó la información necesaria (Informes de terreno) y el software de programación y control de proyectos IMPERA (ver sección 3.2) para esta investigación. También facilitó visitas a las reuniones semanales que las empresas tenían con los profesionales encargados de implementar el sistema Last Planner.

Con el resumen descrito en la introducción de este capítulo sobre los proyectos y sobre la planificación podemos ahora entender en qué consiste y cómo nacen las filosofías de Lean Production, y Lean Construction para luego entrar a definir lo que es la metodología Last Planner.

## **2. Sistema de Construcción Tradicional y Sistema Lean**

### **2.1. Introducción**

Las industrias de hoy se ven sobrecogidas por la gran competencia que existe en la mayoría de los sectores. Para lograr sobresaltar, estas deben centrar sus esfuerzos implementando nuevas tecnologías que le permitan optimizar sus procesos y ser más eficientes.

En el sector de la construcción nos encontramos con prácticas que están enfocadas en lograr que los procesos sean más efectivos para poder disminuir el tiempo de ejecución de los proyectos.

Existe una metodología llamada Lean Construction que a diferencia de las prácticas de hoy busca hacer los procesos más eficientes en vez de más efectivos. Esta metodología busca rediseñar los conceptos de la construcción tradicional minimizando las pérdidas de recursos y generando un mayor valor al producto.

Este nuevo concepto busca agregarle valor al producto mejorando los procesos productivos (productividad) a diferencia de la producción en sí. Cuando el enfoque principal de una industria está concentrado en la producción (modelo tradicional) entonces esta busca que los procesos sean más efectivos, mientras que cuando el enfoque está concentrado en la productividad (modelo Lean) esta busca que los procesos sean más eficientes.

Para entender de mejor manera este concepto debemos ver la construcción como un conjunto de procesos compuestos por una serie de flujos de actividades. Las actividades se pueden clasificar en 2 tipos: las actividades de flujo (no agregan valor al producto) y las actividades de transformación (agregan valor al producto). El modelo Lean considera ambas actividades concentrándose en minimizar o eliminar las actividades de flujo mientras que el tradicional sólo se enfoca en las actividades de conversión. Esta diferencia es la que le agrega valor al producto final mejorando los procesos productivos y aumentando la confiabilidad de los flujos de trabajo.

Por otro lado, el modelo Lean se concentra en las técnicas de planificación y de control mediante el cual aumenta su confiabilidad de flujo de trabajo a través de la reducción de pérdidas. A diferencia del modelo tradicional, donde el sistema es entendido como una tarea que recae sobre un sólo responsable (profesional a cargo), el modelo Lean refuerza el trabajo en equipo por lo que la responsabilidad es compartida y la comunicación de la información juega un rol fundamental.

### **2.2. Sistema Tradicional**

En el sistema tradicional de construcción se realiza el trabajo encomendado por la administración para hacer lo que el programa señala que DEBE hacerse sin considerar los que se PUEDE efectivamente hacer en un intervalo de tiempo. Los recursos se asumen disponibles al momento de ser ejecutado el trabajo y se asume que esto es suficiente para que la tarea se complete sin problemas.

Diversos autores apuntan a que la ineficiencia de la planificación tradicional, radica básicamente en los siguientes puntos (Rojas, 2007):

- La planificación normalmente está basada solamente en la experiencia de los administradores, la que difiere entre ellos y es difícil de transmitir.
- El control está basado en general, en el intercambio de información en forma verbal entre los integrantes, cubriendo aspectos de corto plazo y dejando de lado el largo plazo.
- La planificación está orientada sólo al control de las actividades. Un control orientado solo en las actividades, mide únicamente el desempeño global y cumplimiento de los contratos, no preocupándose de las unidades productivas o cuadrillas que es donde se originan verdaderamente los problemas. Si ocurre esto, entonces difícilmente se podrán tomar acciones correctivas adecuadas y a tiempo.
- El hacer una planificación muy detallada a largo plazo es necesariamente una pérdida de esfuerzo debido a la gran incertidumbre del sector donde la reprogramación es recurrente.

Recordemos que el modelo tradicional considera sólo las actividades de transformación y no las de flujo. La siguiente figura representa el proceso de planificación tradicional:

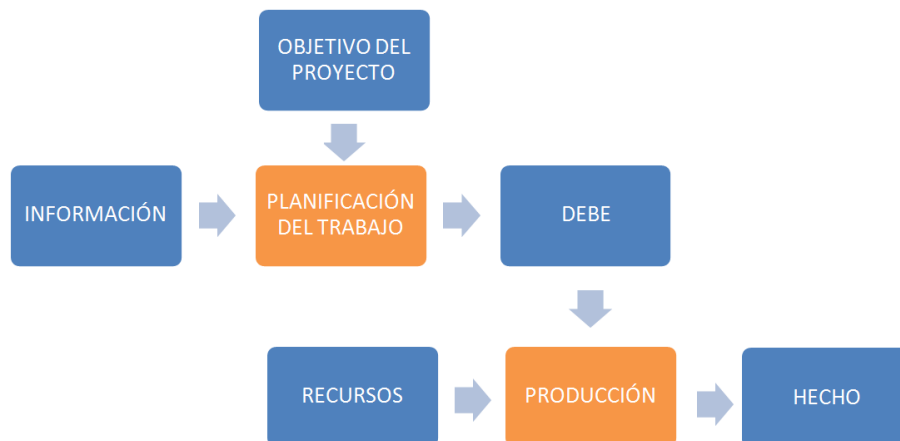


Figura 2.1: Proceso tradicional de Planificación  
Fuente: Elaboración Propia

De la figura 2.1 observamos como la planificación se alimenta de los objetivos del proyecto e información. Teniendo ambas, logramos crear nuestro programa y por lo tanto las actividades que deberían ser ejecutadas según la planificación. Teniendo clara la programación entonces solo falta la inyección de recursos para empezar la producción o ejecución de las actividades y obtener nuestro producto hecho.

En la realidad no ocurre lo anterior dado que este esquema no considera las actividades de flujo, y por lo tanto no considera que existan actividades que no podrán ser realizadas dado que tienen restricciones no consideradas.

La figura 2.2 representa el modelo tradicional según la teoría de conjuntos: Una vez generado el programa, este nos dice lo que DEBE hacerse para cumplir con los objetivos del proyecto. Sin embargo, el administrador decide lo que SE HARÁ dependiendo de las condiciones o problemáticas que se presenten para que luego en terreno se ejecute lo que efectivamente PUEDE hacerse.

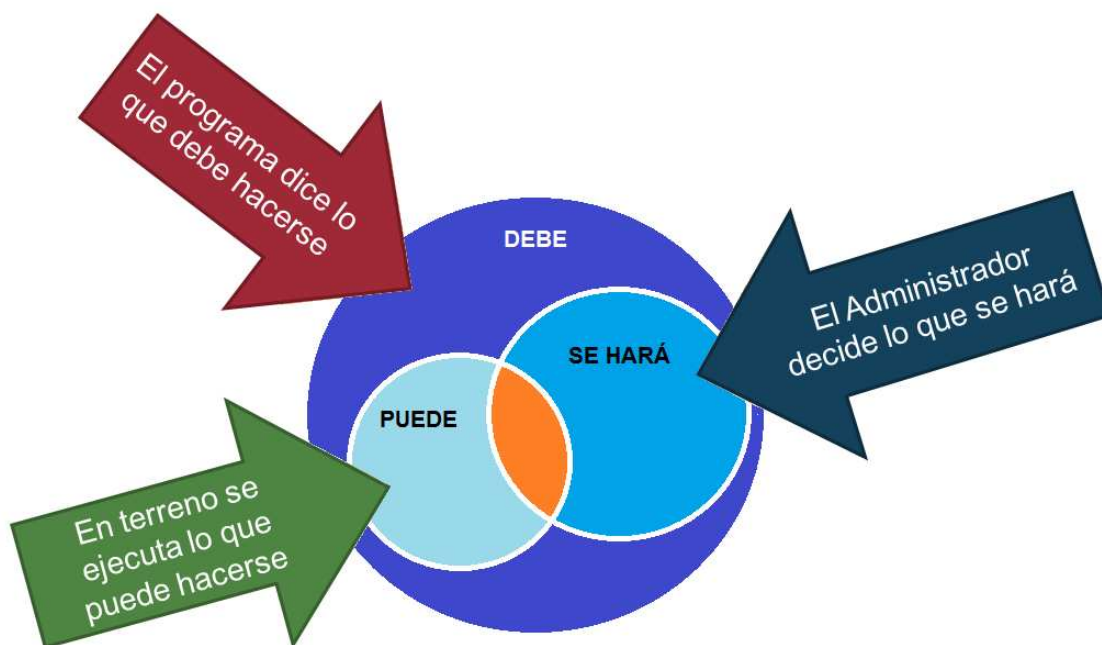


Figura 2.2: Teoría de Conjuntos del Sistema Tradicional  
Fuente: Capacitaciones GEPUC 2010

Si el plan (SE HARÁ) se desarrolla sin saber lo que PUEDE hacerse, el trabajo realmente ejecutado será la intersección de ambos subconjuntos. Luego podemos observar que esta descoordinación entre lo que puede hacerse y lo que se hará genera un avance insuficiente en el proyecto representado por la intersección de ambos.

En forma similar ocurre que si lo que PUEDE hacerse es subconjunto de lo que SE HARÁ, entonces no todos los compromisos que se han asumido durante la planificación pueden ser completados por lo que el proyecto fracasará. En la figura 2.3 se representa este paradigma.



Figura 2.3: Teoría de Conjuntos del Sistema Tradicional  
Fuente: Guía para la Implementación, Alarcón 2008

Por lo tanto, si planificar consiste en determinar lo que DEBE hacerse para completar un proyecto y decidir lo que SE HARÁ en un cierto período de tiempo, debe reconocerse que debido a restricciones, problemáticas o imprevistos, no todo PUEDE hacerse.

En general los proyectos fracasan principalmente por los siguientes problemas (Capacitaciones GEPUC 2010):

- No existe una instancia en donde todos los involucrados puedan tomar decisiones en conjunto.
- Las partes involucradas si bien tienen objetivos similares, no alinean sus intereses y mucho menos toman decisiones que integren a los demás participantes.
- Política de “Culpables” más que de responsables.
- No se examinan bien las actividades de flujo.
- Falta de compromiso de los miembros del equipo para cumplir con sus responsabilidades.
- Uso de planes típicos, sin considerar que los proyectos son únicos.
- Falta de comunicación acerca de los objetivos y el plan.
- Mala definición de los objetivos o objetivos no son claros.
- Programa poco realista y muy optimista.
- Falta de contingencia para enfrentar imprevistos.

En resumen, faltan instancias de coordinación que asocien a los participantes de un proyecto como un “equipo integrado” y colaborativo que tome decisiones y que más aun, mida el desempeño del equipo.

## **2.3. Sistema Lean Production**

### **2.3.1. Historia de Lean Production**

Lean Production es un sistema de producción que fue desarrollado en Toyota y liderada por el ingeniero Taiichi Ohno (1912 a 1990). Él fue un pionero en desarrollar el principio de la eliminación de pérdidas. El término “Lean” o “Sin pérdidas” fue introducido por el equipo de investigación que trabajaba en la producción automatizada para reflejar la disminución de pérdidas del sistema de producción de Toyota y para contrastarla con la producción en masa tradicional.

Para eliminar las pérdidas Ohno se concentró en lo que es la producción por cada trabajador y la producción a gran escala hecha por máquinas automatizadas. A diferencia del modelo de la industria tradicional desarrollado por Henry Ford, Ohno quería construir automóviles a pedido del cliente y no



en masa. Partió reduciendo los tiempos de configuración de maquinas utilizando TQM<sup>1</sup> y desarrolló una lista de objetivos básicos para el diseño de este nuevo sistema de producción (Howell 1999):

- Producir un automóvil que cumpla con los requerimientos específicos del cliente.
- Hacer entrega del automóvil de forma rápida.
- No mantener inventarios ni intermediarios.

Para un sistema de producción, “pérdidas” es definido como cualquier tarea o proceso que no agregue valor al producto. Para entender mejor este concepto debemos entender el significado del término “valor del producto”. Desde la perspectiva Lean el valor del producto viene dado por el cumplimiento de los requerimientos que tenga el cliente sobre este.

Algunas de las pérdidas identificadas en la línea de producción tradicional fueron:

- Pérdidas en la sobreproducción: El enfoque tradicional considera que la eficiencia de producción consiste en mantener la cadena de producción funcionando en todo momento. Para lograr esto es necesario mantener extensos inventarios. Estos inventarios son considerados como pérdidas.
- Pérdidas en sub optimización: Al mantener la cadena de producción funcionando permanentemente están generando presiones sobre la producción que desestabilizan los procesos siguientes en la cadena de producción, sin dejar espacio al mejoramiento continuo e inevitablemente disminuyendo la calidad del producto.
- Velocidad de producción: Si es que los flujos no son confiables e intentamos aumentar la velocidad de producción, entonces se agregarán pérdidas debido a errores.

Para cumplir con la lista de objetivos antes planteados, es decir, hacer una entrega que satisfaga los requerimientos del cliente en el menor tiempo posible y sin ningún inventario de trabajo, se requiere de una gran coordinación entre las cadenas de suministro y la línea de producción. Para lograrlo se necesita de un flujo de trabajo confiable en la línea de producción.

Luego, para lograr flujos confiables, Ohno desarrolló los siguientes conceptos (Howell 1999):

- Productos de calidad: Desarrollo el método de Pull desplazando al Push tradicional y reduciendo los grandes inventarios.
- Descentralizó las jefaturas empoderando e involucrando a todos los empleados.
- Hizo los procesos transparentes haciendo visible la información permitiendo que las personas tomaran mejores decisiones.

Así, para mejorar los procesos más aun, Ohno se dio cuenta que era igual de necesario mejorar tanto los diseños de los automóviles como la línea de producción por lo que la necesidad del eliminar pérdidas se volcó hacia las cadenas de suministro generando incentivos de mejoramiento continuo que

---

<sup>1</sup> TQM: La *Gestión de Calidad Total* (del inglés *Total Quality Management*) es una estrategia de “gestión” orientada a crear conciencia de “calidad” en todos los procesos organizacionales. La TQM ha sido ampliamente utilizada en manufactura, educación, gobierno e industrias de servicio.

se trataban en los nuevos contratos con proveedores. Por lo tanto esta nueva manera de producir requiere de la participación activa y cooperativa de todos los involucrados en la producción de un producto para lograr que este sea de calidad.

### **2.3.2. Lean Production**

Lean Production, así como otras prácticas, tiene el objetivo de satisfacer al cliente usando la menor cantidad de recursos disponibles. El resultado de esta práctica es un sistema que puede ser aplicado a cualquier tipo de producción, pero en particular, es adecuado para manejar proyectos complejos y que contengan incertidumbre.

Lean Production logra su efectividad mediante la disminución o eliminación de pérdidas cambiando el enfoque tradicional de mejorar cada actividad por separado por mejorar el sistema de entrega de productos. La Producción Lean está en permanente evolución, sin embargo, los principios fundamentales no han cambiado (Howell 1999):

- Identificar y hacer entrega de valor al consumidor, eliminando todo lo que no agregue valor.
- Organizar la producción bajo un flujo continuo.
- Perfección en el producto y generar un flujo confiable deteniendo la línea de producción si es necesario, jalando el inventario (pull), y distribuyendo la información y la toma de decisiones.
- Búsqueda de la perfección: Entregar a tiempo un producto considerando sus requerimientos sin hacer uso de inventarios.

Por lo tanto Lean production puede ser entendida como la manera de diseñar y fabricar cosas de manera diferente a la producción tradicional en masa por medio de los objetivos y técnicas aplicadas en el diseño, línea de producción y cadenas de suministro. Luego, Lean producción apunta a la optimización del desempeño del sistema de producción para satisfacer los requerimientos particulares del cliente.

La Tabla 2.1 se muestra las diferencias entre del modelo tradicional y el modelo Lean:

	<b>Modelo Tradicional</b>	<b>Lean Production</b>
Estrategia	Estrategia concentrada en la producción en masa de productos de igual diseño	Estrategia concentrada en el cliente para identificar y explotar ventajas competitivas
Satisfacción del cliente	Crear lo que el ingeniero quiere en grandes cantidades a niveles de calidad estadísticamente aceptables	Crear lo que el cliente quiere sin defecto alguno, cuando él lo quiera y en las cantidades él que quiera
Liderazgo	Liderazgo por comando estratégico	Liderazgo de visión y amplia participación
Organización	Estructura que fomenta ejecutar órdenes desalentando el flujo de información que identifica defectos, errores operativos, anomalías, etc.	Estructura que fomenta iniciativa y el flujo de información que identifica defectos, errores operacionales, anomalías, etc.
Información Administrativa	Administración débil basada en reportes abstractos	Administración rica en información basada en sistemas de control visual actualizado por los empleados
Cultura	Cultura de obediencia leal	Cultura que involucra a empleados
Producción	Maquinas de gran escala, habilidades mínimas, líneas de producción extensas, inventarios extensos	Maquinas a escala humana, habilidades múltiples, sin inventarios
Ingeniería	Modelo aislado de gran habilidad con poca alimentación del cliente	Modelo en equipo con alta alimentación del cliente

Tabla 2.1: Sistema Tradicional vs Sistema Lean  
Fuente: MAMTC The Manufacturing Edge

### 2.3.3. Lean Construction

Lean Construction está basado en los principios de Lean Production descritos en la sección anterior. Pero, ¿Cómo podemos implementar el modelo Lean de Toyota en la construcción? Durante décadas la industria de la construcción ha rechazado el modelo de fabricación en línea porque se ha creído que son totalmente incompatibles. En el punto 2.3.1 describimos el término “pérdidas” bajo el concepto de línea de producción en una industria manufacturera cualquiera según Lean Production. Ahora intentaremos describir de dónde provienen las pérdidas en la industria de la construcción aplicando Lean Construction. Las “Pérdidas” en la construcción se generan de la misma manera que en la industria manufacturera: “manteniendo una presión constante sobre todas las actividades bajo los criterios de reducción del costo y duración de las actividades” (Howell 1999). El foco o concentración que se tiene sobre las actividades individualmente oculta la pérdida generada entre la continuidad de actividades y la llegada de los recursos necesarios, así como los procesos actuales de producción se enfocan en las actividades de conversión e ignoran las actividades de flujo. Sabemos que la principal

preocupación de Lean Production es el manejo del efecto combinado de la dependencia y variación que tiene las actividades. Los problemas que genera la dependencia y la variación pueden ser representadas por un ejemplo descrito por Tommelein ("Parade of Trades" 1999) sobre una autopista con mucho tráfico:

Si todos los autos condujeran a exactamente la misma velocidad, entonces los espacios entre los autos podrían llegar a ser muy pequeños y la capacidad de la autopista estaría regida por la velocidad de los autos (a mayor velocidad de los automóviles estos pueden ir entrando a la autopista de manera más rápida). Así cada auto es dependiente del que va por delante de él (dependencia) liberando espacio mientras avanza. Este espacio es inmediatamente utilizado por el auto anterior y está asociado al trabajo disponible. En la realidad esto no ocurre pues cada auto avanza a una velocidad distinta ocupando y liberando espacio de manera diferente.

Bajo la presión de llegar a casa de manera rápida, los espacios entre los autos disminuyen y cualquier pequeña variación de velocidad requiere de una respuesta inmediata de los autos siguientes. Mientras los espacios entre autos se reducen, las pequeñas variaciones de velocidades se propagan a lo largo de las filas de manera más rápida. Basta sólo una pequeña desaceleración (variación) por parte de un conductor para llevar a una detención masiva de todo el tránsito en muy poco tiempo, mientras que volver a retomar la velocidad es lento ya que es imposible coordinar a todos para que aceleren a la misma velocidad.

Luego el sistema no funciona bien cuando existe una dependencia estrecha entre actividades y gran variación de las actividades por lo que controlar estas interacciones entre actividades se vuelve esencial. En consecuencia nos damos cuenta que el manejo de estos dos términos es de gran importancia para lograr un buen sistema de planificación y control de proyectos, más aun cuando estos son complejos y poseen gran cantidad de actividades.

Lean Construction apunta a entender y manejar los conceptos de producción, dependencia y variabilidad a la cual están sujetas las actividades en cualquier proyecto de construcción. La forma de incorporar la producción a los proyectos es proporcionarle al frente de trabajo un trabajo disponible suficiente (aumentar el espacio entre los automóviles) o tratar de mantener un exceso de capacidad de trabajo para poder acelerar o desacelerar cuando sea posible. De esta manera controlamos de mejor manera la dependencia entre actividades. En el sistema Last Planner al trabajo disponible se le conoce con el nombre de Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE).

Mediante el concepto de productividad, las actividades fortalecen la credibilidad y seguridad de los procesos mientras que el trabajo en equipo fortalece el concepto de confianza. Estos conceptos pueden confundirse pero la verdad es que son bastante diferentes. La confianza es una condición humana que se construye en base a la credibilidad. No somos capaces de confiar en alguien si es que no nos han demostrado credibilidad en sus actos. De estos conceptos combinados nace la metodología Last Planner (Howell 1999).

Por otro lado, los sistemas de producción no funcionan correctamente cuando las actividades intentan optimizar sus recursos de forma independiente ya que cualquier alteración que se haga repercutirá en las actividades siguientes. La forma de optimizar los recursos es desde una perspectiva global involucrando a todas las actividades de manera conjunta.

### 2.3.3.1. Mejoramiento Continuo

En general, todos los procesos tienen deficiencias que necesitan ser optimizadas. Estas deficiencias tienen una causa definida, y en algunos casos tienen varias. Cuando las causas de estas deficiencias son detectadas, entonces se les debe encontrar una solución. Cuando se encuentra la solución entonces es necesario implementar esta solución para así lograr los objetivos del proceso de manera eficiente.

Las deficiencias antes mencionadas se van descubriendo durante los procesos y de manera continua, por lo que las soluciones se tienen que ir implementando de la misma manera. Así los problemas son solucionados una y otra vez en ciclos de mejoramiento continuo durante estos procesos.

Dado que la filosofía Lean piensa que todas las actividades se encuentran interrelacionadas entonces cada mejora en particular generará una mejora al sistema en general. Luego este ciclo de identificación de deficiencias y la búsqueda de sus soluciones sucesivas convergirá en una mejora del sistema general logrando reducir las pérdidas y agregar valor al producto final.

En general la filosofía Lean le otorga prioridad al mejoramiento simple, pequeño y continuo más que a los grandes e innovadores cambios. A estos procesos se les llama mejoramiento continuo.

