



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA

EVALUACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

SHELLA ALICIA PINTO DE LA SOTA NAVARRO

Tesis para optar al grado de
Magíster en Ciencias de la Ingeniería

Profesor Supervisor:
LUIS FERNANDO ALARCÓN CÁRDENAS

Santiago de Chile, Enero, 2010

© MMX, Shella Pinto de la Sota Navarro



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA

EVALUACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

SHELLA ALICIA PINTO DE LA SOTA NAVARRO

Tesis presentada a la Comisión integrada por los profesores:

LUIS FERNANDO ALARCÓN CÁRDENAS

ALFREDO SERPELL BLEY

ENRIQUE ALVAREZ HERNÁNDEZ

IGNACIO CASAS RAPOSO

Para completar las exigencias del grado de
Magíster en Ciencias de la Ingeniería

Santiago de Chile, Enero, 2010

© MMX, Shella Pinto de la Sota Navarro

*A Dios, a la Virgen María a mi
Carlitos Eduardo y a Carlos mi
esposo, porque ustedes hacen que
todo esfuerzo valga la pena.*

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar en estas líneas mi agradecimiento a todas las personas que de una u otra manera me apoyaron a lo largo de esta investigación.

A todas las personas que trabajan en el departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción y que siempre estuvieron dispuestas a ayudarme y escucharme. A los profesores en especial a mi profesor guía Don Luís Fernando Alarcón, por su ayuda, apoyo, paciencia y sus valiosas ideas.

También, quiero agradecer a todo el equipo Gepuc, especialmente a Oscar Rojo por el apoyo y sus palabras de ánimo en la búsqueda del tema de investigación.

A la Constructora Socovil, Concreta y LyD por la colaboración ya que de una u otra forma participaron en este estudio, en especial a Alejandro Escandar por su inquietud de mejorar su manera de trabajar.

A mi familia, a mis padres, a Pochita y Patita por su confianza y apoyo incondicional en todos los momentos difíciles.

A mi esposo Carlos por su amor, comprensión y ánimo durante toda esta etapa.

A mi amiga Martha y a todos mis compañeros de magíster por las alegrías y entusiasmo.

INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes Generales.....	2
1.2 Objetivos.....	5
1.3 Hipótesis	6
1.4 Preguntas de Investigación	6
1.5 Alcance del Estudio	7
1.6 Descripción de la tesis	7
2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
2.1 Estrategia de Investigación.....	9
2.2 Fases de la Investigación	11
2.2.1 Fase Exploratoria	13
2.2.2 Fase Acción.....	14
2.2.3 Fase Validación	15
2.3 Principales Fuentes de Evidencia Registrada	16
2.3.1 Análisis de Documentos	17

2.3.2	Observación Directa.....	17
2.3.3	Observación Participante	18
2.3.4	Medios De Observación.....	19
2.3.5	Entrevistas.....	19
3.	ANTECEDENTES DE ESTUDIO	21
3.1	Administración de la Producción	21
3.2	Definición y Objetivos de un Sistema de Producción	25
3.3	Clasificación de Sistemas de Producción	32
3.4	Alcances del Sistema de Producción	34
3.4.1	Capacidad de Producción.....	39
3.4.2	Proveedores y Planificación	42
3.4.3	<i>Layout</i> o Plan de Ataque	43
4.	LA PRODUCCIÓN EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN	45
4.1	Filosofía Lean	45
4.2	Construcción <i>Lean</i>	48
4.2.1	Teoría TFV.....	51
4.2.2	Concepto de Flujo	54
4.2.3	Concepto de Valor	55
4.3	Técnicas Lean de Mejoramientos de Procesos	56
4.3.1	<i>Phase Scheduling</i> o Programación de Fases.....	56
4.3.2	<i>Last Planner</i> o Último Planificador	59
4.3.3	<i>Work Structuring</i> o Estructuración del Trabajo	62