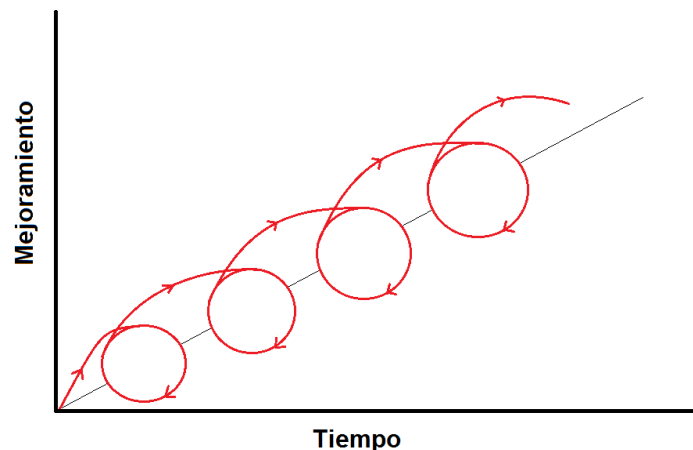


Figura 2.4: Mejoramiento Continuo  
Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar en la figura 2.4 la representación de un mejoramiento continuo y cíclico. Son ciclos pequeños que van en aumento generando un mejoramiento general paulatino.

### 2.3.3.2. Liderazgo Lean

Para lograr una buena implementación de las prácticas Lean y poder llevar las soluciones teóricas que se proponen a la práctica, es necesario contar con un buen liderazgo. Se consideran líderes de una

empresa a las personas que tienen influencias sobre el trabajo a realizar sin importar que cargo tengan. Los líderes pueden influenciar a sus seguidores mediante palabras o acciones.

Nueve comportamientos de liderazgo lean se mencionan a continuación (Orr 2005):

- Incentivar al grupo de trabajo
- Respetar a las personas
- Identificar la solución a la CNC y no a la persona culpable
- Apoyar y reconocer los logros de las personas
- Liderar con el ejemplo
- Entender y hacer entender los objetivos
- Comprometerse con los procesos estandarizados
- Entender los principios Lean y hacerlos evidentes al resto
- Apoyar los cambios a procesos cuando sean necesarios

Una buena implementación depende de un buen liderazgo. El encargado de un proyecto debe reforzar los puntos anteriores para lograr una buena dirección del proyecto.

## **2.4. Sistema Last Planner**

Last Planner System (LPS) o Sistema del Último Planificador (SUP) es una herramienta desarrollada para la gestión de proyectos en la industria de la construcción. Fue desarrollado por Herman G. Ballard y Gregory A. Howell basándose en los principios de la filosofía Lean y en particular la metodología Lean Construcción. Es un sistema de control de la producción que ayuda a rediseñar los sistemas de planificación tradicional enfocado principalmente a mejorar el control de la incertidumbre incrementando la fiabilidad de la planificación y con esto a mejorar el desempeño.

El sistema Last Planner es una disciplina rigurosa y formal que funciona con éxito sólo cuando todos sus elementos son implementados como corresponden (Mossman 2004). Luego no es suficiente con aplicar esta metodología sino que es necesario ser riguroso en el entendimiento de esta.

El Último Planificador es la última persona (como su nombre lo indica) en la cadena de jerarquía en definir lo que será realizado y es quien será el encargado de realizarlo. Es decir, es quien prepara las asignaciones de trabajo y quien se encarga de controlar que el trabajo hecho por las unidades de producción sea de calidad (Alarcón 2008). Por lo anterior, también debe ser el encargado de verificar las capacidades y rendimientos de las unidades de producción o cuadrillas. Por lo tanto, el Último Planificador carga una gran responsabilidad dado que lo descrito anteriormente es un trabajo difícil y complejo de llevar.

El impacto que genera el Último Planificador se ve reflejado en el desempeño de todo un proyecto y no sólo en su unidad de producción o cuadrilla. Esto es debido a que todas las actividades de un proyecto se encuentran relacionadas. Un mal desempeño de una cuadrilla se propaga hacia las cuadrillas que

efectúan trabajos posteriores o que trabajan en paralelo con esta y que cuentan con el trabajo completado para poder ejecutar el propio.

Para apoyar al Último Planificador en conseguir un buen desempeño de su cuadrilla, se creó el Sistema Last Planner que provee de herramientas y procedimientos para lograr compromisos confiables de planificación generando flujos de trabajo confiables entre las actividades.

A diferencia del sistema tradicional señalado en el punto 2.2, el Sistema Last Planner planifica las actividades tomando en cuenta lo que DEBE ser hecho (según programación) para decidir lo que SERÁ hecho (según terreno), pero tomando en consideración que no todo lo que DEBE ser hecho PUEDE efectivamente ser hecho por motivos de limitación de recursos y coordinación. Una representación de lo descrito anteriormente se observa en la figura 2.5: el SE HARÁ es subconjunto del PUEDE y el PUEDE es subconjunto del DEBE. Viéndolo de esta manera, existe una mejor coordinación entre actividades y una alta probabilidad que las actividades se cumplan en el plazo que correspondan.



Figura 2.5: Teoría de Conjuntos Sistema Último Planificador  
Fuente: Guía para la Implementación, Alarcón 2008

Es fundamental entonces que antes de decidir lo que SE HARÁ, se tenga un conocimiento adecuado de lo que se PUEDE hacer, de manera de asegurar el avance. Según Centro de Excelencia en Gestión de Producción de la Pontificia Universidad Católica (GEPUC) el proceso de planificación debe centrarse principalmente en la gestión del PUEDE ya que mientras más podamos agrandar el PUEDE, mayor será la posibilidad de avance.

Planificando de esta manera, los objetivos iniciales del proyecto se mantienen viéndose reflejados en una mejor coordinación y un mayor avance.

## **2.4.1. Metodología del Sistema Last Planner**

El Sistema Last Planner consta de cuatro etapas: Plan Maestro, Plan de Fases, Plan Intermedio y Plan de Corto Plazo. Estos se describen a continuación con un pequeño resumen introductorio y la manera en que deben ser implementados:

### **2.4.1.1. Plan Maestro**

#### **Resumen**

El Plan maestro o planificación general nos dice cuál va a ser el presupuesto y el programa del proyecto. Cumple la función de proporcionar la coordinación de las actividades que contiene un proyecto y debe ser desarrollado con información que representen los objetivos y metas del proyecto.

La estructura base del Plan Maestro es representada y dividida por hitos y actividades que serán ejecutadas en una cierta secuencia. Los hitos son tareas de duración cero y que simbolizan algún logro o instancia del proyecto. Los hitos y actividades deben tener una fecha estimada según programación para ser realizadas y poder compararlas con la fecha real del logro.

#### **Implementación**

Su implementación se debe llevar a cabo utilizando alguna de las herramientas de planificación que le sea más cómoda al programador.

### **2.4.1.2. Plan de Fases**

#### **Resumen**

Las actividades del plan maestro deben ser puestas en un programa de mediano plazo también denominado lookahead que contiene un mayor nivel de detalle. Cuando los proyectos son largos y complejos, el lookahead puede llegar a tener demasiados detalles haciéndose inmanejable y muy confuso. Por lo anterior, se introduce el plan de fases que es una división del plan maestro en grupos de tareas llamadas fases, donde cada fase necesita ser realizada en una proximidad espacial y temporal (Alarcón 2008). Esta división debe ser hecha durante la planificación inicial y en conjunto con todas las personas que administran el proyecto.

Las tareas de cada fase serán analizadas en la planificación intermedia de la misma manera que son analizadas las tareas del programa maestro. Las actividades de una fase están en directa relación con las actividades de las fases siguientes por lo que se necesita gran coordinación entre estas. Ejemplos de fases son: excavación, fundaciones, estructura y terminaciones.



Esta etapa es de gran ayuda ya que es una instancia para que todo el equipo pueda entender, discutir y coordinar en forma dinámica la planificación general de la obra.

No es necesaria la implementación del plan de fases en proyectos pequeños o simples, pero es de gran ayuda ya que representa una división más detallada del plan maestro. Este análisis se considera como una oportunidad extra para lograr compromisos confiables por parte del equipo en cada etapa del proyecto.

## **Implementación**

El plan de fases se debe realizar en conjunto con el resto de los participantes de la obra identificando los hitos del proyecto. Está diseñado según el método pull por lo que se debe trabajar partiendo desde el hito que se quiere lograr hacia atrás. Se recomienda que se haga en un panel lo suficientemente grande para que el equipo completo lo pueda ver y donde los hitos sean representados por papeles tipo post-it como se muestra en la foto 1:



Foto 1: Pull Planning and the Last Planner

Fuente: The ReAlignment Group

Cada participante de la ejecución de la obra debe comprometerse a ingresar el término o inicio de sus actividades partiendo desde el hito hacia atrás. Los participantes deben utilizar papeles de color o forma diferente que representen su actividad y fecha comprometida. Deben ir poniéndolos inmediatamente antes de la actividad siguiente logrando una serie de compromisos ordenados y presentados al equipo.

### 2.4.1.3. Plan Intermedio

#### Resumen

El proceso de Planificación Intermedia o Lookahead es una programación de asignaciones potenciales para las próximas semanas. El objetivo principal de esta etapa de planificación es controlar los flujos de trabajo, entendiéndose como flujo de trabajo la coordinación de proveedores, diseño, recurso humano, información y prerequisites necesarios para lograr que la producción se lleve a cabo, es decir, para que las actividades se realicen sin inconvenientes.

Esta etapa consiste en explorar los flujos de trabajo de las futuras actividades a ejecutar en un intervalo de tiempo determinado. Este intervalo de tiempo es generalmente de 4 a 6 semanas donde se identifican los flujos de trabajo para cada actividad que se encuentre en este período de tiempo. Este período no suele superar las 6 semanas debido a la gran incertidumbre que se tiene de ahí en adelante (Alarcón 2008). No tiene sentido proyectarse a tan largo plazo ya que existe una alta probabilidad de que las condiciones cambien.

Los flujos de trabajo o requisitos para la correcta ejecución de las actividades se denominan restricciones. Recordemos que estas son posibles problemáticas o actividades previas necesarias que si no son gestionadas o resueltas, pueden afectar el buen desarrollo de una tarea.

La planificación intermedia está encargada de detectar y asegurar que todos los requerimientos de las actividades futuras se cumplan para poder realizarlas sin inconvenientes, es decir, la liberación de restricciones para asegurar el desarrollo normal de una tarea.

Algunas de las funciones principales de esta etapa se mencionan a continuación:

**Determinar velocidades de flujos de trabajo:** Es muy importante poder determinar el tiempo necesario que se necesita para gestionar los requerimientos de materiales, prerequisites, información, etc. que requiere cada actividad para que se ejecute según el programa.

**Balancear Carga de Trabajo y Capacidad:** La carga de trabajo es la cantidad de trabajo que se le asigna a una unidad de producción o cuadrilla en un intervalo de tiempo. La capacidad es la cantidad de trabajo que puede lograr esta unidad de producción en un tiempo determinado. Una buena planificación consiste en igualar la carga de trabajo y su capacidad para lograr una óptima utilización de este recurso. Esta función se analiza con mayor detalle en la planificación de corto plazo.

**Desarrollar métodos detallados de ejecución de trabajo:** A medida que identificamos nuevas restricciones necesariamente agregamos detalles que pueden alterar la ejecución de las actividades.

**Revisar y actualizar niveles de programación:** Debido a que esta etapa posee un mayor nivel de detalle que el plan maestro, conviene actualizar las secuencias de actividades previamente ordenadas en el plan maestro para hacer los cambios si es que son necesarios.

**Mantener un Inventario de Trabajo ejecutable (ITE):** El ITE son las actividades que se encuentran dentro del período de mediano plazo y que se encuentran libre de restricciones. Esto quiere decir que son tareas que poseen una alta probabilidad de poder ejecutarse sin problemas.

## Implementación

El proceso de planificación intermedia consiste en desarrollar las siguientes etapas como se muestra en la figura 2.6 (Alarcón 2008):



Figura 2.6: Proceso de Planificación Intermedia  
Fuente: Elaboración propia

### 1. Definición del intervalo de tiempo

La Planificación Intermedia o Lookahead es una programación de asignaciones potenciales para las próximas 3 a 12 semanas dependiendo de las características del proyecto entre las que se encuentran la confiabilidad del sistema de planificación y tiempos de respuesta para la obtención de información, materiales, mano de obra, etc. Los tiempos de respuesta, es decir, el tiempo entre que se pide la entrada del recurso hasta que es recibida, debe ser identificado para cada actividad durante esta etapa para definir cuánto tiempo de anticipación necesitamos para liberar una restricción.

### 2. Definición de las actividades

Se debe establecer una primera selección de las actividades que se ejecutarán en este período de tiempo. Las actividades se obtienen trayéndolas desde el programa maestro al período de lookahead siempre y cuando estas caigan dentro del período. De esta selección se obtiene un mayor nivel de detalle de las actividades proporcionando mayor clarificación para la identificación de restricciones.

Recordemos que el Lookahead es una instancia de revisión y actualización de las tareas provenientes del programa maestro, por lo que es necesario revisar la secuencia de actividades y el balance de carga y capacidad. Lo anterior permite identificar con mayor claridad las posibles restricciones con las que nos podemos topar durante la ejecución de las actividades, haciendo más confiable nuestra planificación.

### 3. Balance de carga y descarga

Como se explicó en el resumen, las actividades que ingresan al Lookahead deben ser revisadas por el UP para determinar si los recursos necesarios para desarrollar la actividad se encontrarán disponibles.

#### **4. Análisis de Restricciones**

Cada actividad contenida dentro del Lookahead tiene restricciones asociadas que impiden el correcto desarrollo de la actividad. El análisis de restricciones consiste en identificarlas y diseñar una estrategia para levantar o liberar esta restricción. Esta estrategia debe ser llevada a cabo por una persona que tenga la capacidad de hacer la gestión necesaria para poder liberar la restricción en el tiempo requerido.

Algunos de las restricciones más comunes en la industria de la construcción se mencionan a continuación:

- **Diseño:** Relacionada a la falta de planos y detalles que se necesitan para realizar la tarea.
- **Materiales:** Relacionada a la falta de materiales en terreno por parte del proveedor.
- **Falta de Cancha:** Relacionada al despeje del área de trabajo que impide empezar o continuar con la tarea.
- **Mano de Obra:** Relacionada a la falta de recurso humano que impide alcanzar los rendimientos establecidos según la planificación.
- **Equipos:** Relacionada con la falta de equipos necesarios para realizar la tarea.
- **Pre-requisitos:** Relacionada a las tareas anteriores necesarias para desarrollar la tarea.

El análisis de la restricción involucra dos procesos claves: Revisión y Preparación

#### **5. Revisión o Screening**

Consiste en determinar la entrada de las actividades al periodo de lookahead dependiendo si sus restricciones pueden ser liberadas dentro de la duración establecida para el lookahead. Luego se debe determinar el estado de las tareas con respecto a sus restricciones para verificar si es posible liberar estas restricciones antes de que la actividad programada comience.

El esquema de la figura 2.7 que se muestra a continuación explica de mejor manera lo descrito anteriormente:



Figura 2.7: Proceso de Revisión  
 Fuente: Guía para la Implementación, Alarcón 2008

Se debe identificar con mayor precisión el tiempo necesario para poder liberar la restricción y así poder determinar si es necesario adelantarlas o atrasarlas según programación. Si una restricción no puede ser liberada antes de la fecha de inicio de una actividad, entonces la actividad tendrá que ser retrasada. De esta manera se incluyen los flujos de trabajo dentro de la programación que nos sirven para darnos cuenta si las actividades pueden o no realizarse y generar una planificación más confiable.

## 6. Preparación o Make Ready

Consiste en gestionar las acciones necesarias para liberar o levantar las restricciones encontradas dejando la actividad lista para comenzar.

El responsable de la liberación de la una restricción se encuentra sujeto al tiempo de respuesta de otros actores que le ayudarán a liberarla, por lo que es necesario confirmar el tiempo de respuesta de estos. Si el periodo de respuesta es demasiado largo entonces se deben asignar recursos adicionales para acortarlos o simplemente atrasar la actividad y reemplazarla por otra libre de restricciones.

Una vez que tengamos la certeza de que la restricción fue liberada, podemos incluir estas actividades al Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE), que son las actividades que tienen alta probabilidad de ser cumplidas dado que se encuentran libres de restricciones.

## **7. Inventario de Trabajo Ejecutable**

El inventario de trabajo ejecutable (ITE) son las actividades que se encuentran libres de restricciones por lo que existe una alta probabilidad de que se puedan ejecutar sin inconvenientes.

Del ITE se seleccionan las tareas que se ejecutarán en el plan de corto plazo. La idea es tener un stock de actividades listas para comenzar en caso de que las unidades de producción o cuadrillas terminen sus actividades programadas antes de tiempo o si por alguna razón no se pueden ejecutar. Entonces las cuadrillas pueden acudir al ITE para que se les sea asignada la ejecución de alguna otra tarea. Esto ayuda a mantener un flujo de trabajo constante sin dejar a unidades de producción ociosas.

Todo el proceso descrito anteriormente debe repetirse una vez transcurrido cada periodo de corto plazo permitiendo ingresar nuevas actividades al período del lookahead actualizando el programa permanentemente.

### **2.4.1.4. Plan de Corto Plazo (PCP)**

#### **Resumen**

El plan de corto plazo es la etapa que presenta el mayor nivel de detalle de las actividades antes de su ejecución. Es aquí donde el Último Planificador se compromete a realizar las actividades requeridas.

Consiste principalmente en materializar en el corto plazo las actividades que se encuentran libres de restricciones, es decir, las actividades del ITE que fueron analizadas en el lookahead, considerando siempre los objetivos y metas del proyecto. Esto último quiere decir que aún cuando ejecutamos lo que sólo puede ser ejecutado debemos concentrarnos en alcanzar los avances programados según el plan inicial.

#### **Implementación**

Se deben escoger actividades del ITE ya que estas entregan un flujo de trabajo permanente y confiable asegurando que las actividades PUEDEN ser desarrolladas sin problemas. El Último Planificador debe comprometerse a realizar la ejecución de las actividades según la programación, asegurándose de que su trabajo PUEDE ser ejecutado. De esto resulta un flujo de trabajo confiable con un alto desempeño del sistema de producción (Alarcón 2008).

El sistema Last Planner se sustenta en gran medida de los compromisos de los Últimos Planificadores para disminuir la incertidumbre y aumentar la confiabilidad de los procesos. Esto nos dice que el sistema está basado en un factor humano que puede llegar a ser bastante variable. Se requiere que los involucrados adquieran compromisos para realizar actividades planificadas a conciencia siempre que exista la certeza de que están libres de restricciones, es decir, que provengan del ITE. Así se logra dar confianza al flujo de producción protegiéndolo de la incertidumbre y la variabilidad de procesos.

Luego nos damos cuenta de la importancia de mantener a los integrantes involucrados en los procesos de producción para que logren comprometerse de manera responsable y entregando el máximo avance posible de alcanzar.

En la figura 2.8 se ve representado el proceso con el que se llega al plan de corto plazo:

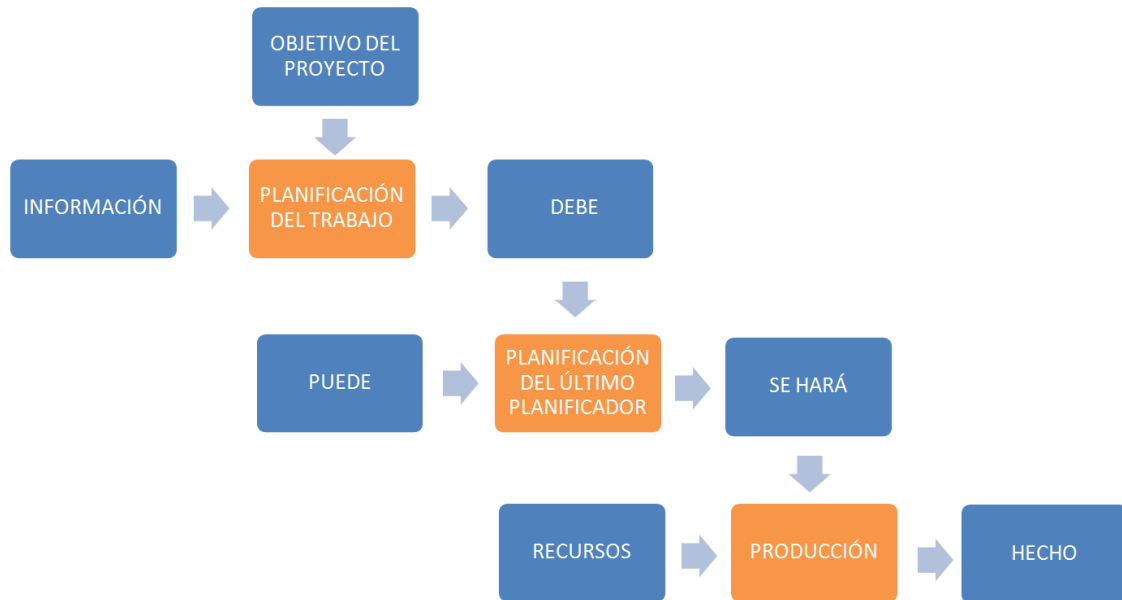


Figura 2.8: Proceso de Plan de Corto Plazo  
Fuente: Guía para la Implementación, Alarcón 2008

Según estudios realizados por GEPUC, se considera un plan de corto plazo eficiente si cumple con los siguientes criterios (Capacitaciones GEPUC 2010):

- La actividad debe ser lo suficientemente clara para identificar sus restricciones, su metodología, de que otras disciplinas depende y cuáles son sus fechas de término.
- El Último Planificador debe tener claro lo que se requiere o necesita para completar la actividad.
- La selección de actividades debe ser hecha en base a la prioridad que cada actividad tiene y según el orden de ejecución verificando si estas variables afectan a actividades posteriores.
- Deben existir instancias de análisis para las causas de no cumplimiento de actividades que no cumplieron el avance comprometido.

## 2.4.2. Cuadro resumen Metodología Last Planner



Figura 2.9: Cuadro resumen de la metodología Last Planner  
Fuente: Capacitaciones GEPUC 2010

## 2.4.3. Indicadores de Last Planner

### 2.4.3.1. Porcentaje de Programa Completo (PPC)

El desempeño del plan de corto plazo del sistema Last Planner se mide con un indicador llamado Porcentaje de Plan Completado (PPC). Este indicador mide si los avances comprometidos por los Últimos Planificadores se lograron durante cada período de corto plazo. Se calcula como el número de compromisos alcanzados dividido por el número de compromisos totales en el período logrando un indicador en unidad de porcentaje (Alarcón 2008). Este porcentaje mide la confiabilidad que se tiene de las actividades programadas según lo que realmente se logró (HECHO) con lo que se pensaba lograr (SE HARÁ).

$$PPC = \frac{N^{\circ} \text{ de compromisos alcanzados}}{N^{\circ} \text{ total de compromisos}} \cdot 100\%$$



En la figura 2.10 se muestra los procesos por los cuales se llega al porcentaje del programa completado:



Figura 2.10: Proceso PPC  
Fuente: Guía para la Implementación, Alarcón 2008

#### 2.4.3.2. Causa de No Cumplimiento (CNC)

Una causa de no cumplimiento (CNC) es la razón por la cual una actividad no pudo ser completada o la razón por la cual la meta comprometida del Último Planificador no pudo ser alcanzada. Deben ser reportadas por los Últimos Planificadores en cada reunión de período de corto plazo identificando el origen de ésta. Muchas veces las CNC reportadas son superficiales logrando encontrar sólo el primer eslabón de una cadena de problemas. Por esta razón las CNC deben ser claras y detalladas para que luego sean analizadas por el equipo y se logre llegar a la Causa Raíz.

En la tabla 2.2 se presentan algunos ejemplos de Causas de No Cumplimiento:

Causas de No Cumplimiento
Mala programación de actividades
Indefinición de Proyecto
Atraso en la entrega de planos
Falta de Materiales
Falta de mano de obra
Falta de equipos
Mala ejecución
Otros

Tabla 2.2: CNC más comunes  
Fuente: Alarcón 2008

El propósito de reportarlas cada Período de Corto Plazo (PCP) es aprender de éstas para no volver a cometer los mismos errores en planificaciones futuras aplicando el concepto de mejoramiento continuo.

### 2.4.3.2.1. CNC Raíz: Los 5 por qué

Una causa raíz es la causa inicial de una cadena de causas sucesivas que llevan a un efecto o problema en particular. Generalmente, la causa raíz se usa para describir el lugar en la cadena en donde se podría implementar una intervención para evitar resultados no deseados.

Para lograr llegar a la causa raíz de la CNC se recomienda utilizar el método de los 5 por qué (Mossman 2004). La técnica de los 5 por qué es un método que consiste en identificar la cadena de eventos que hay tras una CNC haciendo la misma pregunta sucesivamente las veces que sea necesario para lograr llegar al problema verdadero. El objetivo final de los 5 por qué es determinar la causa raíz de un problema en una cadena de eventos. El ejemplo a continuación ayuda a comprender esta técnica de mejor manera:

El problema: *Mi auto no arranca.*

Preguntas sucesivas: ¿Por qué no arranca? *Porque la batería está muerta.*

¿Por qué la batería está muerta? *Porque el alternador no funciona.*

¿Por qué el alternador no funciona? *Porque se rompió la cinta.*

¿Por qué se rompió la cinta? *Porque el alternador está fuera de su tiempo útil de vida y no fue reemplazado.*

¿Por qué no fue reemplazado? *Porque no estoy manteniendo mi auto de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.*

El hecho que la técnica tenga el nombre de los 5 por qué no significa que haya que hacernos exactamente 5 preguntas sino que es una invitación a hacer varias iteraciones para encontrar la causa raíz. Esta técnica se utilizó por primera vez en Toyota durante la evolución de sus metodologías de fabricación, que luego culminarían en el Toyota Production System<sup>2</sup> (TPS). Esta técnica es ampliamente utilizada en muchos ámbitos.

Implementar los 5 por qué parece simple, pero es un trabajo que debe hacerse a conciencia y que puede llegar a costar más de lo que aparenta. Es por esto que al reportar las CNC en las reuniones se recomienda que se anoten con el mayor detalle posible.

---

<sup>2</sup> El sistema de producción Toyota (Toyota production system o TPS) es un sistema integral de producción y gestión surgido en la empresa japonesa automotriz del mismo nombre. En origen, el sistema se diseñó para fábricas de automóviles y sus relaciones con proveedores y consumidores, si bien se ha extendido a otros ámbitos.

### 2.4.3.3. Acciones Correctivas

Una vez identificada la causa raíz del incumplimiento se debe incurrir en acciones que permitan corregir estos incumplimientos de manera de que no se repitan en el futuro. A estas acciones se les denomina acciones correctivas. Se debe designar a un responsable que se preocupe de implementar esta acción cada vez que se repita la situación. Para evaluar el impacto que provoca la acción correctiva se debe designar una fecha de control en el futuro y un responsable de evaluación para saber si esta fue útil o no y si se seguirá implementando. Siguiendo con el ejemplo de la sección 2.4.3.2.1 podemos ejemplificar una acción correctiva:

El Problema: *Mi auto no arranca.*

Causa Raíz: *No estoy manteniendo mi auto de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.*

Acción Correctiva: *Revisar las fechas en que será necesario hacerle las mantenciones al auto y poner un recordatorio en mi agenda.*

Luego, en algún tiempo más se evaluará si el recordatorio en la agenda fue suficiente para evitar que el auto no arranque.

## **3. Obtención de la Información**

### **3.1. Introducción**

La obtención de la información se realizó a través del Centro de Excelencia en Gestión de Producción de la Pontificia Universidad Católica (GEPUC). Este proporcionó la información a través un software computacional llamado IMPERA y facilitó actas o informes de terreno. La metodología y desarrollo de estos serán descritas en las secciones 3.2 y 3.3 respectivamente. También concedió la oportunidad de acompañar a implementadores de GEPUC a las reuniones semanales llevadas a cabo por una empresa constructora que contrató los servicios de implementación del sistema Last Planner. Esta se describe en la sección 3.4.

GEPUC ([www.gepuc.cl](http://www.gepuc.cl)), es una entidad que desarrolla acciones sistemáticas de investigación e implementación de mejoramientos para la empresa. Estos mejoramientos son llevados a cabo con la aplicación de novedosas metodologías de gestión de proyectos basados en el sistema de producción Toyota mejor conocido como Lean Production.

Hoy GEPUC se ha transformado en referente mundial, siendo líderes en Chile y Sudamérica en la implementación de mejoramientos. Han trabajado en más de 60 empresas y cerca de 250 proyectos. Posee una vasta experiencia en gestión de proyectos, a través de la implementación de metodologías de planificación y control, y la aplicación de herramientas específicas en distintas áreas de la ingeniería y gestión consiguiendo los siguientes objetivos: Mejorar la confiabilidad de los plazos y costos, disminuir las detenciones y retrasos de actividades, disminuir la variabilidad de los proyectos, mejorar la productividad, balancear los recursos, optimizar el control.

Algunas de las herramientas y metodologías que utilizan y que son relativas a este trabajo son:

- Aplicación y desarrollo del Modelo Lean Project Delivery System™
- Sistema de Planificación Last Planner™
- Desarrollo de software de planificación llamado IMPERA
- Programación por fases

### **3.2. Software IMPERA**

IMPERA es un software de planificación, seguimiento y control de proyectos que gestiona eficazmente los proyectos ya que incorpora la metodología Last Planner. Fue creado y desarrollado por GEPUC utilizando la vasta experiencia de sus profesionales en el rubro de la construcción y en la metodología Last Planner.

Fue facilitado por GEPUC para extraer los datos utilizados en este trabajo. Contiene información histórica y actual de cada proyecto como; curvas de avance, PPC, CNC, programas semanales, programas intermedios y programas maestro.

### 3.2.1. Indicadores Utilizados

IMPERA requiere que el usuario principal, que generalmente es alguien ligado a la oficina técnica de la obra, ingrese semana a semana (o cada período de corto plazo) una serie de datos proporcionados por los Últimos Planificadores (UP's) para alimentar al software y poder generar una serie de indicadores. Entre los datos ingresados se encuentran las restricciones identificadas por los UP's, que son los responsables de hacer la gestión necesaria para su liberación, los compromisos de avance adquiridos por los UP's y las CNC identificando la causa y el origen de ésta cuando los compromisos adquiridos por los UP's no son alcanzados. El software también ofrece la posibilidad al usuario de ingresar acciones correctivas desarrolladas por el equipo para corregir las CNC encontradas.

Para el desarrollo de este trabajo se utilizaron los siguientes gráficos o tablas:

- Curvas de Avance Real y Programada
- Evolución General del PPC
- Evolución CNC por tipo de Causa
- Distribución de CNC por función
- CNC Acumuladas por tipo de Causa

A continuación se describen brevemente los gráficos y tablas antes mencionados:

- **La Curva de Avance Real y Proyectado:** Se generan en base a las duraciones de las actividades del proyecto completo. El software ofrece la posibilidad de calcular las curvas de avance por separado escogiendo las actividades que queremos que sean consideradas en la curva. De esta manera se pueden escoger las actividades de interés para generar tres curvas en tres etapas consideradas básicas en una obra: Fundaciones, Obra Gruesa y Terminaciones (sección 4.3.2).

En la figura 3.1 se observan las curvas de uno de los proyectos analizados. Se puede observar que el avance real se encuentra por debajo del programado por lo que el proyecto se encuentra atrasado. Utilizando el menú en la parte izquierda de la figura el usuario puede agregar o

excluir las actividades que considere necesario donde su curva de avance real y programada se verá representadas gráficamente.

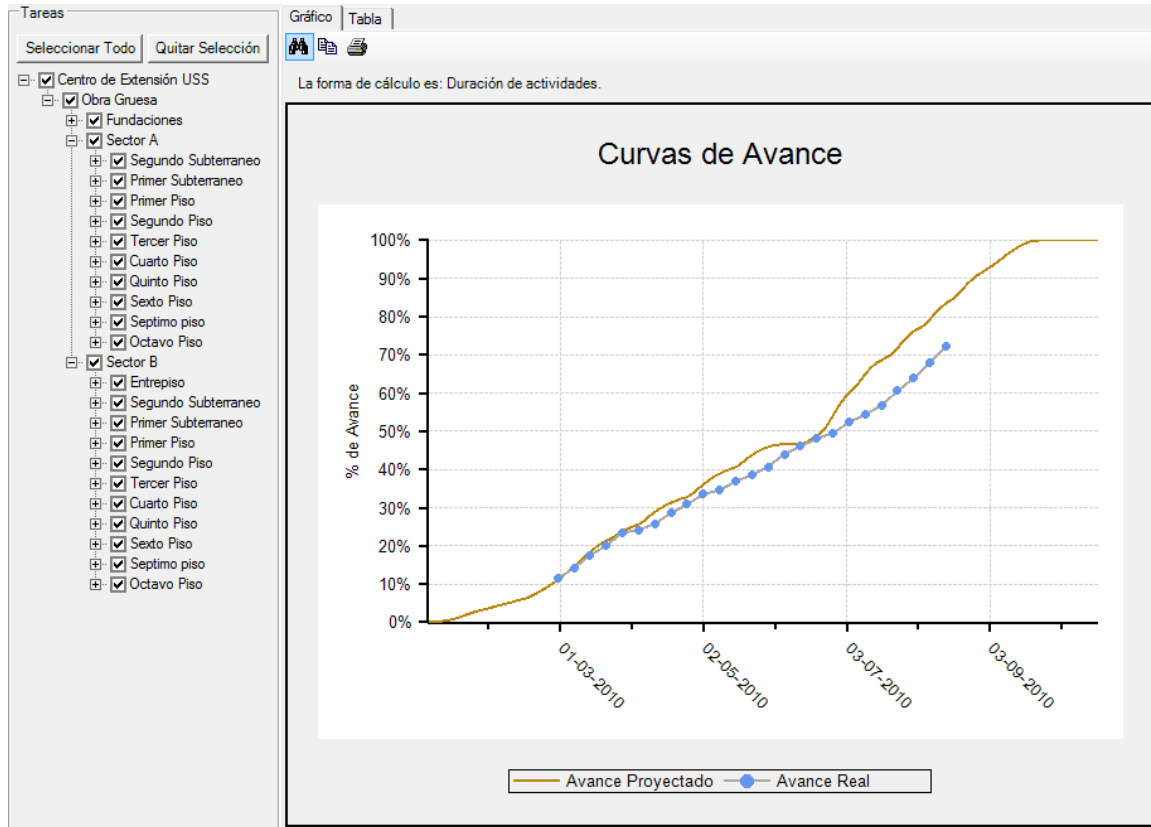


Figura 3.1: Curva de Avance  
Fuente: Software IMPERA

Utilizando esta información se desarrolló el método de identificación de períodos de corto plazo de velocidad de avance deficiente y eficiente. En la sección 4.1 se explica este método de forma detallada.

- **Evolución general PPC:** Muestra en un gráfico o tabla el PPC obtenido de cada período de corto plazo durante el desarrollo del proyecto.

En la figura 3.2 se observa cómo cada punto de la curva representa el PPC obtenido en cada semana o cada Período de Corto Plazo (PCP).

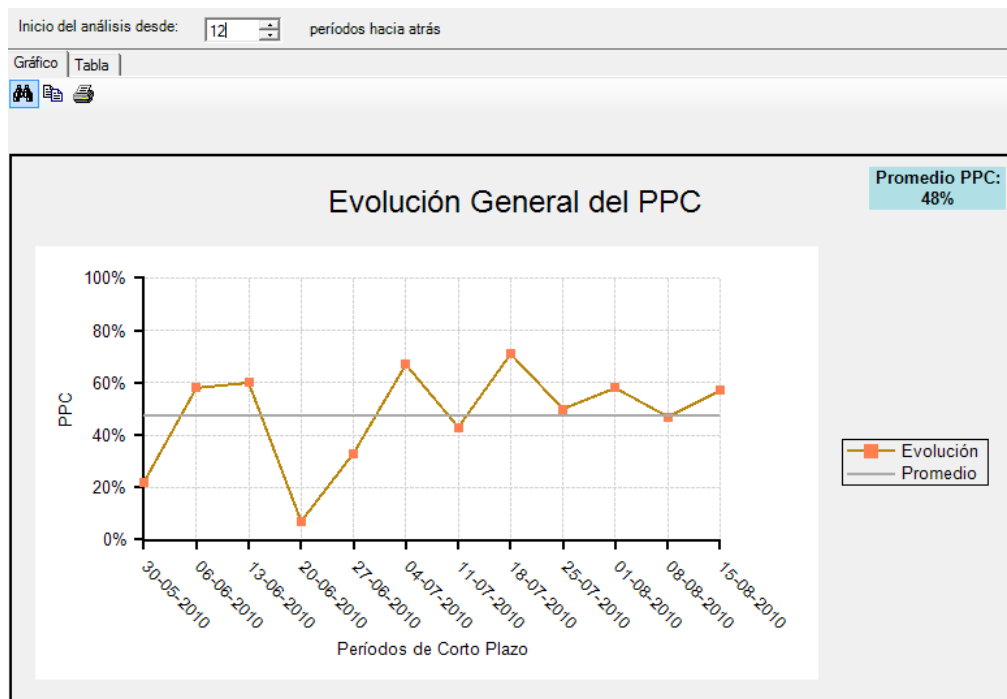


Figura 3.2: Evolución General del PPC  
Fuente: Software IMPERA

- **Evolución de liberación de restricciones:** Muestra la evolución del porcentaje de liberación de restricciones en los diferentes períodos de corto plazo.

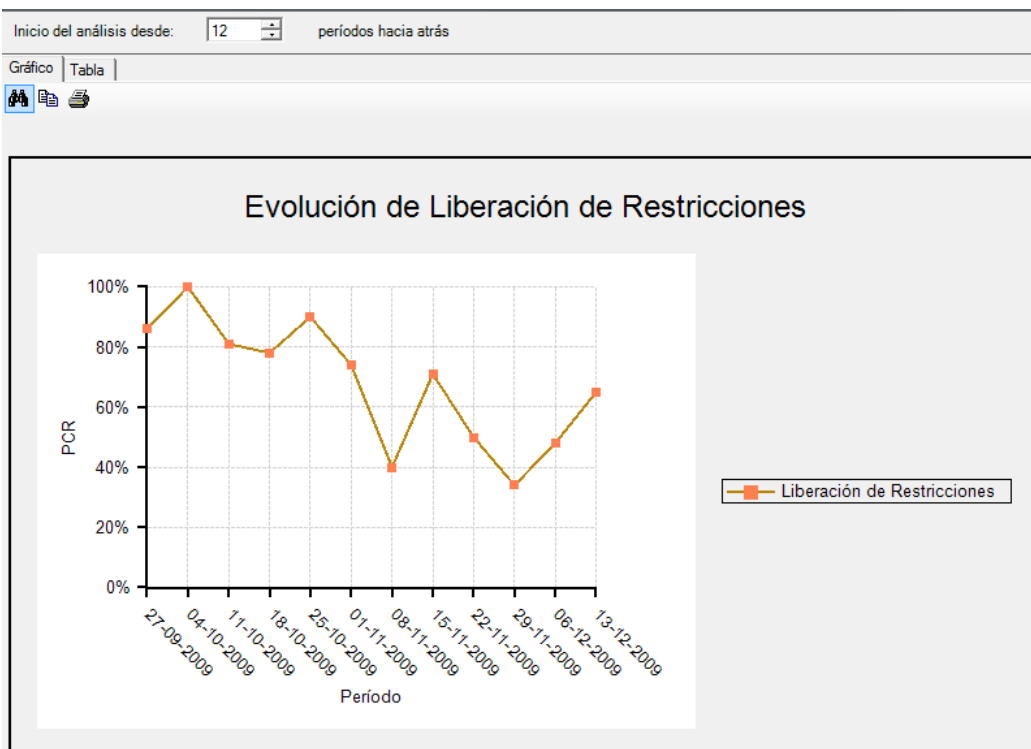


Figura 3.3: Evolución de liberación de restricciones  
Fuente: Software IMPERA

- **Distribución de CNC por función:** Muestra un gráfico o una tabla con las CNC ingresadas en cada Período de Corto Plazo especificando el porcentaje de incidencia de las CNC proveniente según la empresa de origen. La figura 3.4 muestra la distribución de las CNC por parte de la Constructora durante 6 Períodos de Corto Plazo (PCP).

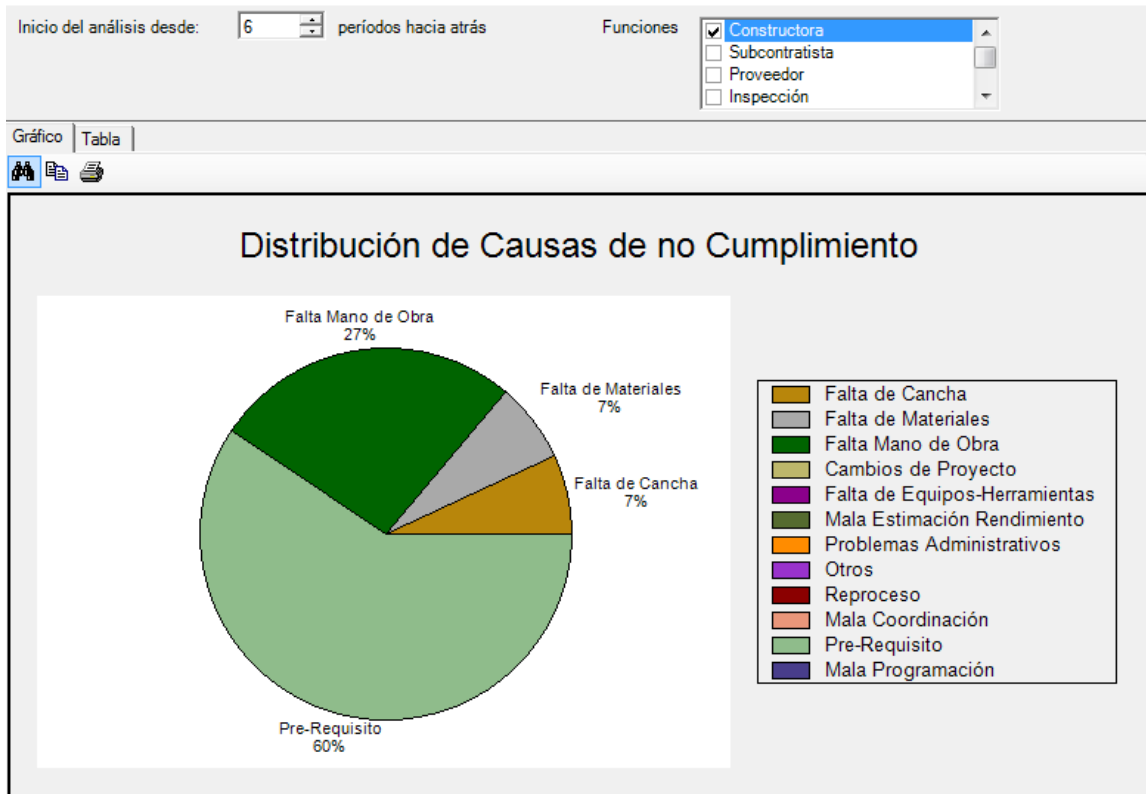


Figura 3.4: Distribución de Causas de no Cumplimiento  
Fuente: Software IMPERA

Esta información se utilizó para obtener las Causas de No Cumplimiento más comunes según la empresa que origina esta causa.



- **Evolución CNC por tipo de causa:** Muestra en un gráfico o una tabla las CNC ingresadas en cada Período de Corto Plazo especificando el tipo de CNC, la fecha de inicio y término del período y el número de incidencias en ese período. Cada punto de la figura 3.5 equivale a un período de corto plazo especificando la fecha del período y el número de CNC registrados en el mismo.