4.3.4	<i>Workplace planning</i> o Planificación del lugar de trabajo	65
4.3.5	<i>Just In Time</i> o Justo a Tiempo (JIT)	67
4.4	Sistema de Producción en la Construcción.....	70
4.4.1	Gestión de la Producción en la Construcción	71
4.4.2	Particularidades de la Industria de la Construcción	77
4.4.3	Investigaciones Previas en Proyectos de Construcción	81
5.	EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN CHILENA.....	87
5.1	Objetivos.....	87
5.2	Propuesta de Metodología De Evaluación.....	88
5.3	Herramientas de Evaluación Propuestas.....	89
5.3.1	Análisis de Documentos	90
5.3.2	Observación directa	91
5.3.3	Observación Participante	91
5.3.4	Medios de Observación.....	91
5.3.5	Entrevistas.....	91
5.4	Etapas de la Metodología de Evaluación Propuesta.....	93
5.4.1	PASO 1: Revisión de los Antecedentes Generales	95
5.4.2	PASO 2: Estudio preliminar de los Sistemas de Producción.....	96
5.4.3	PASO 3: Diagnóstico	99
5.5	Aplicación de la Metodología a los Casos de Estudio.....	109
5.6	Estudio de Caso 1	112
5.6.1	Etapa 1: Revisión de Antecedentes Generales - Empresa 1.....	112

5.6.2	Etapa 2: Estudio Preliminar de los Sistemas de Producción.....	114
5.6.3	Etapa 3: Diagnóstico	123
5.7	Estudio de Caso 2	143
5.7.1	Etapa 1: Descripción de la Empresa y Descripción del Proyecto	144
5.7.2	Etapa 2: Estudio Preliminar de los Sistemas de Producción.....	147
5.7.3	Etapa 3: Diagnóstico	153
6.	METODOLOGÍA DE MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.....	174
6.1	Introducción.....	174
6.2	Objetivos y Alcances de la Metodología.....	174
6.2.1	Objetivos	174
6.2.2	Alcances de la Metodología.....	175
6.3	Descripción de la Metodología.....	176
6.3.1	Proposición de Técnicas de Mejoramiento	178
6.3.3	Integración del Modelo con el Último Planificador	191
6.3.4	Implementación.....	195
6.3.5	Seguimiento, Control y Mejoramiento	204
6.4	Implementación Caso Real.....	207
6.4.1	Descripción de la empresa	208
6.4.2	Descripción del Proyecto	208
6.5	Aplicación de la Propuesta de Mejoramiento.....	209
6.5.1	Etapa Previa	209
6.5.2	Etapa de Diseño	214

6.5.3	Etapa Puesta en Marcha	227
6.6	Seguimiento y Control	228
7.	VALIDACIÓN Y ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA DE MEJORAMIENTO	242
7.1	Análisis de los resultados de la Implementación	242
7.1.1	Barreras en la Implementación	245
7.1.2	Costos de la Implementación	247
7.2	Lecciones Aprendidas.....	249
7.3	Análisis estratégico de la Propuesta de mejoramiento	250
8.	CONCLUSIONES	253
8.1	Revisión de hipótesis y cumplimiento de objetivos	253
8.2	Recomendaciones	259
	BIBLIOGRAFÍA	261
	ANEXOS	272
	ANEXO A: Diagnóstico de la Situación Actual de los Sistemas de Producción	273
	ANEXO B: Focus Group Acerca del Desempeño del Plan Maestro en los Proyectos Estudiados	281
	ANEXO 3: Cuestionario Evaluación de Ocurrencia.....	282
	ANEXO 4: Análisis de la Oportunidades de Mejoramiento y Proposición de Acciones para el Mejoramiento de los Casos de Estudio Exploratorio	294
	ANEXO 5: Evaluación del proceso de puesta en marcha de la Propuesta de Mejoramiento	297

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2-1: Principales fuentes de evidencia durante la investigación.....	17
Tabla 3-1: Análisis de las alternativas por áreas.....	31
Tabla 3-2: Comparación de los tres Sistemas de Producción	33
Tabla 3-3: Resumen de decisiones consideradas en el diseño de los Sistemas de Producción (Adaptado de Araujo, 2006)	38
Tabla 3-4: Niveles de decisión de capacidad (Adaptado de Araujo, 2006).....	41
Tabla 4-1: Integración de la perspectiva TFV (Koskela, 2000).....	52
Tabla 4-2: Interacciones entre TFV (Koskela, 2000).....	53
Tabla 4-3: Contribución del <i>Work Structuring</i> al diseño y el impacto en el proyecto (Adaptado de Tsao, 2005).....	63
Tabla 4-4: Adecuación del enfoque JIT al entorno actual	69
Tabla 4-5: Sistema de Producción Lean vs Sistema de Producción no Lean	75
Tabla 4-6: Soluciones Propuestas para gestionar las peculiaridades de la construcción (Koskela y Ballard, 2004)	80
Tabla 5-1: Metodología de diagnóstico.....	101
Tabla 5-2: Indicadores de Control revisados	104
Tabla 5-3: Problemas detectados para la realización de DSP.....	108
Tabla 5-4: Resumen metodología de evaluación Sistemas de Producción	109
Tabla 5-5: Aspectos analizados en los casos de estudio	111
Tabla 5-6: Administración de la producción Caso 1.....	115

Tabla 5-7: Actividades de producción Caso1	116
Tabla 5-8: Suministro y utilización de recursos Caso 1.....	118
Tabla 5-9: Principales actividades que comprenden el sistema Último Planificador Caso 1.....	120
Tabla 5-10: Organización del proyecto Caso 1	123
Tabla 5-11: Desviación del programa Caso 1	129
Tabla 5-12: Productividad mensual Caso 1	130
Tabla 5-13: Reprogramación del proyecto Caso 1.....	130
Tabla 5-14: Indicadores de control revisados Caso 1	131
Tabla 5-15: Involucramiento real del equipo de trabajo por área de mejoramiento Caso 1.....	135
Tabla 5-16: Involucramiento real del equipo de trabajo Caso 1	137
Tabla 5-17: Involucramiento ideal percibido del equipo de trabajo por área de mejoramiento Caso 1	137
Tabla 5-18: Caracterización de reuniones Caso 1	140
Tabla 5-19: Formalidad de actividades del Sistema de Producción Caso 1	141
Tabla 5-20: Administración de la producción Caso 2.....	147
Tabla 5-21: Actividades de producción Caso 2	148
Tabla 5-22: Suministro y utilización de recursos Caso 2.....	150
Tabla 5-23: Principales actividades que comprenden el sistema Último Planificador Caso 2.....	151
Tabla 5-24: Organización del proyecto Caso 2.....	153

Tabla 5-25: Desviación del programa Caso 2	160
Tabla 5-26: Productividad Caso 2.....	161
Tabla 5-27: Reprogramación del proyecto Caso 2.....	161
Tabla 5-28: Indicadores de control revisados Caso 2 (5 semanas de análisis)	162
Tabla 5-29: Entrevista percepción caso 2	164
Tabla 5-30: Involucramiento real del equipo de trabajo por área de mejoramiento caso 2.....	165
Tabla 5-31: Involucramiento real del equipo de trabajo Caso 2.....	167
Tabla 5-32: Involucramiento real del equipo de trabajo por área de mejoramiento caso 2.....	167
Tabla 5-33: Caracterización de las reuniones de planificación Caso 2.....	170
Tabla 5-34: Formalidad de actividades de Sistema de Producción Caso 2.....	171
Tabla 5-35: Principales problemas que inciden en el desarrollo del diseño de Sistemas de Producción Caso 2	172
Tabla 6-1: Aporte de las técnicas de mejoramiento en la propuesta de mejoramiento..	181
Tabla 6-2: Descripción de las limitantes del proyecto	184
Tabla 6-3: Análisis de la fuerza de trabajo.....	185
Tabla 6-4: Plazos del Proyecto.....	219
Tabla 6-5: Estimación de rendimientos.....	220
Tabla 6-6: Cubicación unidad repetitiva por sector	220
Tabla 6-7: Avance programado por cuadrilla	230
Tabla 6-8: Número de trabajadores proyectados vs reales por actividad crítica.....	230