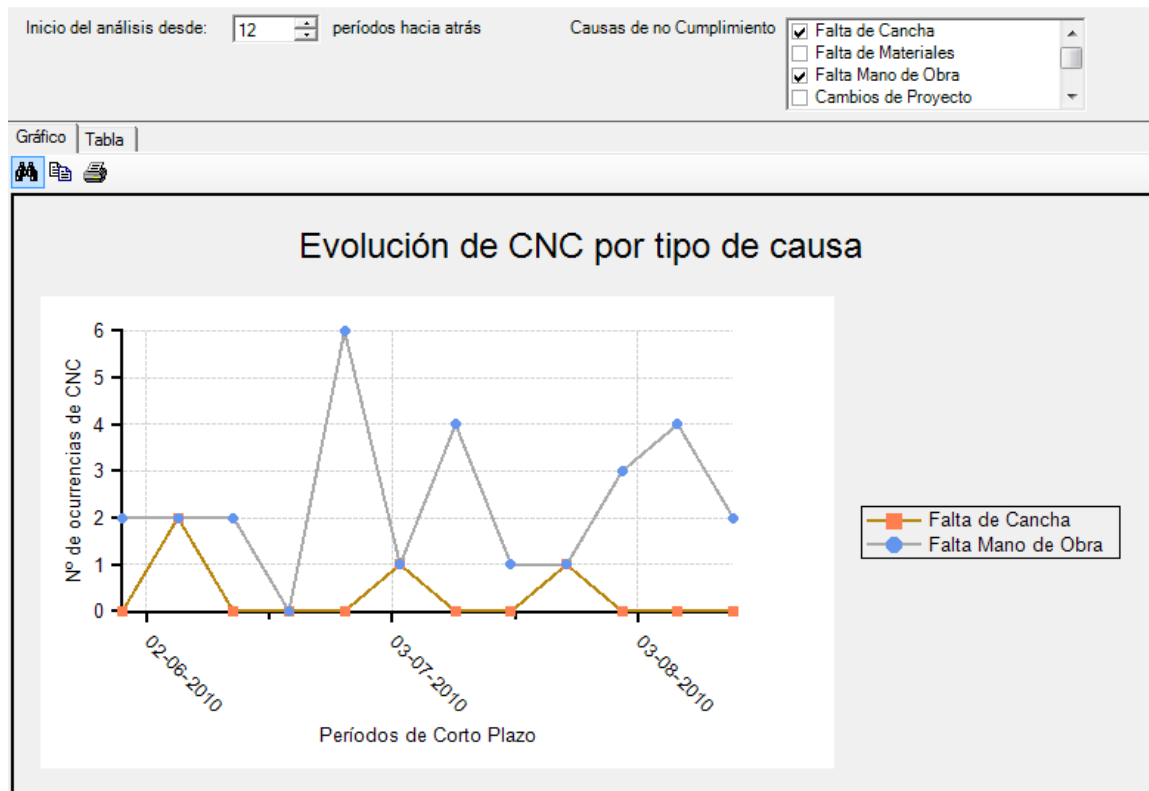


Figura 3.5: Evolución de CNC por tipo de causa  
Fuente: Software IMPERA

Esta información se utilizó para obtener las Causas de No Cumplimiento más comunes en períodos de velocidades de avance deficientes según la etapa en que se encuentre el proyecto: Fundaciones, Obra Gruesa y Terminaciones.

### 3.2.2 Curvas de Avance

Para que el software pueda construir la Curva de Avance Programada y la Curva de Avance Real, se debe considerar la importancia de cada tarea en el proyecto. En IMPERA la importancia viene dada de manera predeterminada según la duración de cada actividad en la línea base. La línea base es la programación inicial del proyecto. Este valor de importancia es utilizado por el software para calcular un ponderador (valor 0 a 100) a cada tarea y utilizarlo para su cálculo.

Este ponderador se calcula para cada actividad según la duración que se le haya dado a cada actividad (en días) en la programación inicial. El cálculo utiliza la siguiente fórmula:

$$K_i = \frac{d_i}{\sum_{j=1}^n d_j}$$

Donde:

$K_i$ : Ponderador (importancia relativa) de la tarea “i”.

$d_i$ : Duración en días de la tarea “i” en la Línea Base.

$d_j$ : Duración en días de la tarea “j” en la Línea Base.

$n$ : Número total de tareas en la Línea Base en el proyecto.

La línea base corresponde a la programación inicial del proyecto.

IMPERA muestra una curva para el Avance Programado y una segunda curva con el Avance Real utilizando el avance reportado por los Últimos Planificadores de sus respectivas actividades. En la figura 3.6 se muestra un ejemplo de ambas curvas utilizando IMPERA:

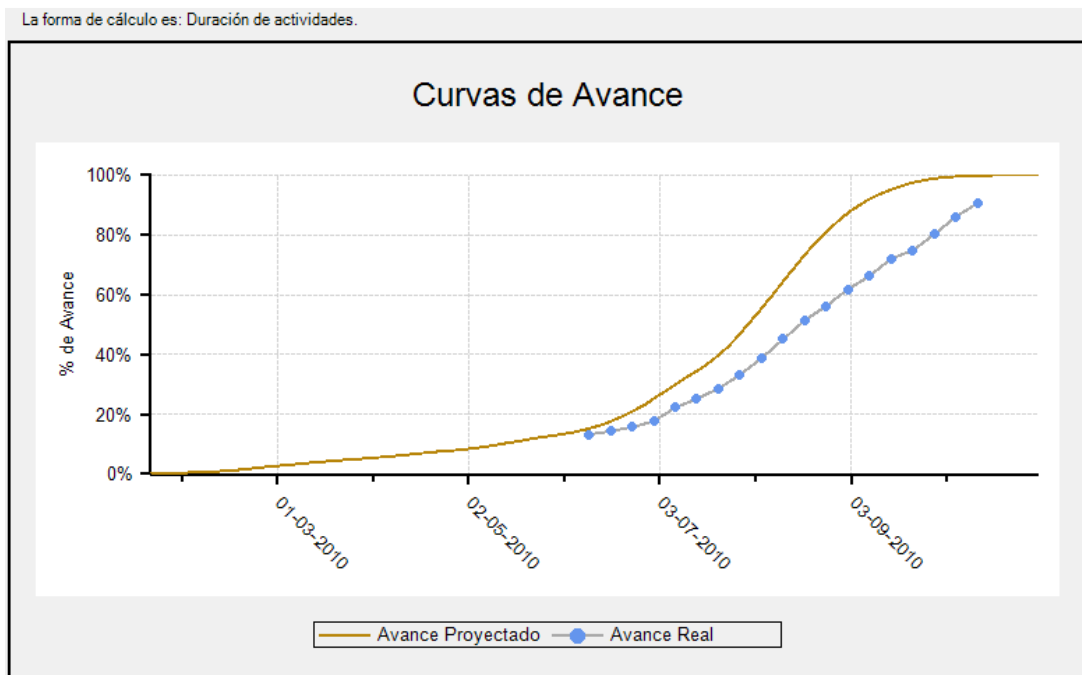


Figura 3.6: Curvas de avance generadas por IMPERA

Recordemos que IMPERA le da la opción al usuario de escoger las actividades que quiere ver representada en la curva de avance tanto programada (o proyectada) como real. De esta manera podemos escoger actividades relacionadas a distintas etapas del proyecto como lo son la de fundaciones, obra gruesa y terminaciones y generar curvas de avance reales y programadas de sólo estas etapas (ver sección 3.2.1).

### 3.2.2.1. Curva de Avance Programada

Corresponde a la curva de avance programada del proyecto, de acuerdo a la programación de tareas inicial del proyecto. Los puntos de la curva de avance programada están formados por el par (t , % teórico de avance del proyecto al tiempo t) , y se calculan de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ teórico de avance del proyecto al tiempo } t = \sum_i K_i \cdot A_{it}$$

Donde:

t: fecha

i: tarea 1...n de la línea base

$K_i$ : Ponderador de actividad i

$A_{it}$ : % avance teórico (según línea base) de actividad i a la fecha t.

Luego para generar la curva se calcula el porcentaje por cada día de proyecto.

### 3.2.2.2 Curva de Avance Real

Corresponde a la curva de avance real del proyecto, de acuerdo a la información de avances ingresadas por los usuarios del software. Los puntos de la curva de avance Real están formados por el par (t , % real de avance del proyecto al tiempo t), y se calculan de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ real de avance del proyecto al tiempo } t = \sum_i K_i \cdot Ar_{it}$$

Donde:

t: fecha de término de período de corto plazo histórico

i: tarea 1...n de la línea base

$K_i$ : Ponderador de actividad i

$Ar_{it}$ : Avance real de actividad i a la fecha t

Luego para generar la curva se calcula el porcentaje por cada período de corto plazo histórico.

Para mayor información visite <http://www.liveprojects.cl/impera/> y revise el manual de IMPERA.

### **3.2.3. Tipos de Proyectos Utilizados**

Se cuenta con un total de 15 proyectos de 4 empresas que han implementado el sistema Last Planner utilizando el software IMPERA. De estos, 11 se pueden considerar del tipo “Edificación en altura” y 4 del tipo “Edificación en extensión”. Los proyectos de edificación en altura son generalmente proyectos inmobiliarios en terrenos pequeños donde la obra se desarrolla de manera vertical. Los proyectos de edificación en extensión son proyectos que necesitan de terrenos extensos donde la obra se desarrolla de forma horizontal utilizando gran parte de éste. Estos datos se utilizarán para la búsqueda de patrones y la generación de rankings de CNC.

Existen proyectos que aún no han terminado y otros que decidieron utilizar el software una vez ya comenzada la obra o proyecto. Por esta razón, no todos los proyectos se encuentran completos y por lo tanto no todos contarán con las tres etapas consideradas para este estudio: fundaciones, obra gruesa y terminaciones (ver anexo II).

Los proyectos considerados cuentan con una cantidad de tiempo promedio de ingreso de información de 4 meses siendo el proyecto con menor información de 2 meses y el mayor de 9 meses. En la tabla 3.1 se muestra un resumen de los proyectos utilizados para este estudio detallando el tipo de edificación, los meses de información con los que se cuenta y las curvas de avance que se pueden obtener con dicha información:

	MESES DE INFORMACION DISPONIBLE	TIPO DE PROYECTO	CURVAS DE AVANCE DISPONIBLE
<b>EMPRESA 1</b>			
PROYECTO 1.1	4	Edificación en Altura	FUNDACIONES - OBRA GRUESA
PROYECTO 1.2	3	Edificación en Altura	FUNDACIONES - OBRA GRUESA - TERMINACIONES

<b>EMPRESA 2</b>			
PROYECTO 2.1	6	Edificación en Altura	FUNDACIONES - OBRA GRUESA
PROYECTO 2.2	3	Edificación en Extensión	OBRA GRUESA - TERMINACIONES
PROYECTO 2.3	4	Edificación en Altura	TERMINACIONES

<b>EMPRESA 3</b>			
PROYECTO 3.1	2	Edificación en Altura	TERMINACIONES
PROYECTO 3.2	5	Edificación en Altura	FUNDACIONES - OBRA GRUESA - TERMINACIONES
PROYECTO 3.3	2	Edificación en Altura	TERMINACIONES
PROYECTO 3.4	4	Edificación en Altura	FUNDACIONES - OBRA GRUESA - TERMINACIONES
PROYECTO 3.5	4	Edificación en Altura	OBRA GRUESA - TERMINACIONES
PROYECTO 3.6	5	Edificación en Altura	OBRA GRUESA - TERMINACIONES
PROYECTO 3.7	4	Edificación en Altura	OBRA GRUESA - TERMINACIONES
PROYECTO 3.8	3	Edificación en Extensión	OBRA GRUESA - TERMINACIONES

<b>EMPRESA 4</b>			
PROYECTO 4.1	4	Edificación en Extensión	OBRA GRUESA - TERMINACIONES
PROYECTO 4.2	8	Edificación en Extensión	FUNDACIONES - OBRA GRUESA - TERMINACIONES

Tabla 3.1: Resumen de Proyectos IMPERA  
Fuente: Elaboración Propia

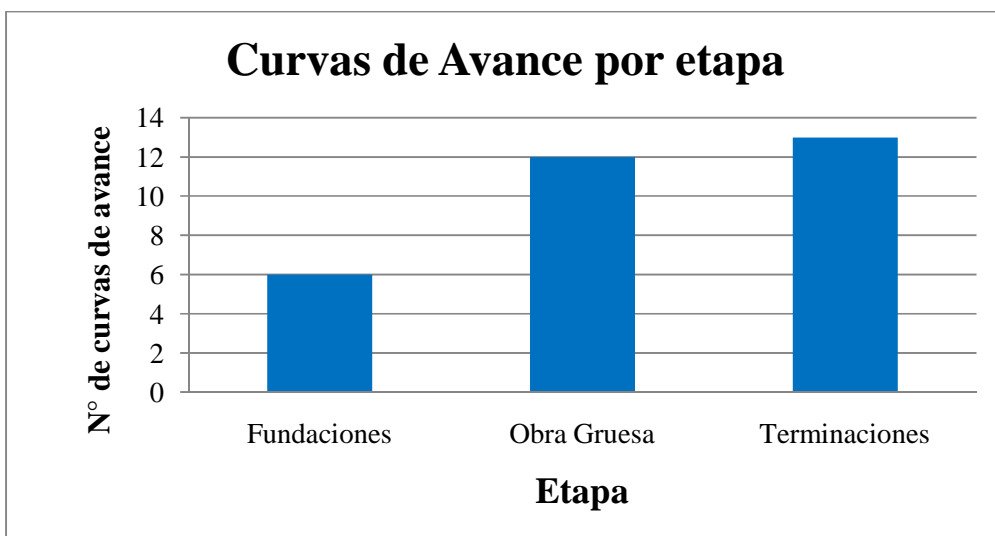


Gráfico 3.1: N° de curvas de Avance por etapa  
Fuente: Elaboración Propia

El gráfico 3.1 muestra en forma ilustrativa las 3 etapas de proyectos y el número de curvas de avance que se pueden generar con la información proporcionada. Haciendo un recuento total de todos los períodos de corto plazo de todos los proyectos se llega a la suma de 251 períodos. Luego también tenemos 251 PPC y PCR (Ver anexo I).

### 3.3. Actas de reuniones semanales o periódicas

GEPUC se especializa en asesorías de Last Planner a empresas de ingeniería y construcción. Para ello, GEPUC cuenta con profesionales de experiencia que implementan el Sistema Last Planner en los proyectos. Los profesionales asisten a las reuniones periódicas que se mantienen en las obras aportando con sus conocimientos y ayudando a lograr una exitosa implementación de la metodología Last Planner.

En cada visita desarrollada por el profesional implementador se deja constancia de la realización de ésta junto con recomendaciones para que sean aplicadas en la próxima reunión. Esta constancia se materializa en un informe de visitas a terreno escrito o acta de aproximadamente 4 páginas donde se destacan: la fecha de realización, tiempos que tomó la reunión, N° de participantes, entre otras.

Las actas estructuradas de la siguiente forma: Primero se revisan parámetros y recomendaciones generales de las reuniones, luego se hace una revisión de los compromisos, análisis de indicadores, análisis de la planificación intermedia, análisis de planificación de corto plazo donde en cada uno de estos ítems se hacen las recomendaciones pertinentes respecto a la utilización del sistema. Finalmente se concluye el acta con recomendaciones generales de la reunión.

Las Actas proporcionadas por GEPUC para el análisis provienen de diferentes proyectos y empresas con las que ha trabajado GEPUC desde los años 2007 hasta 2010. Son aproximadamente 70 actas de 15 proyectos diferentes de un total de 8 empresas. La distribución de éstas se muestra en el Gráfico 3.2:

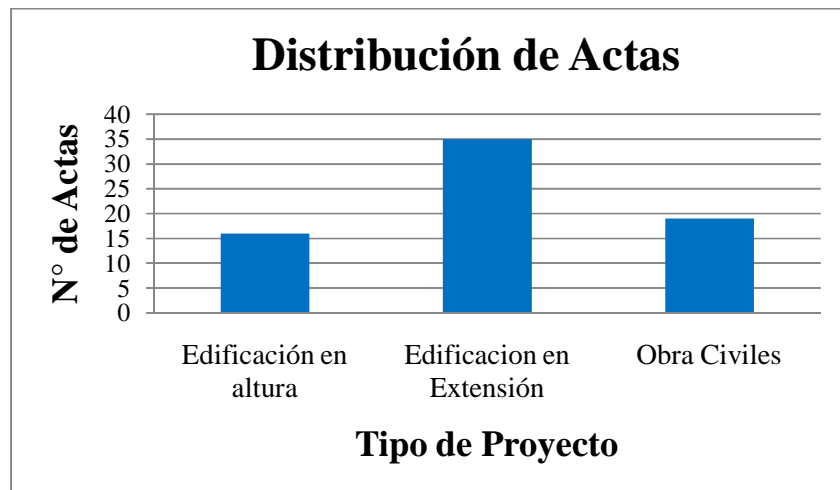
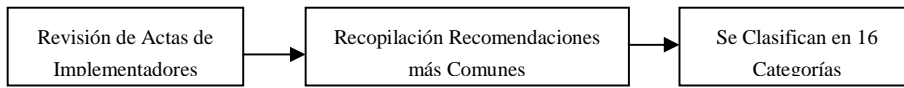


Gráfico 3.2: Distribución de Actas  
Fuente: Elaboración Propia

En el capítulo 5 se encuentra detallado el procedimiento que se utilizó para la extracción y clasificación de las recomendaciones encontradas.

La metodología utilizada se resume en la figura 3.7:



Esquema 3.7: Metodología Actas  
Fuente: Elaboración Propia

### 3.2. Asistencia a reuniones semanales

De manera paralela a este trabajo y gracias a GEPUC se asistió a 6 reuniones semanales de un proyecto de ubicado en Santiago en una destacada empresa constructora dónde se implementó el Sistema Last Planner. La obra fue del tipo edificación en extensión. De estas reuniones se logró llevar de la teoría a la práctica el cómo llevar a cabo una exitosa implementación del sistema y entender de mejor manera las recomendaciones de los implementadores. Por otro lado se asistió a dos reuniones organizadas por GEPUC para identificar las prácticas más útiles definidas por los implementadores de GEPUC.



## 4. Cálculos y Análisis

Este capítulo muestra los cálculos y análisis que se hicieron utilizando los indicadores de IMPERA explicados en la sección 3.2.1. En la sección 4.1 se explica el desarrollo de un método que identifica períodos de corto plazo deficientes o eficientes según su retraso, comparando las curvas de avance real y programada semana a semana (o cada período de corto plazo). Este método es utilizado en las secciones 4.2.1 y 4.2.2 para el desarrollo de patrones que permiten desarrollar capacidades preventivas de retraso. En la sección 4.3 se identificaron las CNC más comunes.

### 4.1. Desarrollo del método de identificación de períodos con velocidad de avance relativa deficiente (períodos críticos) y eficiente

Un proyecto consta de muchos períodos de corto plazo (PCP). La identificación de períodos de velocidad de avance relativa deficiente consiste en identificar los PCP que pertenecen al 20% más lento. De igual forma se identificaron los períodos de velocidad de avance relativa eficiente considerando el 20% más rápido. Recordemos que las pendientes de las curvas de avance de los PCP representan las velocidades relativas con que avanza el proyecto. Luego para identificar estos períodos fue necesario contar con las pendientes reales y programadas de cada PCP utilizando IMPERA. Para calcular las pendientes de cada PCP se necesita el porcentaje de avance y el tiempo que demoró en ejecutarse ese avance. La figura 4.1 muestra en forma visual cómo el software genera las curvas de avance real y programada para cada PCP:

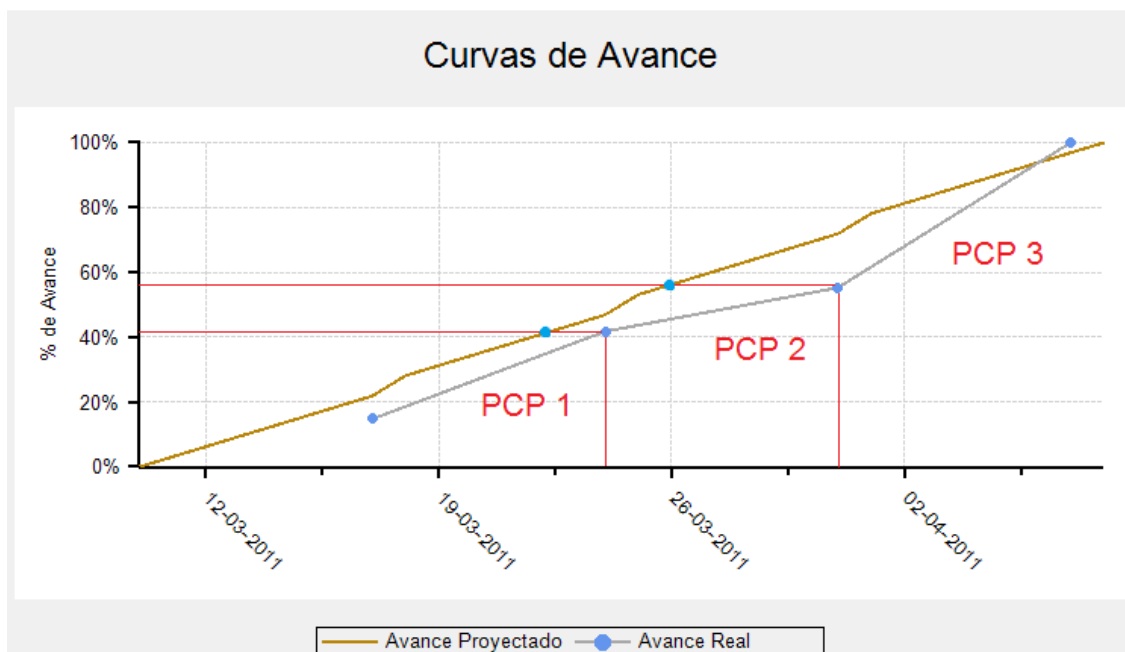


Figura 4.1: Comparación de pendientes en PCP reales y programadas  
Fuente: Elaboración Propia en IMPERA

Se puede observar de la figura 4.1 que el PCP 3 podría considerarse como un PCP eficiente dado que su pendiente real es mayor a la programada. Por otro lado observamos que el PCP 2 podría considerarse como un PCP deficiente ya que su pendiente real es inferior a su pendiente programada.

La curva de avance programada se obtiene de la programación inicial como se explica en la sección 3.2.2.1. La curva de avance real se alimenta del porcentaje de avance real de las actividades que el usuario de IMPERA ingresa cada semana o cada PCP (ver sección 3.2.2.2). Luego, la identificación de períodos de velocidad de avance relativa deficiente y eficiente se hizo utilizando la razón de las pendientes reales con las pendientes programadas para cada PCP. Se hizo esto para el proyecto completo y para las etapas de fundaciones, obra gruesa y terminaciones (ver anexo I y II).

La metodología del cálculo de las pendientes fue la siguiente (ver anexo I y II):

1. Dado que el software entrega sólo el porcentaje de avance real en cada Período de Corto Plazo (generalmente 7 días), se tuvo que buscar de manera manual (utilizando la curva programada) cuántos días estaban programados para lograr el mismo porcentaje de avance real.
2. Una vez obtenido el tiempo (en días) que debió haber demorado el programa en lo lograr el mismo porcentaje de avance real entonces podemos calcular la pendiente de la curva programada.
3. Luego tenemos las pendientes de cada PCP de las curvas reales y programadas. La razón de estas nos identificará si las velocidades de avance son mayores o menores.