Tabla 6-9: Producción diaria ejecutada vs planificada	231
Tabla 6-10: Evaluación de los plazos definidos inicialmente.....	239
Tabla 7-1: Visión inicial vs visión final del DSP.....	246
Tabla 7- 2: Costos del Proceso de Diseño de Sistema de Producción	248
Tabla 7-3: Fortalezas vs Debilidades	250
Tabla 7-4: Amenazas vs oportunidades	251
Tabla 8-1: Resultados Cuantitativos Implementación Propuesta de Mejoramiento	257

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2-1: Pasos de un estudio de casos.....	11
Figura 2-2: Metodología de Investigación	12
Figura 3-1: Cambios en el énfasis de la administración a través del tiempo	22
Figura 3-2: Jerarquía de las decisiones de la planificación agregada	24
Figura 3-3: Enfoque sistémico de la administración de la producción	28
Figura 3-4: Elementos de un Sistema de Producción	36
Figura 4-1: Esquema conceptual de producción Lean	50
Figura 4-2: Representación esquemática de la planificación por fases.....	59
Figura 4-3: Cumplimiento de objetivos Lean	64
Figura 4-4: Enfoque Just in Time.....	67
Figura 4-5: Visión de la gestión de proyectos.....	76
Figura 4-6: Jerarquía de los Sistemas de Producción	81
Figura 4-7: Modelo de Sistema de Producción propuesto por Schramm (2004).....	83
Figura 5-1: Propuesta de metodología de evaluación	89
Figura 5-2: Herramientas de evaluación	90
Figura 5-3: Formulación de preguntas bajo el enfoque de desarrollo de proyectos	92
Figura 5-4: Etapas de la metodología de evaluación propuesta.....	94
Figura 5-5: Actividades complementarias a la metodología de investigación.....	95
Figura 5-6: Organigrama proyecto caso 1.....	114

Figura 5-7: Porcentaje de actividades completadas Caso 1	128
Figura 5-8: Entrevista desarrollo del DSP Caso 1	132
Figura 5-9: Entrevista percepción Caso 1	134
Figura 5-10: Actividades previas a la evaluación Caso 2	144
Figura 5-11: Organigrama proyecto Caso 2.....	146
Figura 5-12: Porcentaje de actividades completadas Caso 2	159
Figura 6-1: Control proactivo y reactivo.....	175
Figura 6- 2: Metodología de mejoramiento propuesta.....	177
Figura 6-3: Propuesta de modelo de diseño de Sistema de Producción	182
Figura 6-4: Actividades del flujo de trabajo	189
Figura 6-5: Integración del diseño de Sistema de Producción propuesto con el Sistema Último Planificador.....	194
Figura 6-6: Etapas de la implementación en terreno.....	204
Figura 6-7: Ciclo de mejoramiento continuo modificado de Ishikawa, 1998.....	205
Figura 6-8: Nueva secuencia constructiva del hito 1	216
Figura 6- 9: Nueva secuencia constructiva del hito 1	217
Figura 6-10: Histograma nivelado de recursos	221
Figura 6-11: Layout de obra.....	223
Figura 6-12: Programa de producción diaria por sector.....	225
Figura 6-13: Ubicación de cuadrillas por sector	226
Figura 6-14: Distribución de la mano de obra	227

Figura 6-15: Registro planificación intermedia	232
Figura 6-16: Cumplimiento de actividades diarias y semanales vs programadas.....	234
Figura 6-17: Registro planificación semanal	235
Figura 6-18: Causas de no cumplimiento más frecuentes.....	236
Figura 6-19: PAC de las primeras semanas	238
Figura 6-20: Control final del programa de producción	240
Figura 7-1: Análisis FODA.....	252

RESUMEN

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

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

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

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

De esta manera potenciar la adecuada utilización del Último Planificador así como otras técnicas de mejoramiento de procesos, que generen el ambiente para la creación de un plan de trabajo confiable desde el inicio del proyecto reduciendo la improvisación, con la finalidad de evitar que ocurran múltiples complicaciones por la falta de importancia que se le otorga al plan inicial, impidiendo que los problemas que no fueron identificados a tiempo sucedan y causen mayor incertidumbre así como variabilidad al proyecto, ocasionando pérdidas y trabajo que no agrega valor. Además de crear la

instancia necesaria para mejorar el oportuno control de la producción como una medida proactiva y no reactiva como se ha venido haciendo hasta ahora.