En la figura 4.2 se muestra la curva de avance programada y real. Luego, de la manera explicada anteriormente se calculan las pendientes de ambas curvas de avance:

$$m_{proyectada} = \frac{A_f - A_i}{f_{programa} - i_{programa}}$$

$$m_{real} = \frac{A_f - A_i}{f_{real} - i_{real}}$$

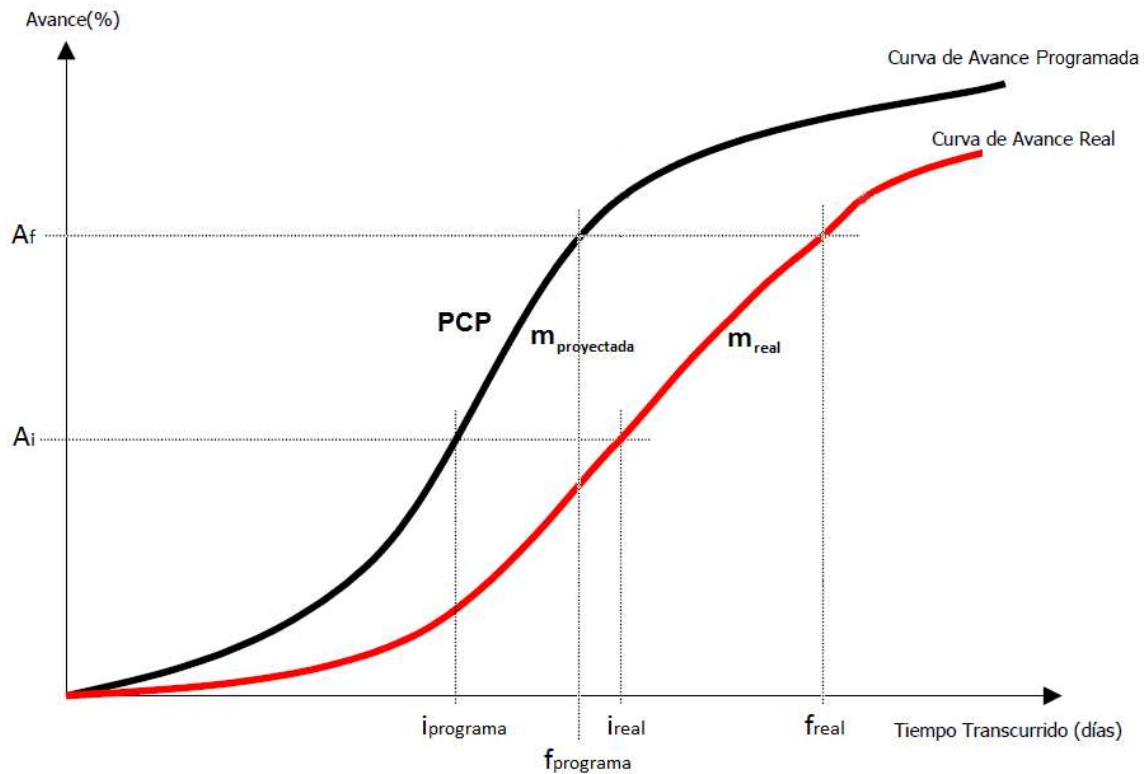


Figura 4.2: Curvas de avance  
Fuente: Manual de IMPERA

Donde:

$A_i$  = Porcentaje de Avance inicial

$A_f$  = Porcentaje de Avance final

$i_{programa}$  = Fecha de inicio según programa

$f_{programa}$  = Fecha de término según programa

$i_{real}$  = Fecha de inicio real

$f_{real}$  = Fecha de término real

Una vez obtenidas las pendientes se obtiene la razón entre ellas para saber si el proyecto se está desarrollando según a lo planificado.

Si la razón de las pendientes es inferior a 1 entonces significa que el proyecto se está atrasando ya que su rendimiento es inferior al programado y por lo tanto la curva real se aleja de la programada.

$$\frac{m_{real}}{m_{proyectado}} < 1 \rightarrow \text{Velocidad de avance menor a lo proyectado}$$

Por el contrario si la razón es mayor a 1 entonces el proyecto se está adelantando al programa y la curva de avance real se acerca a la programada.

$$\frac{m_{real}}{m_{proyectado}} \geq 1 \rightarrow \text{Velocidad de avance mayor a lo proyectado}$$

Considerando la razón de las pendientes, se identificaron los períodos de mayor y menor velocidad relativa para cada proyecto considerando los dos mayores deciles (20% superior) y los dos menores deciles (20% inferior) respetivamente. Este cálculo es independiente para cada proyecto, es decir, para cada curva. La aplicación de los deciles se hizo mediante la función PERCENTIL(Conjunto de datos; N° del centil) de Microsoft. Excel.

Los deciles son los nueve valores que dividen la serie de un conjunto de datos ordenados en diez partes iguales. Los deciles entregan los valores correspondientes al 10%, al 20%... y al 90% de los datos. La forma de calcularlos es la siguiente (DEMRE 2008):

1. En primer lugar se debe buscar la clase donde se encuentra  $\frac{k \cdot n}{10}$  utilizando las frecuencias acumuladas de los datos. Con esto identificamos el límite inferior de las clases  $L_i$ .
2. Luego utilizando la fórmula mostrada a continuación calculamos los deciles:

$$D_k = L_i + \frac{\frac{k \cdot n}{10} - F_{i-1}}{f_i} \cdot a_i$$

Donde:

$$k = 1, 2, \dots, 9$$

$L_i$  = Límite inferior de la clase del decil  $k$

$n$  = Cantidad total de datos

$F_{i-1}$  = Frecuencia acumulada de la clase que antecede a la clase del decil  $k$

$a_i$  = Longitud del intervalo de la clase del decil  $k$

#### 4.1.1. Criterios considerados para representar las curvas de avances

Debido a que el método de identificación de velocidades relativas de avance considera siempre el 20% de los menores valores y el 20% de los mayores valores, entonces los recursos utilizados se vuelven independientes de este método. Esto ya que las pendientes de cada PCP serán relativas al

mismo proyecto por lo que no importa cuántos recursos se hayan inyectado al proyecto, siempre se considerará el 20% superior e inferior para la identificación de los PCP.

Sin embargo, de igual forma se investigó que al menos el 60% de los proyectos utilizados en este estudio utilizaron los mismos recursos con los que fueron programados.

Las curvas de avance utilizando software fueron cuatro:

- Curva de avance general (ver sección 4.2 y 4.3.1): Se obtuvieron las curvas de avance programada y real considerando el proyecto completo.
- Curva de avance de la etapa de fundaciones (ver sección 4.3.2): Se obtuvieron las curvas de avance programada y real considerando actividades de excavación, emplantillado, fierro, moldaje y hormigón.
- Curva de avance de la etapa de obra gruesa (ver sección 4.3.2): Se obtuvieron las curvas de avance programada y real considerando actividades de enfierradura, moldaje y hormigón.
- Curva de avance de la etapa de terminaciones (ver sección 4.3.2): Se obtuvieron las curvas de avance programada y real considerando actividades de instalaciones sanitarias, eléctricas, gas, pinturas, tabiques, terminaciones, cerámicas, muebles, puertas, marcos, entre otras.

Las actividades ingresadas por los usuarios del software para generar las curvas de avance son diferentes en cada proyecto y dependen de cada programador. Por lo anterior, las actividades descritas anteriormente para categorizar las curvas de avances por etapa son actividades generales que se consideran representativas de cada etapa ya que son las más comunes en todos los proyectos.

## **4.2. Patrones que permiten desarrollar capacidades preventivas de retraso**

Para el desarrollo de estos cálculos se utilizaron 15 proyectos de los cuales 11 son del tipo edificación en altura y 4 del tipo edificación en extensión.

### **4.2.1. Análisis de PPC**

Cada período de corto plazo tiene asociado un PPC, luego para este análisis se identificaron los PPC de los períodos de velocidades de avance deficientes y eficientes encontrados utilizando el método propuesto en la sección 4.1. Se utilizaron las curvas de avance general (ver anexo I y II) o de los proyectos completos o generales, ya que el PPC se calcula incorporando todas las actividades dentro del período de corto plazo y por lo tanto son representativos de todo el período.

Se compararon los PPC de períodos con velocidades de avance eficiente y deficiente ordenándolos según sus deciles y graficándolos en 2 curvas. Recordemos que los deciles son los nueve valores que dividen al conjunto total de datos ordenados (Ver anexo III) en diez porciones iguales como se muestran en la tabla 4.1. Se utilizaron los deciles para este análisis ya que la cantidad de datos encontrados de períodos de velocidades eficientes y deficientes son distintos por lo que es necesario estandarizar los datos para poder compararlos.

	PPC	
	Deciles Períodos Deficientes	Deciles Períodos Eficientes
	0%	22%
0,1	47%	56%
0,2	54%	64%
0,3	63%	70%
0,4	68%	72%
0,5	73%	76%
0,6	78%	80%
0,7	83%	86%
0,8	86%	91%
0,9	91%	98%
1	100%	100%

Tabla 4.1: Análisis PPC en períodos de velocidades deficientes y eficientes  
Fuente: Elaboración Propia

La tabla 4.1 se lee de la siguiente manera:

- El 50% del total de períodos de velocidades deficientes tienen un PPC inferior a 73%.
- El 60% del total de períodos de velocidad eficiente tienen un PPC inferior a 80%.

Graficando la tabla 4.1 observamos de mejor manera la diferencia que existe entre el porcentaje del plan completado (PPC) de períodos de velocidad deficiente con los de velocidad eficiente:

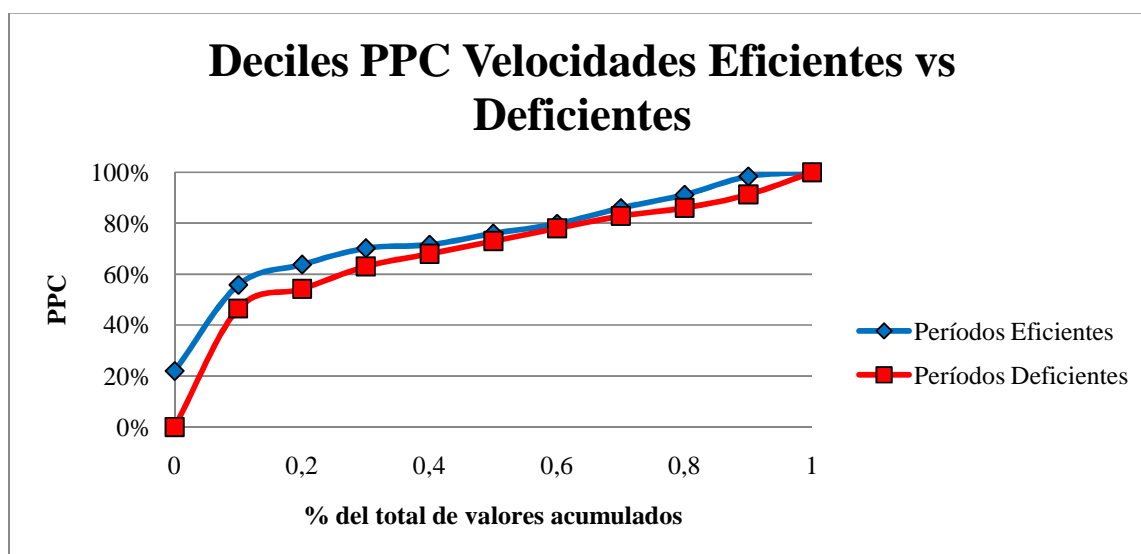


Gráfico 4.1 Análisis PPC en períodos de velocidades deficientes y eficientes

Lo primero que hay que destacar del gráfico 4.1 es que la curva de velocidades eficientes es en todo momento mayor a la curva de de velocidades deficientes. Esto nos dice en primera instancia que existe una directa relación entre el PPC y la velocidad de avance de los proyectos. A mayor PPC, se puede esperar una velocidad de avance mayor del período en cuestión. Por otro lado, notamos que bajo un PPC de aproximadamente 70% las diferencias entre períodos lentos y rápidos son relevantes, mientras que sobre este valor las curvas se asemejan bastante. Esto quiere decir que a menor PPC, las distinciones entre períodos lentos y rápidos pueden llegar a ser más certeras.

Se identificó el porcentaje de aumento entre tramos (deciles) de períodos eficientes y deficientes para destacar las diferencias entre las curvas. Para eso se utilizó la siguiente metodología:

1. Se calculó la razón entre deciles de PPC de velocidades eficientes y deficientes  $\left(\frac{PPC_{ef}}{PPC_{def}}\right)$ .
2. Se promediaron estas razones para obtener el porcentaje de aumento por tramo.

En la tabla 4.1.1 se muestra el aumento en porcentaje de los tramos deficientes a los eficientes.

	Porcentaje de aumento por tramos PPC								
Tramo	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0,5-0,6	0,6-0,7	0,7-0,8	0,8-0,9	0,9-1
Porcentaje de aumento	19%	15%	8%	5%	3%	3%	5%	7%	4%

Tabla 4.1.1: Porcentaje de aumento por tramos PPC

Haciendo un análisis de la tabla 4.1.1 podemos notar que el menor aumento se encuentra entre la brecha del decil 0,5 y 0,7. Si miramos el gráfico 4.1 el valor del PPC en estos tramos se encuentra entre 70% y 80%. Esto quiere decir que los períodos lentos y rápidos se encuentran en la misma proporción cuando el PPC se sitúa alrededor del 70%.

Según implementadores de GEPUC, un buen PPC es considerado de 70% hacia arriba. Recordemos que el PPC es el índice que nos dice en qué porcentaje de nuestros compromisos estamos cumpliendo.

Como dijimos, los deciles de los períodos lentos se encuentran en la misma proporción que los períodos rápidos alrededor de un PPC del 70% (el cual es bueno para un período lento). Esto puede deberse a que los Últimos Planificadores no se están comprometiendo lo suficiente o se están poniendo metas muy bajas y fáciles de cumplir (lo que explica el buen PPC). Sin embargo, el proyecto avanzará por debajo de lo programado (lo que explica el período lento) y por lo tanto el proyecto se atrasará.

Luego, podríamos decir que hay que tener especial cuidado con los PPC entre el 70% ya que es aquí donde es difícil reconocer los períodos rápidos de los lentos. Esto puede deberse a que los Últimos Planificadores se proponen metas de avances inferiores a las del programa.

Por último, y dado que el PPC de los períodos de velocidades eficientes siempre resultó mayor a los deficientes podemos decir que hemos encontrado un patrón común entre los proyectos: A mayor PPC, es muy probable que la velocidad de avance del período en cuestión sea más rápida.

#### 4.2.2. Porcentaje de Cumplimiento de Restricciones (PCR)

Al igual que para el análisis del PPC en la sección 4.2.1, para el análisis de restricciones se utilizarán los mismos períodos de velocidades eficientes y deficientes analizando sus porcentajes de cumplimiento de restricciones o PCR (Ver anexo III).

IMPERA calcula el PCR por cada período de corto plazo. Este índice muestra cómo ha sido la evolución de la liberación de restricciones de los diferentes períodos de corto plazo. Esto permite saber si el programa se está llevando a cabo de manera correcta en cuanto al cumplimiento de responsabilidades.

Se calcula al final de cada período de corto plazo mediante la siguiente fórmula:

$$PCR = \frac{A + B}{C}$$

Donde:

**A:** Número de restricciones liberadas en el período de corto plazo actual, cuya fecha comprometida para su liberación se encuentra dentro del período de corto plazo actual.

**B:** Número de restricciones cuya fecha comprometida de liberación se encuentra dentro del período actual, sin embargo, su fecha de liberación efectiva se realizó en un período de Corto Plazo anterior.

**C:** Total de restricciones, cuya fecha comprometida de liberación se encuentra dentro del período de corto plazo actual.

De esta manera se compararan los períodos de velocidades eficientes y deficientes con sus respectivos PCR utilizando sus deciles (ver anexo III). Los resultados se muestran en la tabla 4.2:

	PCR	
	Deciles Períodos Deficientes	Deciles Períodos Eficientes
	0%	0%
0,1	12%	9%
0,2	25%	43%
0,3	35%	50%
0,4	42%	63%
0,5	50%	71%
0,6	57%	77%
0,7	66%	89%
0,8	78%	95%
0,9	100%	100%
1	100%	100%

Tabla 4.2: Análisis de PCR en períodos deficientes y eficientes  
Fuente: Elaboración Propia



Graficando la tabla 4.2 observamos de mejor manera la relación que existe entre los períodos eficientes y deficientes encontrados.

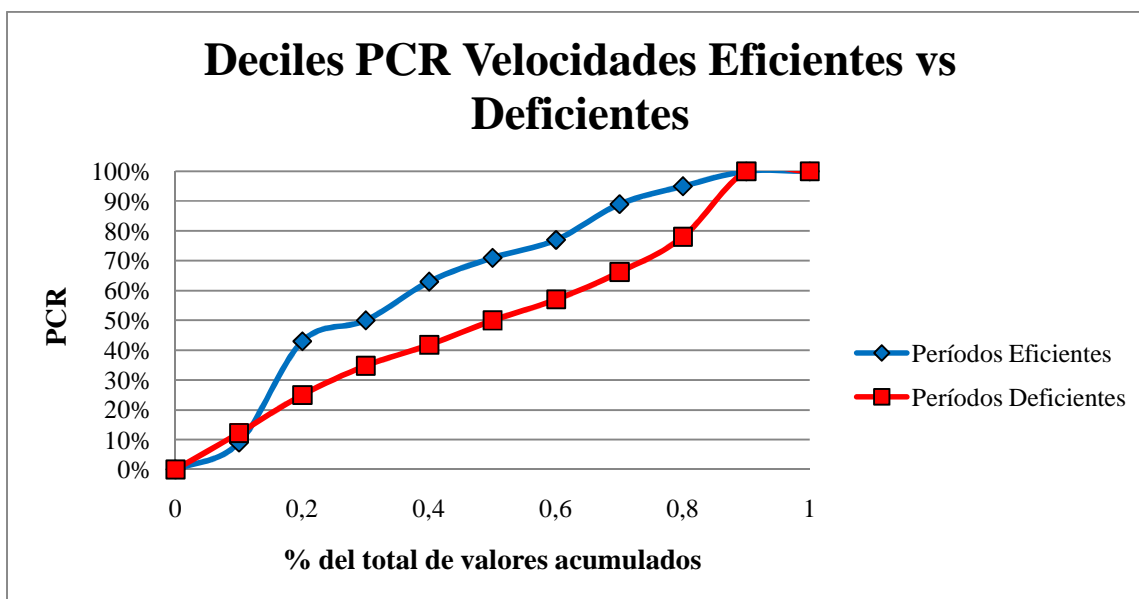


Gráfico 4.2: Análisis de PCR en períodos deficientes y eficientes  
Fuente: Elaboración Propia

Del gráfico 4.2 se observa una clara diferencia entre los períodos de velocidades deficientes y los eficientes. El PCR es indudablemente mayor en períodos eficientes durante todo el desarrollo de la curva a excepción del 10% inferior al total de los valores acumulados. Esto tiene mucho sentido ya que si en un período no se liberan gran parte de las restricciones, entonces es altamente probable que las actividades a ejecutar en el mismo no se logren por completo y esto se vea reflejado en una pobre velocidad de avance y en un atraso en el proyecto.

De la misma manera que la tabla 4.1.1 fue generada en la sección 4.2, se genera la tabla 4.2.1:

Se identificó el porcentaje de aumento entre tramos (deciles) de períodos eficientes y deficientes para destacar las diferencias entre las curvas. Para eso se utilizó la siguiente metodología:

1. Se calculó la razón entre deciles de PCR de velocidades eficientes y deficientes  $\left(\frac{PCR_{ef}}{PCR_{def}}\right)$ .
2. Se promediaron estas razones para obtener el porcentaje de aumento por tramo.

	Porcentaje de aumento por tramos PCR								
Tramo	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0,5-0,6	0,6-0,7	0,7-0,8	0,8-0,9	0,9-1
Porcentaje de aumento	24%	57%	46%	46%	39%	35%	28%	11%	0%

Tabla 4.2.1: Porcentaje de aumento por tramos PCR

De la tabla 4.2.1 se puede inferir que el porcentaje de aumento por tramo es aproximadamente constante durante los deciles 0,2 a 0,8 con un promedio de 42% de aumento.

De los análisis expuestos en esta sección y dado que el PCR de los períodos de velocidades eficientes resultaron indiscutiblemente mayor a los deficientes, podemos decir que hemos encontrado un patrón común entre los proyectos que nos demuestra que el PCR es un indicador temprano de la velocidad de avance de los períodos en cuestión.

#### **4.2.3. Comentarios**

Con respecto al PPC y a la liberación de restricciones se deduce que son indicadores importantes y determinantes al momento de identificar períodos de velocidad de avance eficiente y deficiente. Los resultados muestran que un PPC alto y un porcentaje de liberación de restricciones alto necesariamente se relacionaran con una eficiente velocidad de avance del período y viceversa.

### **4.3. Análisis CNC**

Se hicieron 2 análisis sobre las Causas de No Cumplimiento (CNC). El primero fue categorizar las CNC según su origen, es decir, de dónde provienen y quiénes son los responsables que el compromiso de avance de una actividad no se haya podido cumplir. El segundo fue encontrar las CNC más comunes para 3 etapas esenciales que se desarrollan durante un proyecto: Fundaciones, Obra Gruesa y Terminaciones.

#### **4.3.1. Ranking CNC según empresa de origen**

Para el desarrollo de estos cálculos se utilizaron 15 proyectos de los cuales 11 son del tipo edificación en altura y 4 del tipo edificación en extensión. Se extrajeron las CNC de mayor incidencia según el tipo de empresa vinculada al origen. IMPERA viene cargado de manera predeterminada con cierto tipo de empresas origen entre las que se encuentran la constructora, el subcontratista, el proveedor, la inspección y el mandante. Para este análisis se trabajó con sólo 3 empresas vinculadas al origen:

- Constructora
- Subcontratista
- Mandante

Se escogieron estas 3 pues son las más comunes y representativas de las entidades que interactúan en una obra de construcción.

Se obtuvo el porcentaje de incidencia de las CNC para cada proyecto y por separado según su empresa de origen (Ver anexo IV). Para esto se utilizó el reporte que entrega el software IMPERA “Distribución de Causas de No Cumplimiento por Función” en todos los proyectos y seleccionando las empresas de origen escogidas para el análisis. Una vez recopilada esta información, se sumaron

los porcentajes de incidencia de cada CNC según la empresa de origen y se prorratearon estas sumas para finalmente obtener las 5 CNC de mayor incidencia según la empresa origen.

A continuación se muestran los resultados obtenidos:

#### 4.3.1.1. CNC de mayor incidencia según Constructora

Se utilizaron los 15 proyectos para generar esta estadística.

Constructora	
Causa de No Cumplimiento	INCIDENCIA
Falta de Cancha	33%
Mala Estimación Rendimiento	20%
Falta de Materiales	11%
Falta Mano de Obra	10%
Otros	8%

Tabla 4.3: CNC de mayor incidencia según Constructora  
Fuente: Elaboración Propia

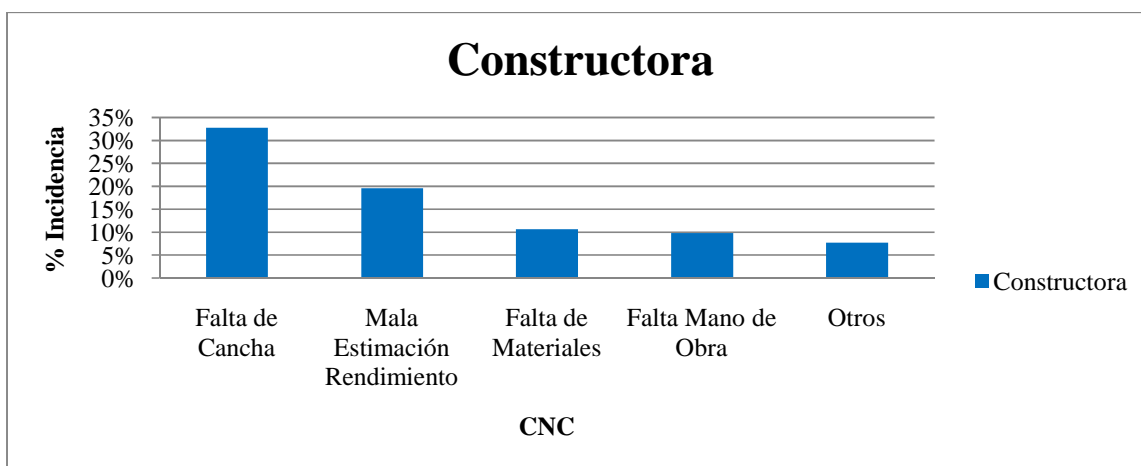


Gráfico 4.3: CNC de mayor incidencia según Constructora  
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3.1.2. CNC de mayor incidencia según Subcontrato

Se utilizaron los 15 proyectos para generar esta estadística.

Subcontrato	
Causa de No Cumplimiento	INCIDENCIA
Falta Mano de Obra	38%
Falta de Materiales	18%
Mala Estimación Rendimiento	14%
Falta de Cancha	13%
Falta de Pre-Requisito	9%

Tabla .4.4: CNC de mayor incidencia según Subcontrato  
Fuente: Elaboración Propia

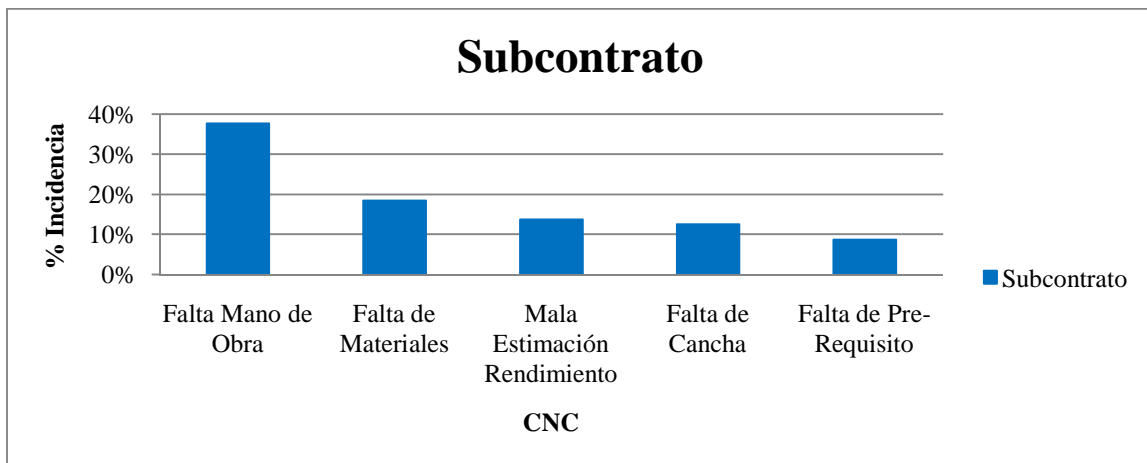


Gráfico 4.4: CNC de mayor incidencia según Subcontrato  
Fuente: Elaboración Propia

### 4.3.1.3. CNC de mayor incidencia según Mandante

Se utilizaron 9 proyectos para generar esta estadística.

Mandante	
Causa de No Cumplimiento	INCIDENCIA
Cambios de Proyecto	54%
Diseño de proyecto	21%
Falta de Cancha	13%
Otros	11%
Falta de prerrequisito	1%

Tabla 4.5: CNC de mayor incidencia según Mandante  
Fuente: Elaboración Propia

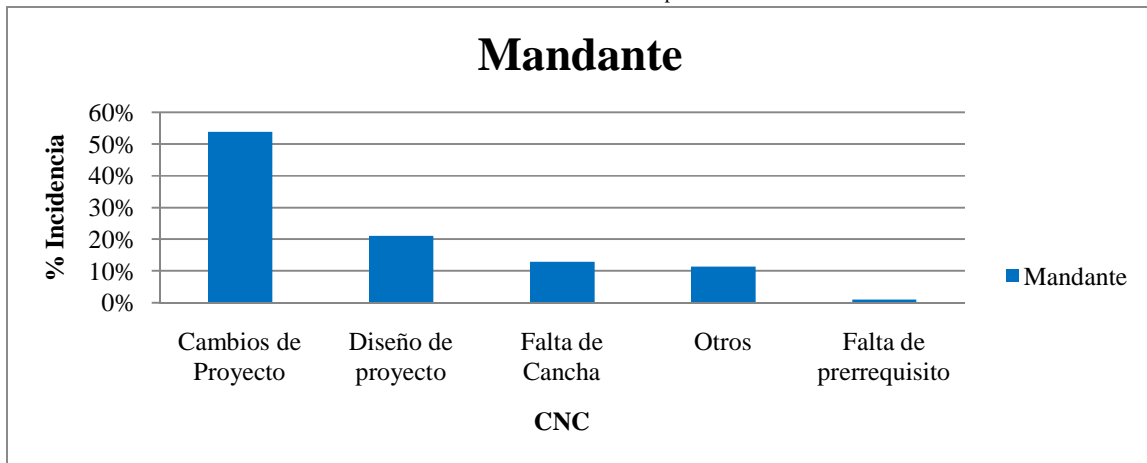


Gráfico 4.5: CNC de mayor incidencia según Subcontrato  
Fuente: Elaboración Propia

### 4.3.1.4 Comentarios

En los gráficos 4.3, 4.4 y 4.5 se observa cuáles son las CNC más frecuentes de los 3 participantes más comunes en el rubro de la construcción: la constructora, los subcontratos en general y el mandante.

La primera incidencia de CNC en las tres empresas (gráficos 4.3, 4.4 y 4.5) destacan por sobre el resto ya que la brecha que existe entre la primera CNC y la segunda es mayor a las que le siguen y por lo tanto las consideramos significativamente más importantes que el resto:

- En el caso de la constructora existe una diferencia de 13% entre la primera CNC y la segunda, siendo mayor que la diferencia que tiene la segunda con la tercera de solo 9%.
- En el caso de los subcontratos esta diferencia es de 20%, seguida por un 4%.

- En el caso del mandante esta diferencia es casi el doble de las siguientes incidencias logrando un 33% seguida de un 8%.

Por lo anterior es necesario destacar la importancia que tiene darle solución a los problemas relacionados con la falta de cancha en empresas constructoras, la falta de mano de obra en empresas de subcontratos y los cambios de proyecto para el mandante:

- Debemos procurar que la constructora esté constantemente revisando y coordinando sus funciones en las áreas de trabajo para evitar obstruir e impedir el trabajo del resto del equipo y no generar CNC de falta de cancha.
- Por otro lado, los subcontratos fracasan en lo que es generalmente la mayor CNC en la industria de la construcción, que es la falta de mano de obra. Se le debe exigir al subcontrato que cuente con mano de obra suficiente para cumplir con los rendimientos sino los subcontratos deben tener la responsabilidad y obligación de informar con anticipación que los rendimientos solicitados no se alcanzarán debido a falta de mano de obra.
- Por último, las mayores CNC originadas por parte del mandante tienen que ver con los cambios de proyectos y su diseño. El mandante es el cliente y debe dejar claro desde un principio cual es su necesidad y cuáles son sus objetivos. Sin embargo, las personas pueden cambiar de parecer pues está en su naturaleza por lo que se debe estar en constantes conversaciones con el cliente para anticiparse a estos cambios antes de que se vean reflejados en malos rendimientos. Por otro lado, la cantidad proyectos que aportaron a generar esta estadística fueron sólo 9. Esto fue así porque hubo proyectos en que no se ingresó CNC donde el origen era el mandante.

Es necesario tomar en consideración que las tres primeras mayorías de CNC de cada empresa representan un 64%, 70% y 88% de los problemas originados por parte de las constructoras, los subcontratos y mandantes respectivamente.

Debemos destacar que para la obtención de los resultados de la constructora y los subcontratos los 15 proyectos fueron utilizados. Para los resultados obtenidos del mandante sólo se utilizaron 9 proyectos dado que los 6 restantes no contenían la información suficiente.

#### **4.3.2. CNC más comunes según etapa: Fundaciones, Obra Gruesa y Terminaciones**

Para el desarrollo de estos cálculos se utilizaron sólo 11 proyectos del tipo edificación en altura. Esto debido a que se estimó que si se consideran sólo proyectos de un tipo (edificación en altura) entonces se obtendría resultados con menor dispersión y de mayor precisión.

Para identificar las CNC se utilizaron los períodos de corto plazo de velocidades deficientes de las curvas de avance de las etapas de fundaciones, obra gruesa y terminaciones. Le llamaremos períodos críticos a los períodos de corto plazo de velocidades deficientes. Para la generación de los cálculos se generaron las curvas de avance de las etapas de fundaciones, obra gruesa y terminaciones. Recordemos que no todos los proyectos con los que se trabajó contaban con la información suficiente para generar las 3 curvas.

Se identificaron los periodos críticos de cada etapa utilizando el método desarrollado en la sección 4.1 y se extrajeron las CNC de estos periodos. En algunos casos los periodos críticos de la etapa de fundaciones coincidían con los de obra gruesa y terminaciones. Esto ocurre dado que las actividades de fundaciones, obra gruesa y terminaciones pueden desarrollarse en un mismo intervalo de tiempo o periodo de corto plazo (PCP). Por lo anterior y dado que las CNC son generales y representan a todo un periodo, se optó por retirar del análisis estos casos para lograr una mejor precisión de los cálculos en estas etapas.

Una vez obtenidos los periodos críticos de cada etapa se ordenaron las CNC por periodo y se calculó el porcentaje de incidencia de cada CNC dentro de su propio periodo. Es decir, pasamos de tener una cantidad de CNC en un periodo, a tener un porcentaje que represente la CNC en su mismo periodo. De esta manera estandarizamos la cantidad de incidencia por periodo dado que existen proyectos donde se ingresaron mayor cantidad de CNC que otros, pudiéndolos comparar sin problemas (Ver anexo V).

Una vez realizado lo anterior calculamos la mediana y el promedio utilizando los porcentajes de incidencia de cada CNC. Con esto obtendremos un ranking ordenado de las CNC de mayor incidencia en la etapa de fundaciones, obra gruesa y terminaciones.

El promedio está afectado por los valores extremos o atípicos y a diferencia de la mediana, puede experimentar desviaciones drásticas a causa de las observaciones muy por encima o por debajo de ella. Por lo anterior, se escogió utilizar la mediana para establecer este ranking ya que a diferencia del promedio, ésta considera el valor que divide al conjunto de datos en la mitad, dejando el mismo número de frecuencias a su izquierda que a su derecha. La literatura recomienda utilizar la mediana por sobre el promedio cuando los datos que se tienen no son parejos ni simétricos siendo éste el caso para este estudio.

Las CNC utilizadas para este análisis fueron:

- Falta de mano de Obra
- Falta de Cancha
- Falta de Materiales
- Mala Estimación de Rendimientos
- Indefinición de Proyecto
- Cambio de Proyecto
- Falta de Prerrequisito
- Incumplimiento de Subcontrato
- Falta de Equipos y Herramientas
- Mala Ejecución
- Mala Coordinación

IMPERA viene con CNC predefinidas, sin embargo, los usuarios pueden crear las CNC que deseen por lo que al momento de revisar las CNC, algunas varían en la denominación, sin embargo, significan lo mismo. Debido a esto, algunas CNC se agruparon en una misma categoría: Las CNC agrupadas en una misma categoría son “Mala Estimación de Rendimiento” con “Mala Programación” y “Diseño de Proyecto” con “Indefinición de Proyecto”.

Recordemos que debido a la poca simetría de los datos con los que se trabajó se ha decidido tomar como parámetro indicador el ranking calculado con la mediana. Sin embargo, al calcular la mediana nos encontramos con valores igual a 0% como se observa en las tablas 4.6 y 4.7. Esto ocurre debido a la gran dispersión de los valores donde muchos de ellos son 0% debido a que no fueron ingresadas CNC. Por esta razón es necesario hacer un análisis más profundo para entender de mejor manera los resultados. Para esto se ha calculado la desviación estándar y el promedio de las CNC.

La desviación estándar es una medida de dispersión para variables de razón y de intervalo, de gran utilidad en la estadística descriptiva. Es una medida que informa de la media de distancias que tienen los datos respecto de su media aritmética, expresada en las mismas unidades que la variable.

En la tabla 4.6 se resumen las 4 CNC de mayor incidencia en períodos críticos según la etapa (ver anexo V):

### Etapa de Fundaciones

FUNDACIONES	MEDIANA	PROMEDIO	DESV EST
Falta Mano de Obra	13%	23%	32%
Falta de Cancha	0%	17%	30%
Falta de Materiales	0%	16%	21%
Mala Estimación Rendimiento	0%	15%	23%

Tabla 4.6: Ranking CNC de Fundaciones  
Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 4.6 podemos identificar que el único resultado mayor que cero, entre las medianas, es la CNC “Mano de Obra”. El resto de las CNC es cero. Esto ocurre debido a que en más de la mitad de los períodos no se reportó esa CNC por lo que la incidencia es cero, luego la mediana cae en 0%.

Por otro lado ocurre algo parecido con la CNC “Mano de Obra”: Existen períodos donde la incidencia de mano de obra es cero y por lo tanto el valor que divide al conjunto de datos por la mitad es 13% como se muestra en el gráfico 4.6. Si miramos el promedio nos damos cuenta que esta CNC es la de mayor incidencia con una diferencia de 6% a la siguiente CNC. El resto de las causas alcanzan una diferencia de sólo un 1%. Sin embargo, la desviación estándar es la más alta de todas alcanzando un 32%.



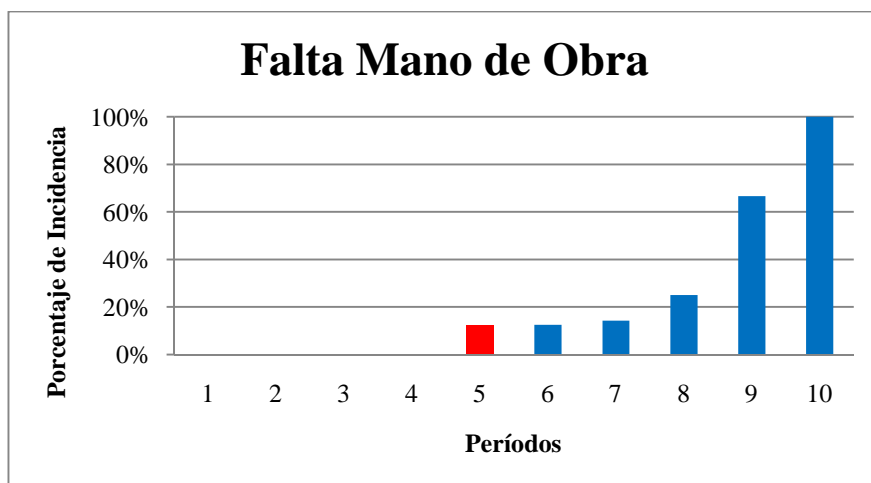


Gráfico 4.6: CNC de mayor incidencia en etapa de fundaciones  
Fuente: Elaboración Propia

Todo lo anterior nos demuestra que existe gran dispersión entre los valores pero debido a que el promedio y la media de la CNC “Mano de Obra” se encuentran en el primer lugar, y a que la diferencia entre primer lugar y el segundo es mayor a las siguientes diferencias de CNC, podemos concluir que la falta de mano de obra es la única CNC que sobresale en la etapa de fundaciones. Del resto de las CNC no se puede concluir nada contundente ya que sus medianas son 0% y la diferencia entre sus promedios es muy pequeña por lo que ninguna otra destaca.

### Etapa de Obra Gruesa

OBRA GRUESA	MEDIANA	PROMEDIO	DESV EST
Falta Mano de Obra	20%	18%	18%
Falta de Cancha	11%	16%	19%
Mala Estimación Rendimiento	0%	23%	31%
Falta prerequisite	0%	16%	25%

Tabla 4.7: Ranking CNC de Obra Gruesa  
Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 4.7 destacamos que el mayor promedio es de la CNC “Mala Estimación de Rendimiento”, sin embargo, según el ranking de la mediana, esta CNC se encuentra con 0%. Al igual que como se explicó en la etapa de fundaciones, esto nos indica que existe una mayor cantidad de incidencias con un valor de 0% que de incidencias mayores a 0%. De la misma manera la dispersión de los datos llega a un 31% (la mayor de las dispersiones) por lo que ese 23% no es representativo.

Por otro lado, la falta de mano de obra posee la menor desviación o dispersión y se encuentra con el mayor porcentaje de incidencia según la mediana. De lo anterior, los resultados nos indican que la “Falta de mano de Obra” es sin duda la CNC que se repite con mayor frecuencia y con menor dispersión.

De la misma manera, si nos fijamos en la CNC “Falta de Cancha” notamos que es el promedio más bajo de incidencias con un 16%. Sin embargo, su dispersión es de las más bajas logrando un 19% y se encuentra con una mediana de 11% logrando un segundo lugar entre las medianas. Luego, podemos considerar que la “Falta de cancha” es la segunda CNC más frecuente después de “Falta de mano de Obra”

### **Etapa de Terminaciones**

<b>TERMINACIONES</b>	<b>MEDIANA</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>DESV EST</b>
Falta de Cancha	27%	29%	26%
Falta Mano de Obra	23%	32%	29%
Mala Estimación Rendimiento	13%	16%	20%
Falta de Materiales	5%	8%	10%

Tabla 4.8: Ranking CNC de Terminaciones  
Fuente: Elaboración Propia

En esta etapa nos encontramos con que la falta de mano de obra sigue siendo la mayor incidencia según los promedios, pero también es la que posee la mayor dispersión de las CNC. La falta de cancha le sigue de cerca con una diferencia de 3% en promedio y en desviación.

Si miramos la falta de cancha, esta se posiciona en primer lugar según la mediana con una diferencia de 4% (mayor a la del promedio) y con una menor dispersión. Luego debido a la mayor diferencia y a la menor dispersión la CNC “Falta de cancha” es la CNC más común en la etapa de las terminaciones. Sin embargo, la falta de mano de obra debe ser también considerada.

Las 2 CNC restantes aunque tengan una menor dispersión que las dos primeras, posee un porcentaje de incidencia significativamente menor (casi el doble en la mediana y en el promedio), por lo que no se deberían considerar.

#### **4.2.3.1. Comentarios**

En conclusión consideramos que las CNC de mayor influencia de cada etapa son:

- Etapa de Fundaciones: Falta de Mano de Obra
- Etapa de Obra Gruesa: Falta de Mano de Obra y Falta de Cancha
- Etapa de Terminaciones: Falta de Cancha y Falta de Mano de Obra

## 5. Directrices y Recomendaciones Obtenidas de Actas

Se leyeron las actas buscando recomendaciones en común entre los implementadores siempre considerando que las recomendaciones fuesen lo más prácticas posibles. También se incorporaron las recomendaciones que podrían generar un aporte a las implementaciones del sistema. Se consideraron también las recomendaciones recopiladas en 2 reuniones entre implementadores realizada por GEPUC cuyo objetivo fue buscar la manera de obtener mejores prácticas de implementación. Las recomendaciones fueron complementadas y desarrolladas para el entendimiento de cualquier persona que no necesariamente está vinculada a la industria de la construcción. La recopilación de recomendaciones anteriores fueron corregidas y validadas por 3 profesionales de GEPUC con gran conocimiento y vasta experiencia en el sistema.

También se asistió a 2 reuniones internas de GEPUC entre los implementadores para desarrollar nuevas ideas de implementación y compartir las experiencias entre ellos. Cada implementador debía exponer tres recomendaciones que le habían dado resultado en implementaciones anteriores y otras tres que no le habían dado resultado.

Las recomendaciones se clasificaron en 16 títulos que representan las recomendaciones y que están ordenados según el orden cronológico que deben llevar las reuniones y revisión de indicadores. Cada título contiene ideas o recomendaciones ordenadas según la importancia que tengan.

Las recomendaciones extraídas se clasifican en los siguientes grupos:

1. Estructura de una reunión de Planificación
2. Reuniones Previas de Planificación
3. Programación por fases
4. Revisión de Compromisos
5. Planificación Intermedia e Identificación de Restricciones
6. Restricciones
7. Plan de Corto Plazo y Toma de compromisos
8. Responsabilidades y Compromisos del Último Planificador (UP)<sup>3</sup>
9. Puntualidad
10. Características que debe tener el Facilitador
11. Indicadores utilizados en Last Planner
12. Causas de No Cumplimiento (CNC)
13. Acciones Correctivas
14. Inventario de trabajo ejecutable (ITE)
15. Documentos que se recomienda entregar
16. Publicación de estado del proyecto

---

<sup>3</sup> Nos referiremos al Último Planificador indistintamente como UP o Último Planificador

## 5.1. Estructura de una reunión de Planificación

- ✓ Una buena reunión debe ser rápida y fluida para lograr los objetivos que necesitamos. Para lograr esto, se debe ser riguroso en la segmentación de las tres etapas definidas por el sistema. En primer lugar se debe hacer una revisión de lo transcurrido en el pasado. Luego se debe mirar hacia el futuro (lookahead) en búsqueda de nuevas restricciones. Por último se revisa el presente donde los Últimos Planificadores se comprometen a realizar tareas para el próximo período.