PALABRAS CLAVE: Diseño de Sistema de Producción, Administración de la Producción, Último Planificador, Control de la Producción, Planificación.

ABSTRACT

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

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

So we propose to make an actual field evaluation by analyzing the natural behavior of those involved, creating a methodology through a case study for starting this, establish an improvement to production system design projects construction.

In this way enhance the use of Last Planner and other process improvement techniques, which generate the environment for the creation of a reliable workplan since the start of the Project by reducing the improvisation, in order to prevent the occurrence of multiple complications from the lack of importance is given to the initial plan, preventing the problems that were not identified in time to happen and cause greater uncertainty and variability to the project, causing wastes and not adding value activities.

In addition to creating the necessary instance to improve the timely production control as a proactive measure rather than reactive as has been done so far.

KEY WORDS: Production System Design, Production Management, Last Planner, Production Control, Planning.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día las empresas actuales, tienen un gran desafío que no solo trasciende en el presente sino también el futuro. Esto producto principalmente de la alta competitividad dentro de las industrias, la globalización, la crisis económica que vive el mercado, los constantes cambios. Esta situación induce a las empresas a responder eficientemente a estos desafíos mejorando su desempeño y productividad eliminando las pérdidas y aumentando el valor de sus productos.

Las empresas constructoras chilenas, forman parte de esta realidad con organizaciones dinámicas, que deben fortalecer sus bases contrarrestando las actuales situaciones adversas, que impiden el mejoramiento de su competitividad por lo que se han visto en la necesidad de comprender e implementar cambios en la manera tradicional de gestionar sus proyectos, para permanecer en el mercado.

Con esta visión, para alcanzar el mejoramiento de los procesos y aumentar la confiabilidad en el cumplimiento de plazos y reducir las actividades que no agregan valor, es necesario un Sistema de Producción más flexible acorde con las necesidades de la industria de la construcción.

En este entorno, el mejoramiento del desempeño en los proyectos de construcción ha sido estudiado y planteado en varias investigaciones alrededor del mundo. (Ballard 1999a; Koskela 1992; Tso 2005; Howell 1999; Tommelein 1998; Formoso, 2002; Bernardes, 2002).

Asimismo, esta industria demanda un gran número de recursos para la realización de los proyectos, por lo que la deficiente utilización de estos conlleva a la generación de pérdidas de materiales, de horas-hombre así como trabajos rehechos, baja calidad, cambios en la estrategia de ejecución, tiempos de espera entre otros.

Existiendo entonces una cantidad de factores involucrados en la gestión de la producción se realizó esta investigación, debido a que en la actualidad existen muy pocas referencias ó antecedentes respecto a los Sistema de Producción en la industria de la construcción chilena, por lo que se diseñó una metodología para evaluar los aspectos más relevantes de un sistemas de producción y proponer un mejoramiento.

La presente investigación se centra en la propuesta desarrollada por Ballard (2001), mediante la evaluación de los sistemas de producción en proyectos chilenos y el planteamiento del mejoramiento de los mismos, de acuerdo a una realidad nacional.

1.1 Antecedentes Generales

Un Sistema de Producción es un conjunto de procesos, información y recursos cuyo objetivo es lograr que el producto sea creado y entregado de acuerdo a las necesidades del cliente organizando y ubicando los recursos de acuerdo al diseño de las operaciones (Ballard et al. 2001).

De acuerdo con Koskela (2000) la gestión de proyectos es visualizada como la planificación, control, corrección y mejoramiento de los procesos buscando lograr condiciones estables para el diseño de un Sistema de Producción y que este se extienda desde la organización global hasta el diseño de una operación, de manera de lograr: hacer el trabajo, maximizar el valor y minimizar las pérdidas.