Lo anterior es explicado en los pasos descritos a continuación:

1. **Revisión de Compromisos:** Se deben revisar los compromisos cumplidos o no cumplidos del periodo de corto plazo (PCP) anterior. Aquí se debe hacer un análisis minucioso del Porcentaje del Plan Cumplido (PPC). También se deben revisar las Causas de No Cumplimiento (CNC) para luego tomar las Acciones Correctivas (AC) para evitar situaciones similares en el futuro.
2. **Identificación de restricciones y preparación del trabajo:** Se deben identificar posibles dificultades o problemáticas que impidan el buen desarrollo de actividades posteriores planificadas en el mediano plazo o Lookahead. Una vez detectadas las restricciones se deben generar compromisos por parte de los participantes para lograr su gestión y liberación en una fecha definida. También se debe hacer una actualización de las actividades del plan de lookahead y el reordenamiento del trabajo según corresponda para preparar el trabajo que se ejecutará en el futuro plan de corto plazo.
3. **Toma de compromisos:** Por último, se debe examinar el período de corto plazo siguiente. Se deben comprometer avances por parte de los participantes según lo programado (lo que se “debe” cumplir según el programa) y lo que efectivamente se puede lograr (lo que se hará según las condiciones). Estos compromisos se revisarán y analizarán en el próximo período.

Se recomienda definir y destacar bien cada una de estas etapas de la reunión y hacer notar las diferencias entre ellas. Si comienzan a mezclarse o a desarrollarse desordenadamente, es probable que la reunión se extienda y los participantes se desordenen impidiendo lograr objetivos concretos en forma rápida y fluida. Por lo mismo se debe respetar el orden en que fueron definidas.

- ✓ En general no existen límites de tiempo entre las etapas, pero se recomienda que el tiempo de distribución sea de la siguiente proporción:
  - **Revisión de Compromisos** (25%)
  - **Identificación de restricciones:** (50%)  
*Esta etapa conlleva mayor cantidad de tiempo pues es en la que se necesita mayor concentración y mayor nivel de entendimiento de los procesos de cada especialidad.*

*Esta etapa forma parte fundamental del sistema Last Planner ya que una acabada identificación de restricciones nos llevará a una planificación confiable.*

- **Toma de compromisos:** (25%)
  - ✓ En general los equipos principiantes de este sistema llevan a cabo reuniones que duran alrededor de 2 a 3 horas. Una vez adquirida mayor experiencia, estas no debiesen durar más de una hora.
  - ✓ Se sugiere que los participantes se distribuyan de forma circular en las reuniones y no mirando a una persona o una imagen proyectada, es decir, que los participantes se miren entre ellos. Con esto se logra una mejor comunicación entre el equipo y en consecuencia una mejor toma de compromisos, logrando una reunión mucho más colaborativa y menos impositiva. Acompañar las reuniones con café y snacks ayuda a tener una reunión más amena.
  - ✓ Debemos motivar a los participantes promoviendo que las reuniones de planificación son una instancia útil para una buena coordinación. Hay que reforzar que el trabajo individual de cada Último Planificador es el primer paso para lograr un buen trabajo grupal.
  - ✓ Se recomienda entregar un plan de mediano plazo impreso con tipos de restricciones para que el Último Planificador pueda detectar otras restricciones de manera individual y pueda informar de este barrido sus propias responsabilidades durante este mes.
  - ✓ Es altamente recomendable la participación del Administrador y de las Jefaturas, durante toda la reunión apoyando el análisis de reportes e identificación de restricciones. Son un ejemplo para todos los demás y deben marcar la pauta de comportamiento y participación. De esta manera se mantiene comprometida e involucrada a los participantes de las reuniones.
  - ✓ Cuando participa el administrador se le da seriedad a las reuniones viéndose reflejado en la puntualidad de estas y menor cantidad de inasistencias. Para lograr esto es necesario incentivar al administrador a que participe (ayudándoles a mejorar su evaluación de desempeño).
  - ✓ Se recomienda que la directiva de la obra mantenga reuniones periódicas con la administración superior. De esta manera La administración superior exige resultados a la directiva de la obra, y esta le exige a los Últimos Planificadores formándose una cadena de requerimientos.
  - ✓ Durante las reuniones no se deben reflejar diferencias en la planificación entre el Administrador, Oficina Técnica y Jefe de Terreno, con esto damos luces al resto del equipo que la información que se entrega no es confiable. Para solucionar esto se recomienda que estos tres actores se reúnan en forma previa a la reunión para validar la información que se discutirá en la reunión.

- ✓ Es normal que se discutan temas técnicos en el transcurso de la reunión, especialmente al revisar CNC, pero se debe recordar que la reunión Last Planner es de planificación, por lo que se deben discutir sólo aquellos temas que son partes de un compromiso, de lo contrario fijar otras instancias para tratar estos temas, ya que esto no incumbe a todos los participantes y afecta el cumplimiento de tiempos y agilidad. El rol del facilitador es fundamental en estas situaciones. Se recomienda anotar de igual forma estas discusiones técnicas para discutir las personalmente al término de la reunión.
- ✓ En general la brecha entre el sistema Last Planner y la implementación en obra radica principalmente en la inclusión limitada de los Últimos Planificadores en la misma planificación. Se sugiere incluirlos entregándoles la responsabilidad de informar sus resultados, comprometer explícitamente su avance semanal, en lo posible escrito por ellos mismos, y entregar durante la reunión las restricciones para sus actividades futuras. Esto permite que se integren y asuman una mayor responsabilidad respecto al impacto de sus acciones en el programa. Para que esto funcione se les debe entregar antes de la reunión en forma escrita el lookahead y las metas semanales de avance.
- ✓ Deben existir métodos que logren explicaciones visuales que potencien y clarifiquen las metas en cada reunión. La idea es que al término de la reunión los Últimos Planificadores tengan claro qué es lo que deben hacer y a qué se comprometieron.
- ✓ Ocurre que no todas las personas se sienten tomadas en cuenta, por lo que hay que dejar espacio a todas las opiniones logrando involucrar de mejor manera a todo el equipo de trabajo (los que tengan mayor o menor peso en el proyecto). El rol del facilitador es fundamental en estas situaciones.
- ✓ Se recomienda preparar la reunión con anticipación, así el facilitador tendrá claro los puntos a discutir y en que temas enfocarse el día de la reunión. De esta manera la reunión se desarrollará de forma ordenada y rápida.
- ✓ Hacer una reunión con todo el personal de la obra para que sepan el compromiso y la importancia que tienen ellos en el cumplimiento de las distintas actividades.
- ✓ Se recomienda hacer revisiones diarias de las actividades críticas con el fin de tomar decisiones inmediatas durante el día para ser ejecutadas en la tarde si es necesario.
- ✓ Nunca está de más aceptar sugerencias escritas o verbales por parte de los participantes por lo que se recomienda dejar un espacio en la reunión para estas sugerencias.

## 5.2. Reuniones Previas de Planificación

- ✓ Se recomienda fijar una reunión Previa de Planificación para realizar el plan propuesto a entregar en la reunión con los UP's. De esta reunión deben salir los documentos entregables del Plan Intermedio y del Plan de Corto Plazo, que serán visualizados en la reunión. Es fundamental la participación de la Administración en las reuniones de terreno y de Oficina Técnica ya que es la instancia donde se reúnen los esfuerzos de avance programado (Administración / intereses contractuales y satisfacción del cliente/DEBE) con la situación actual del proyecto (Jefaturas de Terreno / Lo que podríamos hacer/PUEDE) y finalmente con quien gestiona que las cosas "Puedan" realizarse (Oficina Técnica / Facilitador de Obra/SE HARÁ). Estas 3 entidades representan finalmente todo el proyecto, y por ello deben reunirse a planificar en conjunto.
- ✓ Se recomienda enfáticamente que se lleven a cabo estas reuniones previas, ya que es la única instancia donde se alinea el terreno al programa y podemos inclusive optimizar aún más el rendimiento de nuestro programa.
- ✓ En estas reuniones debemos preparar el trabajo y detectar restricciones, para visualizar un plan mensual que sea la materialización de lo que "debemos" hacer en el proyecto, para finalmente "gestionar el puede" (Plan Intermedio).
- ✓ Implementando una reunión previa, el Plan de Corto Plazo y el Plan Intermedio nacen semana a semana de un buen Plan Maestro, actualizado y limpio. Es importante que el Plan Maestro sea coherente y esté alineado con el Plan de Corto Plazo ya que de lo contrario los objetivos y metas del proyecto no se alcanzarán. Es necesario potenciar las reuniones Previas entre Administrador, Oficina Técnica y Jefe de Terreno. Dichas reuniones son la base de nuestra planificación y nos obligan a actualizar los esfuerzos de avance y a contrastar si la planificación que seguimos es la correcta dándonos los resultados que esperamos.
- ✓ Es necesaria la revisión del Plan Maestro en general, para determinar si lo que se está comprometiendo semana a semana por los UP's es lo que se requiere para avanzar según el programa.
- ✓ Es importante tener claro los rendimientos que se necesitan como proyecto para pedirle a las especialidades (UP's) el personal suficiente para completar las tareas según el programa.

## 5.3. Programación por fases

- ✓ El panel levantado en esta etapa (Ver foto 1 en sección 2.4.1.2) refleja los hitos importantes dentro del proyecto y las distintas especialidades. Es importante actualizar la programación por fases, ya que ésta es una representación dinámica de nuestra Carta Gantt, donde cada papel o Post-it representa una especialidad y a partir de ésta se generan las etapas Periodo de Mediano Plazo y Período de Corto Plazo.

- ✓ Se sugiere basar la reunión en el panel, y potenciar la simbología de post-it con colores según especialidad.
- ✓ Es importante que la Programación por Fases se realice con el equipo de terreno y Oficina Técnica para que el panel se vaya armando en conjunto y cada especialidad agregue los hitos que le correspondan. Así generamos un mayor compromiso de las metas definidas y mayor motivación de los involucrados.
- ✓ El Plan de Fases debe implementarse más de una vez para ir actualizando el programa para ver si las pautas establecidas se siguen cumpliendo.

#### **5.4. Revisión de Compromisos**

- ✓ La revisión de compromisos es la primera etapa que se lleva a cabo en una reunión. Esta etapa debe ser la de menor duración debido a que se habla acerca de lo ocurrido en el período anterior. El pasado sólo nos sirve para recopilar información acerca de cómo evitar que los incumplimientos no vuelvan a ocurrir y realizar un control real sobre nuestro proyecto, es decir, aprender de los errores cometidos. Por lo anterior, los esfuerzos y tiempos deben enfocarse en coordinarnos de hoy hacia adelante, es decir, en la revisión de restricciones y toma de compromisos.
- ✓ En esta etapa se recorre el plan de manera general, deteniéndonos en las tareas en que hubo un incumplimiento y donde el Último Planificador (UP) da cuenta tanto de sus rendimientos como de sus causas de no cumplimiento. Con esta información se genera el indicador Porcentaje de Plan Completado (PPC), se detectan Causas de No Cumplimiento (CNC), se calcula el porcentaje de confiabilidad y el porcentaje de liberación de restricciones. Se deben mostrar los resultados de los indicadores y gráficos del PCP actual para complementarlos con un breve análisis de éstos.
- ✓ Cuando se logran avances superiores a los comprometidos por el UP se recomienda buscar algún incentivo para destacar este logro.

#### **5.5. Planificación Intermedia e Identificación de Restricciones**

- ✓ En esta etapa de planificación se realiza un barrido de las actividades que se deben ejecutar durante plan de mediano plazo con el que se trabajará. Se debe preparar el trabajo para que sea ejecutado en el período de corto plazo.
- ✓ Se debe recorrer este plan y detectar las restricciones asociadas a las tareas que se encuentran en este período. Es fundamental la participación de los Últimos Planificadores



ya que son ellos los que detectan principalmente las restricciones, las que van naciendo a medida que se discute el período.

- ✓ Es importante no dejar información fuera y anotar todas las restricciones asociadas al plan ya que es aquí donde detectamos las actividades de “flujo”, las que generalmente no se contemplan y nos generan los principales atrasos en el proyecto. Por lo anterior se considera que esta etapa es la más importante de la reunión.
- ✓ Si al ir descubriendo restricciones existe exceso de información, se recomienda anotarlas de igual manera ya que como se dijo antes esta etapa es considerada la de mayor importancia durante la reunión y es necesario tener la mayor cantidad de información posible.
- ✓ Una manera de reconocer restricciones de manera fácil es entregando una impresión del Plan de mediano plazo o Lookahead a cada uno de los Últimos Planificadores en cada reunión con el fin de que este recorra el plan de manera individual y se detecten restricciones ya sea durante la reunión o durante el transcurso de la semana. Se sugiere filtrar la impresión por responsable de actividades, de esta manera cada Último Planificador tiene su propio Plan Mensual con solo sus compromisos.

## **5.6. Restricciones**

- ✓ El facilitador debe entender que el objetivo de las reuniones es que los participantes generen acuerdos y compromisos claros, es por esta razón que es necesario comprometer una fecha de liberación de las restricciones asociadas a las tareas y asignar responsables que hagan la gestión necesaria para su liberación a tiempo.
- ✓ Una vez determinados los responsables de liberar las restricciones se recomienda entregar una lista de estas filtrada por responsable y firmada por este último para dejar en evidencia el compromiso adjudicado.
- ✓ La detección de restricciones es una actividad importante y propia de cada Último Planificador (UP). Es el UP el responsable de detectar restricciones con anticipación para que puedan ser liberadas a tiempo. Por lo anterior, se debe apuntar a detectar restricciones más allá del Periodo de corto plazo. Si no es posible tener instancia de identificación de restricciones de mediano plazo se sugiere agrandar el período de corto plazo, así se fuerza el análisis de las actividades con una visión mediano plazo.
- ✓ Para un mejor análisis de restricciones se sugiere ver CNC anteriores y definir cuál de éstas corresponden a restricciones no liberadas o no identificadas para incluirlas en el Plan Intermedio.

- ✓ El compromiso de liberación de restricciones deben ser acciones concretas a realizar. Las restricciones a su vez deben ser específicas para lograr una liberación limpia. El facilitador debe velar por que se cumplan estos requisitos.
- ✓ Es importante hacerle seguimiento a las restricciones una vez identificadas hasta llegar a su solución final. Durante las reuniones pueden aparecer cadenas de restricciones, es decir, restricción tras restricción y es importante que cada eslabón de dicha cadena sea amarrado (con responsable y fecha comprometida), de esta manera disminuimos la variabilidad de que el problema no pueda ser resuelto.
- ✓ Se recomienda analizar los compromisos de avance y la revisión del lookahead por “sectores”, y no por responsables. Ocurre que si los compromisos son analizados independientemente (por responsable o por especialidad), estos no consideran otros factores externos importantes. Por ejemplo, en una reunión luego de comprometer avance para enfierradura, se comprometió para moldaje, dándose cuenta que no iba a ser posible liberar la restricción para la enfierradura. Esto favorece la participación e interrelación entre los actores involucrados. A su vez requiere de un rol protagónico por parte del facilitador para lograr esta coordinación.
- ✓ Un ejercicio para detectar si el UP tiene claridad de nuestro plan y de las etapas de planificación dentro del proyecto es preguntar al Último Planificador si sabe en qué debería estar trabajando en 4 semanas. Si la respuesta es positiva, entonces estaríamos visualizando de manera correcta y anticipada el proyecto.

## **5.7. Plan de Corto Plazo y Toma de compromisos**

- ✓ El plan de corto plazo debe nacer a partir de la Planificación Intermedia, de las actividades libres de restricciones o de restricciones por liberar. En esta etapa es donde los Últimos Planificadores deben comprometerse de manera responsable y realista a avanzar en sus tareas respectivas.
- ✓ Si bien los Últimos Planificadores se comprometen a que sus rendimientos sean los necesitados, se debe llevar a la reunión una planificación que cumpla con los objetivos de avance según el programa. Para lograr esto se recomienda que el Facilitador, la Jefatura de Terreno y el Encargado de Obra tengan una reunión previa donde se discuta como equipo qué plan semanal se quiere materializar, es decir, el plan propuesto a los Últimos Planificadores donde mostramos lo que “podemos” hacer.
- ✓ Un vicio común de la industria de la construcción es la desalineación que existe entre el plan maestro y el plan de corto plazo. Esto se evita manteniendo actualizado el plan maestro. Por lo que es necesario actualizar el plan maestro ante cualquier cambio.

- ✓ Para proponer un buen plan de trabajo se sugiere que se hagan las siguientes preguntas: ¿Qué es lo que se necesita para cumplir con mi programa? ¿Se tienen todas las condiciones para realizarlo? (si no entonces existe una restricción que hay que liberar)
- ✓ Se debe ser capaz de analizar el Plan Propuesto, es decir, ver de qué manera aporta en el avance físico de dicho plan y si éste sustenta finalmente los esfuerzos de avance que necesitamos. De esta manera podemos respaldar nuestra meta y nuestros datos con un plan que sabemos lo que realmente nos va a generar. Se recomienda utilizar el Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE) filtrando y analizando la lista de tareas que se pueden ejecutar y compararlas con las que se programaron y asegurarnos de que estamos logrando el avance que debemos. Así generamos planes de trabajo reales.
- ✓ Una vez que sepamos cuál es el plan que se debe materializar se le pide al Último Planificador que valide la propuesta y verifique si efectivamente puede comprometerse a materializar el plan. Recordemos el carácter comprometido, colaborativo y no el impositivo sobre el Último Planificador.
- ✓ Se recomienda hacerle entrega en papel del Plan de Corto Plazo a cada Último Planificador y pedirlo de vuelta en la próxima reunión. Esto hace que el UP se preocupe de estudiarlo más acabadamente.
- ✓ Los compromisos de los Últimos Planificadores muchas veces son poco específicos, por lo que cuesta controlarlos en la próxima reunión. Se recomienda que los compromisos sean concretos y aterrizados, asociados al proyecto y una unidad de avance que acomode al UP. Lo mismo ocurre con las restricciones, por lo que es necesario definir restricciones con el detalle suficiente para que su liberación se lleve a cabo completamente y no parcialmente.
- ✓ Por último se sugiere analizar el porqué de las variaciones entre el Plan Propuesto y el Plan Comprometido por los Últimos Planificadores. La pregunta que nos debemos hacer es ¿por qué razones o causas no se comprometen ciertas tareas en las que necesitamos avanzar? Respondiendo a esta pregunta podemos desarrollar una planificación de mayor precisión y de mayor confiabilidad.
- ✓ No se pueden tener actividades con 2 responsables. Si el encargado del compromiso no se encuentra presente entonces quien habla por él toma la responsabilidad y es él mismo el que tiene que rendir cuentas en la próxima reunión.

## **5.8. Responsabilidades y Compromisos del Último Planificador (UP)**

- ✓ Cada Último Planificador tiene la responsabilidad y el deber de llevar sus restricciones identificadas a la reunión. En caso de que descubra nuevas restricciones durante la semana deben ser informadas al facilitador y a los responsables.

- ✓ Para cargar responsabilidad a los UP's se les debe dejar claro cuáles son sus metas del mes, se debe enfatizar el "me comprometo" ya sea si es un compromiso de avance o de liberación de restricción y se les debe exigir que personalmente rindan sus cuentas en la reunión.
- ✓ El UP debe tener la capacidad y responsabilidad de decir que no cuando cree que no podrá cumplir con solicitado. La cultura chilena nos juega en contra ya que estamos acostumbrados a decir que sí para satisfacer al que solicita, sabiendo que existe una alta probabilidad de que no cumplamos con nuestra promesa.
- ✓ El Último Planificador debe rendir cuenta de sus compromisos, él debe identificar la CNC raíz de su incumplimiento y reportarlas.
- ✓ Ante actividades críticas se recomienda generar una instancia de revisión del Plan Intermedio de manera personalizada con el responsable de la ejecución de esta actividad, para asegurarnos que haya una detección de restricciones lo más completa posible.
- ✓ Recordemos el carácter comprometido, colaborativo y no el impositivo de los compromisos del Último Planificador. Por lo anterior, la forma de tratar a los UP no es imponiéndoles un plan de trabajo a lograr sino que conversar e identificar de manera conjunta qué es lo que necesita para cumplir con el plan propuesto.
- ✓ Para lograr una reunión eficaz se sugiere que los Últimos Planificadores asistan a la reunión preparados, es decir, con sus requerimientos y compromisos de avance ya analizados.
- ✓ Tal como se les llama la atención a los Últimos Planificadores por motivos de atrasos o incumplimientos, es importante felicitarlos por adelantos y cumplimientos manteniéndolos entusiasmados y haciéndolos partícipes del buen desarrollo del proyecto.

## **5.9. Puntualidad**

- ✓ La puntualidad es sumamente importante al comenzar las reuniones ya que es una manera de hacer saber al resto de los participantes de la importancia de las instancias de coordinación. Por otro lado en el rubro de la construcción el tiempo de los equipos de trabajo es valioso, por lo que asistiendo a tiempo y empezando la reunión a tiempo no frustra a los involucrados e incentiva aún más a participar y a hacer de la reunión una instancia para el equipo. La puntualidad refleja el respeto que se tiene hacia el resto de los participantes y hacia la instancia de reunión. Por lo anterior se sugiere que la reunión comience a la hora, independiente si hay participantes atrasados llamándoles la atención a éstos.