Un Sistema de Producción debería ser diseñado cuidadosamente tal como lo es un producto, esto significa crear desde el inicio los requerimientos para ello, por tal motivo la base teórica para el diseño está fundada en los principios de

gestión de la producción, considerando las particularidades de la industria de la construcción (Koskela y Ballard 2004).

Nahmias (1997), sostiene que el objetivo de un Sistema de Producción es la realización de una planificación agregada, para determinar las cantidades exactas de producción necesaria así como los recursos requeridos para alcanzar dicha producción, lo que en la práctica debiera reflejarse en la definición del número de trabajadores que serán empleados y el número de unidades que serán producidas en un periodo estimado. Además en términos operativos un Sistema de Producción debe involucrar en el proceso de producción a los proveedores para obtener un flujo de materiales y de información adecuado.

En el escenario actual, la gestión de la producción es llevada a través de la ejecución de contratos los cuales son materializados en función de las diversas actividades establecidas, por un programa de trabajo poco formal que establece plazos de inicio y fin los cuales son el reflejo de la falta de coordinación inicial existente ocasionando desviaciones en los plazos y costos debido a la variabilidad y baja confiabilidad que presenta en los flujos de trabajo.

Ballard et al. (1998b), afirma que el control de la producción es un link perdido entre el proceso de administración y los compromisos contractuales. Además el uso de programas para monitorear y controlar un proyecto, no garantiza el mejoramiento de la confiabilidad en los flujos de trabajo, menos alcanzar un nivel de detalle adecuado para el análisis (Arbulu, Koerckel y Espana 2005).

El diseño de un Sistema de Producción, normalmente no es considerado relevante en la industria de la construcción sin embargo ha sido virtualmente invisible y se ha tomado por hecho, enfocándose únicamente en el concepto de transformación, por lo que debe cambiarse a un concepto más amplio de

producción que reconoce el carácter del flujo y de la generación del valor de la producción (Ballard et al. 2001)

Howell y Ballard (1998) establecen que los proyectos de construcción debieran ser gestionados en términos de un Sistema de Producción para disminuir la incertidumbre y la complejidad de la construcción, incrementando la transparencia lo cual implica la participación y coordinación adecuada al momento de tomar decisiones para asegurar mejoras al proyecto.

Koskela et al. (1997), señala que en la construcción, la planificación, el diseño y el control son sustituidos por caos e improvisación dadas las condiciones de inicio de los proyectos, lo que se trasmite a toda la organización creando un clima de incertidumbre lo que aumenta la variabilidad.

Así mismo diversas investigaciones se han realizado en Chile y alrededor del mundo, detectando que la industria de la construcción, presenta problemas de productividad, inadecuada planificación, incumplimiento de plazos, variabilidad en el flujo de trabajo, deficiente control y baja calidad (Alarcón 1997, Ballard 1999a, Koskela 1992, Tso 2005, Howell 1999, Tommelein 1998, Formoso et.al 2002, Hopp y Spearman 2008, Soares et al. 2002), los cuales dependen básicamente de la ejecución errada de los sistemas de producción o la falta de diseño formal de estos, ya que normalmente las actividades se prevén de acuerdo a la experiencia e intuición, dejando de lado la instancia para el estudio y análisis respectivo por un equipo de trabajo.

Por otro lado el Sistema último Planificador, creado por Ballard (2000) ha contribuido ampliamente a formalizar la planificación y mejorar el control de los proyectos siendo de gran utilidad, sin embargo Ballard y Howell (2003) y Schramm (2004), advierten que no se están implementado totalmente todos los niveles propuestos y que el Ultimo Planificador está funcionando como una

herramienta del control operacional de corto plazo de la producción, por lo que promueven la utilización de técnicas para mejorar su desempeño global.

En este contexto, se ha observado que un Sistema de Producción necesita ser controlado y mejorado en forma continua para que pueda tener mejores resultados, de esta manera utilizar el Último Planificador, resulta primordial para el control de la producción.

1.2 Objetivos

Esta investigación tiene como objetivo principal desarrollar una metodología de evaluación de los Sistemas de producción empleando diversas herramientas, además de proponer una metodología de mejoramiento mediante la utilización de estudios de caso.