## 5.10. Características que debe tener el Facilitador

- ✓ El rol del Facilitador es fundamental en el éxito de la reunión e implementación. El facilitador debe tomar el rol de “Educador”, “Mediador” y “Motivador”, debe explicar a los Últimos Planificadores en qué consiste cada etapa de la reunión para que las interioricen y participen activamente de éstas. El facilitador facilita y modera la reunión, por ello debe estar atento a lo que se discuta y debe hablar con todos y hacia todos.
- ✓ El facilitador debe ser una persona proactiva y llevadera. Debe poder relacionarse y entender las dificultades de los participantes. Debe ser respetado y tener decisión de mando. Debe manejar la reunión de manera que los Últimos Planificadores se sientan responsables de sus acciones, incentivando su participación.
- ✓ La planificación no debe recaer exclusivamente en su rol, sino como bien dice su nombre “facilitar” el control y la planificación del proyecto. La planificación les corresponde a todos, por ello es importante no encapsularla en una sola persona.
- ✓ El facilitador en ocasiones necesita ayuda para anotar las restricciones que se detectan durante la reunión. Esto ocurre generalmente cuando existen muchos involucrados en el proyecto por lo que se sugiere que haya 2 facilitadores donde uno anota restricciones (Oficina Técnica) y compromisos, mientras el otro dirige la reunión (Jefe de terreno).
- ✓ El facilitador debe entender las reuniones como acuerdos que se irán tomando a lo largo del proyecto, por esta razón, todos debemos asociarla a una instancia donde existirán responsables y fechas a comprometer: Lo cual es una liberación de restricción o un compromiso de avance.
- ✓ El facilitador debe saber manejar al equipo y por lo tanto debe saber cómo dirigirse a él. Cambiar el término de “culpa” a “responsable” es una eficaz manera de lograrlo ya que el término culpa crea cierto temor y hace que haya poca participación de los UP’s
- ✓ Para lograr un buen trabajo en equipo, es necesario que el equipo valide a su facilitador.
- ✓ Es necesario contar con un facilitador que sea influyente (potente) y comprometido con la implementación dentro de la organización. Esto se logra escogiéndolo desde el principio, y que no se cambie a lo largo del proyecto.
- ✓ Muchas veces el sistema se malinterpreta incitando a los participantes a comprometerse a lo que pueden hacer dejando de lado lo que deben hacer según lo planificado. Esto se ve reflejado en un cumplimiento de los compromisos (100% de PPC) pero en un mal rendimiento del proyecto (atrasos según PM). Hay que potenciar el DEBE sin dejar de lado a cuanto PUEDE comprometerse el ejecutor (hay que encontrar un equilibrio entre el DEBE y el PUEDE).

## 5.11. Indicadores utilizados en Last Planner

- ✓ Los indicadores se deben analizar durante la etapa de revisión de compromisos. Los indicadores analizados son:
  - PPC: Porcentaje Plan Completo
  - CNC: Causa de No Cumplimiento
  - Curva de avance: Porcentaje de avance del proyecto.
  - Porcentaje de confiabilidad: Evolución de liberación de restricciones por participantes.
  
- ✓ El análisis de CNC debe apuntar hacia como disminuir las CNC y qué acciones correctivas se están realizando para disminuir los incumplimientos.
  
- ✓ Se deben generar planes de trabajo reales, de lo contrario si el plan propuesto es muy ambicioso, los indicadores de cumplimiento siempre serán desalentadores. Tampoco se trata de comprometer poco para aumentar %PPC y atrasarse en la programación, si no de comprometer lo que realmente puede y debería poder hacerse.
  
- ✓ Es importante generar un seguimiento de las restricciones y verificar si estas fueron finalmente liberadas en la fecha comprometida de manera de alimentar los reportes de Porcentaje de Confiabilidad.
  
- ✓ Si bien el PPC no es el único indicador en el sistema Last Planner, un PPC bajo refleja una mala calidad en los compromisos que se adquieren por lo que podría impactar negativamente en el avance de la obra. Por esto, es recomendable apuntar a obtener un PPC alto ya que será reflejo de que se están tomando compromisos confiables y reales.
  
- ✓ El PPC jamás se debe analizar de manera independiente ya que el PPC por sí solo nos puede entregar información insuficiente que podemos mal interpretar. La información obtenida del PPC debe ser cruzada con el porcentaje de avance de esa semana, es decir, con la curva de avance. Un ejemplo de esta mal interpretación sería si tenemos un PPC sobre un 90% (vale decir, cumplimiento casi completos de nuestro plan planificado la semana anterior), pero analizando la curva de avance y viendo diferencias entre las metas programadas del proyecto, concluimos que el Plan Propuesto semana a semana no se está materializando y tampoco los esfuerzos de avance que necesitamos para cumplir con la meta. Por ello la importancia de que el Administrador, Oficina Técnica y Jefe de Terreno se junten previamente a generar el Plan de corto plazo que nace del Intermedio. De esta manera coordinamos el avance físico que nos exige el proyecto mediante una Planificación de Corto Plazo propuesta y acorde a lo que podemos hacer.

## 5.12. Causas de No Cumplimiento (CNC)

- ✓ Es importante desarrollar la detección de las CNC raíz y ahondar más en los incumplimientos. Para lograr una buena detección y lograr llegar a la verdadera causa raíz de la CNC, se recomienda aplicar el análisis de los “5 por qué”. El facilitador debe realizar este análisis en conjunto con los participantes de la reunión una vez detectada una CNC poco profunda. Una CNC puede deberse a problemáticas raíz de otro tipo, por ello se sugiere que al detectar CNC, el facilitador se interiorice con la problemática, y deje registro mediante una descripción detallada de esta. Este ejercicio práctico se debe realizar con las CNC de mayor incidencia.
- ✓ Se recomienda hacer un análisis de qué CNC son causadas por imprevistos y cuales son por mala programación, luego tomar medidas para disminuir CNC por mala programación.
- ✓ Muchas veces se torna difícil llegar a la causa raíz de las CNC. Las preguntas a continuación resumen la forma simple de encontrar la CNC raíz:  
Preguntar ¿cómo pasó? y no ¿por qué pasó? De esta manera la pregunta suena menos acusadora y se llega de manera más fácil a la causa.

## 5.13. Acciones Correctivas

- ✓ La toma de acciones correctivas en general es bastante lenta y poco efectiva. Esto pasa porque no se consideran inmediatamente y tampoco se evalúa su desempeño al ser aplicadas. Se recomienda tomar acciones correctivas inmediatamente, es decir, en cuanto se detecte el incumplimiento y de esta manera acostumbramos a detectar soluciones, más que problemas.
- ✓ Ocurre muchas veces que sólo se hacen correcciones que solucionan problemas puntuales sin atacar la causa raíz del problema. Las acciones correctivas deben tener un análisis profundo y apuntar al control futuro de las actividades para evitar futuras Causas de No Cumplimiento. Se recomienda utilizar el método de los 5 porqués.
- ✓ Se sugiere tomar AC ante cada CNC con el equipo para atacarla de mejor manera y de diferentes puntos de vista. Deben quedar registradas con un responsable para su aplicación y con una fecha futura para evaluar el impacto que genere. Es importante cumplir con estas acciones y observar el impacto que generan ya que una acción pequeña y bien dirigida puede traer grandes resultados.
- ✓ Se recomienda aprovechar el potencial de las AC, ya que las CNC son reiterativas y si se definen bien se puede lograr erradicar CNC a gran escala. Para lograr una buena definición de una acción se deben anotar las CNC con el mayor detalle posible.

## **5.14. Inventario de trabajo ejecutable (ITE)**

Si un Último Planificador tiene problemas de incumplimiento durante la semana, por problemáticas de cualquier índole, entonces es necesario considerar destinarlo a otras actividades que pertenezcan al ITE.

## **5.15. Documentos que se recomienda entregar**

- ✓ La Planificación Intermedia revisada e impresa es sumamente importante para los Últimos Planificadores ya que es una manera de integrarlos a la planificación y en las reuniones.
- ✓ Se recomienda que el facilitador entregue todas las semanas dos documentos a cada UP:
- ✓ Una impresión en papel del Lookahead propuesto con una detección de restricciones preliminares donde el UP pueda detectar otras restricciones de manera individual y pueda informar de este barrido detectado al facilitador.
- ✓ Una impresión en papel del Plan de Corto Plazo propuesto con los posibles compromisos de avance según el plan maestro.
- ✓ Estos documentos deben ser analizados y validados por el UP durante la reunión. Se sugiere filtrar los documentos por responsable, de esta manera cada Último Planificador tiene su propio plan de mediano plazo y Plan de Corto Plazo.

## **5.16. Publicación de estado del proyecto**

- ✓ Se recomienda que los indicadores de Last Planner generados se muestren en algún panel o se proyecten en las reuniones para que estén a disposición de todos los integrantes de la reunión. Esto sirve para que los participantes se sientan más involucrados en el proceso y estén al tanto de lo que sucede a nivel general en la obra.
- ✓ Para un mejor entendimiento de la planificación por parte de los UP's, se sugiere identificar claramente los sectores del proyecto utilizando planos y coloreando sobre estos las "Metas para la semana" y "Metas para el mes", mostrando el avance esperado de cada UP. De esta manera los Últimos Planificadores digieren de mejor manera la información en la misma reunión.
- ✓ Se debe potenciar el tema visual durante toda la obra, además de transparentar la información con todos los involucrados: Curvas de avance, restricciones, CNC y PPC. Esto es clave, ya que si transparentamos nuestros atrasos o deficiencias, el personal externo al



programador u Oficina Técnica, es decir, los Últimos Planificadores son quienes nos pueden dar las soluciones para avanzar y mejorar: ¿Quién mejor que ellos conocen las problemáticas de la ejecución de sus propias actividades?.

## 5.17. Comentarios

En general las recomendaciones descritas son muy prácticas e intuitivas. Sin embargo, algunas de ellas pueden ser difíciles de aplicar debido a diferentes factores. Entre las que encuentro más importantes pero a la vez difíciles de aplicar se encuentran:

- **Reuniones Previas**  
Las reuniones previas son una de las recomendaciones más importantes ya que éstas son decisivas para un desarrollo exitoso de la reunión semanal. Éstas hacen que la reunión semanal se transforme en algo más dinámico y fluido ya que los avances necesarios y la revisión de restricciones ya fueron discutidas y están digeridas para hacerlas efectiva en la reunión semanal. Sin embargo, es una de las recomendaciones más difíciles de aplicar dado que generalmente los integrantes de este tipo de reuniones (Administrador, Oficina Técnica y Jefe de Terreno) poseen escaso tiempo, y donde este escaso tiempo ya lo invierten en la reunión semanal.
- **Acciones Correctivas**  
Las acciones correctivas forman parte del mejoramiento continuo (ver sección 2.3.3.1). Recordemos que éstas se forman a partir de CNC o cualquier otra deficiencia encontrada. Luego pueden generar mejoras importantes a largo plazo. Sin embargo, creo que son muy difíciles de detectar y aplicar ya que poseen directa relación con encontrar el problema raíz (ver sección 2.4.3.2.1). Por esto estas requieren de un análisis profundo que requiere de tiempo y de un trabajo en conjunto con las distintas especialidades que puede ser difícil de lograr.
- **Compromisos del Último Planificador**  
Los Últimos Planificadores son un pilar fundamental en el avance del proyecto ya que son ellos los que finalmente deciden en qué es posible avanzar, comprometiéndose a ello. El sistema Last Planner considera que el UP debe tener un carácter comprometido y colaborativo con el proyecto. Sin embargo, si lo anterior no se logra, las metas que se proponen los UP pueden ser menos exigentes y por lo tanto fáciles de cumplir, cuando quizá con un poco más de esfuerzo se podrían lograr avances superiores. Luego hay que encontrar la manera de incentivar a los UP para que se comprometan y rindan al máximo de sus capacidades, cosa que puede ser difícil de lograr.

## **6. Conclusiones**

Este trabajo tiene como objetivo identificar patrones que permitan desarrollar capacidades predictivas de retraso durante la ejecución de los proyectos e identificar las CNC más comunes en proyectos de edificación en Chile. También de recopilar las técnicas prácticas más usadas y recomendadas por expertos para una exitosa implementación del sistema de planificación y control llamado Last Planner.

### **6.1. Entendimiento de la Teoría**

La Metodología Last Planner nos ofrece una serie de herramientas para mejorar los rendimientos de nuestros proyectos disminuyendo la incertidumbre. Sin embargo, no es suficiente con seguir los pasos que nos dice la metodología sin entender el fundamento que hay detrás. Es necesario entender el sistema y los fines que busca alcanzar, sino no servirá. Éstos son manejar los conceptos de producción, dependencia y variabilidad a la cual están sujetas las actividades en cualquier proyecto. Para comprender esto, se necesita de un mejor entendimiento por parte de los involucrados sobre los procesos de producción dentro de la construcción. Debido a lo anterior, la experiencia que tienen los profesionales de GEPUC es valorada y requerida en Chile. Esta experiencia fue parcialmente transmitida durante la elaboración de este trabajo. En la sección 2.4 se hizo un resumen de la metodología de Last Planner el que está estructurado de manera sencilla para poder tener un mejor entendimiento de ésta y ser capaz de aplicarla e implementar el sistema de mejor manera. Ésta sección será de gran ayuda para personas que están interesadas en implementar por primera vez este sistema.

### **6.2. Análisis de Resultados**

#### **6.2.1. PPC y PCR**

De los análisis del PPC y el PCR en períodos de velocidades deficientes y eficientes, se logró concluir que un buen PPC y una liberación de restricciones a tiempo son un factor evidente para un buen desempeño del período de corto plazo (ver secciones 4.2 y 4.3).

También se estimó que hay que tener especial cuidado con los PPC entre el 70% y 80% ya que es aquí donde es difícil reconocer los períodos con velocidades de avance deficientes y eficientes. Esto puede deberse a que los Últimos Planificadores se proponen metas de avances inferiores a las del programa logrando PPC's cercanos a 70%. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la muestra con la que se cuenta es de sólo de 15 proyectos por lo que para un resultado más concluyente es necesario contar con una mayor cantidad de proyectos.

Por último, dado que el PPC y PCR de los períodos de velocidades eficientes siempre resultó mayor a los deficientes podemos decir que hemos encontrado un patrón común entre los proyectos:

1. A mayor velocidad de avance, se puede esperar un mayor PPC del período en cuestión.
2. A mayor velocidad de avance, se puede esperar un mayor PCR del período en cuestión.

## **6.2.2. CNC**

Las CNC son fundamentales para aprender de los errores y la búsqueda de acciones correctivas son el pilar de la aplicación del principio de mejoramiento continuo. El registro de CNC y de acciones correctivas es un proceso lento y requiere de una gran capacidad de análisis por parte del equipo para encontrar las acciones correctivas que corrijan las causas de no cumplimiento raíz (ver sección 2.4.3.2.1). Pero si se logran identificar, poseen un gran potencial ya que no sólo se vería beneficiado el proyecto actual sino que también los proyectos siguientes.

### **6.2.2.1. Ranking CNC según Función: Constructora, Subcontrato y Mandante.**

En este análisis se cuenta con 15 proyectos de los cuales 11 son de edificación en altura y 4 son de edificación en extensión.

La CNC más común generada por la empresa constructora es la falta de cancha. Luego debemos procurar que la empresa constructora esté constantemente revisando y coordinando sus funciones en las áreas de trabajo para evitar obstruir e impedir el trabajo del resto del equipo y no generar CNC por falta de cancha.

Por otra parte, la CNC de mayor incidencia por parte de los subcontratos es la falta de mano de obra. Se le debe exigir al subcontrato que cuente con mano de obra suficiente para cumplir con los rendimientos. Los subcontratos tienen la responsabilidad y obligación de analizar su plan de trabajo e informar con anticipación que los rendimientos solicitados no se alcanzarán debido a falta de mano de obra.

Por último, los cambios de proyecto es la CNC más común por parte del mandante, por lo que es fundamental tener permanentemente reuniones con el cliente para identificar los objetivos del proyecto de mejor manera.

### **6.2.2.2. CNC por Etapa**

En la construcción siempre habrá variabilidad e incertidumbre viéndose reflejado en actividades incompletas y CNC. En el análisis de CNC más comunes para cada etapa del proyecto, se descubrió que para prepararnos de mejor manera en la etapa de fundaciones y obra gruesa es necesario prestar atención a no caer en CNC del tipo falta de mano de obra. Así también, para la etapa de

terminaciones hay que enfocarse en corregir descuidos que nos lleven a CNC del tipo falta de cancha. Recordemos que para el desarrollo de estos cálculos se utilizaron sólo 11 proyectos del tipo edificación en altura, por lo que estos resultados son válidos sólo para proyectos de edificación en altura.

### **6.3. Directrices y Recomendaciones**

Las directrices y recomendaciones obtenidas de las actas representan las acciones reales y prácticas que aplican los implementadores de Last Planner en Chile. Las recomendaciones extraídas fueron clasificadas en 16 grupos de los cuales se destacan 3 en particular que son las de mayor relevancia y las más complicadas de aplicar; Reuniones Previas, Acciones Correctivas y Compromisos del Último Planificador (ver sección 5.17).

Recordemos que estas recomendaciones fueron extraídas de actas de proyectos chilenos y hechas para constructoras chilenas por lo que se podría considerar que corrigen puntos débiles de la industria de la construcción chilena.

De las recomendaciones en la sección 5.10, podemos destacar que una buena implementación depende de un buen liderazgo. Por esto el facilitador debe reforzar su liderazgo siguiendo las recomendaciones descritas en este trabajo (capítulo 5) junto con los 9 conceptos Lean (sección 2.3.3.2) para lograr una buena dirección del proyecto.

Las recomendaciones descritas (capítulo 5) ayudarán a empresas constructoras a entender la manera correcta de implementar este sistema en Chile, dado que muchas empresas dicen saber implementar el sistema, sin embargo, no lo hacen de la manera correcta.

### **6.4. Comentarios**

Mediante la experiencia de asistir a las reuniones de terreno acompañando a implementadores, se advierte la importancia de contar con gente capacitada en los conceptos de Lean Construction y Last Planner para que introduzcan estos conceptos y capaciten al resto del equipo. El capítulo 2 es una buena forma de introducirse en el tema y en la metodología Last Planner.

La identificación temprana de períodos de velocidad de avance eficiente y deficiente utilizando el PPC y PCR, sugiere que estos indicadores son clave para un eficaz desarrollo del proyecto y proporcionan una manera de anticiparse a la velocidad con que se desarrollan los proyectos.

Por otro lado, las directrices y recomendaciones indican que es necesario motivar permanentemente a las personas y encontrar nuevas maneras de hacerlas responsables de sus tareas. Es necesario hacer partícipes a las personas de los logros del proyecto y tener claro que no siempre será fácil la implementación de este sistema debido al factor humano y cultural del que depende.

Por último, si se hubiese contado con una mayor cantidad de proyectos que tuviesen mayor cantidad de información, los resultados hubiesen sido más contundentes, sobre todo para la búsqueda de patrones por etapas del proyecto. Es necesario seguir investigando el comportamiento de los proyectos y sus patrones, con mayor cantidad de información y otras propuestas de patrones, para encontrar la manera de atacarlos mejor.

## 7. Bibliografía

- ALARCÓN, Luis F., DIETHELM, Sven y ROJO, Oscar, **Collaborative implementation of lean planning systems in Chilean construction companies**, Tenth Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC-10, August 2002, Brazil.
- ALARCÓN, Luis F., DIETHELM, **Organizing to introduce lean practices in construction companies**, Proceedings IX Conference Lean Construction, IGLC-9, Agosto 2001, Singapore.
- ALARCÓN, Luis F. y SEGUEL, Loreto, **Estrategias de incentivos para la implementación de lean construction**. INTERNATIONAL GROUP OF LEAN CONSTRUCTION 10TH ANNUAL CONFERENCE, Universidad Federal de Rio Grande do Sul, Agosto 2002, Brazil.
- ALARCÓN Luis Fernando, **Guía para la implementación del sistema del último planificador**, GEPUC, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, 2008, Chile.
- BALLARD, Herman Glenn, **The Last Planner**, Northern California Construction Institute, CA, 1994, Estados Unidos.
- CORTEZ, Álvaro, **Last Planner System una herramienta para la gestión de proyectos en Chile**, [en línea], Artículo, <http://www.e-construccion.cl/2010/07/18/haciendo-de-last-planner-system-una-herramienta-de-uso-masivo-para-la-gestion-de-proyectos-en-chile>, [consulta: 25 Noviembre 2010].
- DEMRE, **Nociones básicas de estadística utilizadas en educación**, Universidad de Chile, Departamento de evaluación, medición y registro educacional, 2008, Chile.
- DÍAZ, Daniela, **Aplicación del sistema de planificación Last Planner a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura**, Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, 2007, Chile.
- FORMOSO, Carlos, BERNARDES, Mauricio, SOARES, Alexandre, **Improving the production planning and control system in a building company: contributions after stabilization**, Proceedings of the 10th Conference of the International Group for Lean Construction IGLC10, August 2002, Brazil.
- GEPUC, [en línea], [http://www.gepuc.cl/contenido\\_home.php?id\\_m=1&id\\_sm=1&id\\_sm2=0](http://www.gepuc.cl/contenido_home.php?id_m=1&id_sm=1&id_sm2=0), [consulta: 30 Noviembre 2010].
- HITOMI, Ercilia y VIEIRA L., Elvira Maria y FORMOSO, Carlos Torres, **Learning how to learn Lean Construction concepts and principles**, University of California, Berkeley, 1999, USA.
- HOWELL, Gregory A., **A guide for new users of the Last Planner system, nine steps for success**, Lean Projects Consulting, Inc, November 18, 2002.

- HOWELL, Gregory A., MACOMBER, Hal, **Two Great Wastes in Organizations**, Lean Projects Construction Institute, 12th Annual Lean Construction Conference, 2004, Dinamarca.
- HOWELL, Gregory A., **What is Lean Construction**, *7th Annual Conf.*, International Group for Lean Construction, Univ. of California, Berkeley, 1999, Estados Unidos.
- IMPERA, [en línea], <http://www.liveprojects.cl/impera/nosotros.html>, [consulta: 12 Diciembre 2010].
- JOSEPHSON, Per-Erik y SAUKKORIPI, Lasse, **Non value adding activities in building projects: A preliminary categorization**, International Group of Lean Construction, 11th Annual Lean Construction Conference, 2003, USA.
- MAMTC, **Tradicional vs Lean Manufacturing**, [en línea], [http://www.mamtc.com/lean/intro\\_trad.asp](http://www.mamtc.com/lean/intro_trad.asp), [consulta: 30 Noviembre 2010].
- Manual de referencia IMPERA, GEPUC, 2009, Chile
- MOSSMAN, Alan, **Last Planner**, Lean Construction Institute UK, 2005
- ORR, Cameron, **Lean Leadership in Construction**, Proceedings of the 13<sup>th</sup> annual conference of the International Group for Lean Construction, University of Sydney, 2005, Australia.
- PMBOK GUIDE, Norma Nacional Americana, Tercera edición, 2004.
- RAMÍREZ R., Ricardo, ALARCÓN, Luis Fernando, KNIGHTS, Peter, **Benchmarking Management practices in the construction industry**, Journal of Management in Engineering, ASCE, 2004.
- ROJAS, Raúl, **Estudio e Implementación de una nueva filosofía de Planificación de Proyectos “Lean Construction”**, Universidad Andrés Bello, Escuela de Ingeniería Civil, 2007.
- SERPELL, Alfredo y ALARCÓN, Luis, **Planificación y control de proyectos**, Universidad Católica de Chile, segunda edición, 2007, Chile.
- THE RIALIGNMENT GROUP, **What is pull Planning?**, [en línea], <http://www.projectrealign.com/pull-planning.php>, [consulta: 25 Noviembre 2010].