Para lograr este propósito se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Desarrollar una metodología para la evaluación de los Sistemas de Producción en proyectos de construcción en empresas constructoras chilenas, que permita identificar la situación actual del Diseño de Sistema de Producción (DSP) en base a los distintos factores culturales, técnicos, organizacionales y comparándolo con los principios *Lean Construction* y a partir de eso identificar las líneas de mejoramiento.
- Proponer una metodología de mejoramiento del Diseño de Sistema de Producción y validarla mediante la implementación en un caso real.

1.3 Hipótesis

Para el desarrollo de esta investigación las hipótesis planteadas son las siguientes:

Hipótesis 1: En los proyectos de construcción, no existe de manera formal el diseño de un Sistema de Producción para asegurar el buen desempeño de la gestión de la producción.

Hipótesis 2: La propuesta de mejoramiento del Sistema de Producción podría contribuir a optimizar significativamente el desempeño de los proyectos, logrando controlar eficazmente las actividades planificadas.

1.4 Preguntas de Investigación

De acuerdo a los objetivos de investigación expuestos anteriormente, las preguntas a ser respondidas serían:

1. Metodología de Evaluación
 - 1.1. ¿Cómo son realizadas las actividades que componen un Sistema de Producción en la Construcción?
 - 1.2. ¿Qué actividades contempla el Diseño de un Sistema de Producción?
 - 1.3. ¿Es posible determinar los principales problemas en el diseño de un Sistema de Producción característicos en los proyectos de construcción?
2. Metodología de mejoramiento
 - 2.1. ¿Cuáles son los aspectos más importantes que incluye un Diseño de Sistema de Producción?

2.2. ¿El diseño de un Sistema de Producción contribuye a mejorar el proceso de planificación y contribuye a la efectividad del uso del Sistema Último Planificador al interior de un proyecto?

3. Implementación

3.1. ¿Qué fortalezas y debilidades presentó la empresa que implementó la propuesta de mejoramiento?

3.2. ¿Cuáles son las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas encontradas en la propuesta de mejoramiento?

3.3. ¿Cuáles son las directrices para mejorar el proceso de implementación?

1.5 Alcance del Estudio

Todos los proyectos estudiados en esta investigación son pertenecientes a la industria de la construcción chilena y algunos se encontraban implementando mejoras a sus procesos, bajo la filosofía *Lean Construction* y otros ya tenían trayectoria.

Los actores principales fueron los administradores de Obra y la población objetivo fueron las obras destinadas a edificación y construcción de viviendas residenciales.

1.6 Descripción de la tesis

La siguiente Tesis se encuentra estructurada en siete capítulos, los cuales se explican a continuación:

El capítulo I, aborda de manera general el contenido de la investigación y entrega los objetivos, hipótesis y alcance del estudio.

El capítulo II, describe la estrategia de investigación así como las fuentes de evidencia utilizadas además de las etapas del trabajo y la explicación de las actividades realizadas.

El capítulo III, contiene una revisión de la teoría de los Sistemas de Producción tradicionales en la industria de la manufactura, sus objetivos y alcances de las decisiones.

El capítulo VI, presenta una síntesis de la Nueva Filosofía de producción: Lean Construction, así como las técnicas de mejoramiento de Procesos Lean, una descripción de la producción y las peculiaridades en la industria de la construcción, finalmente se muestran investigaciones previas relacionadas con el tema.

El capítulo V, describe la metodología de evaluación de los Sistemas de Producción, los principales indicadores y las variables estudiadas, se presentan también los resultados de los dos casos de estudio exploratorios donde se probó dicha evaluación.

El capítulo VI, detalla la metodología de mejoramiento como desarrollo de la solución al problema encontrado, producto de la evaluación así como la propuesta de implementación en un caso de estudio y la experiencia de la puesta en marcha.

Finalmente el capítulo VII, presenta los resultados de la implementación, las barreras encontradas, el análisis estratégico de la propuesta de mejoramiento planteada y las conclusiones y recomendaciones finales.

2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la metodología propuesta se define como una investigación mediante la cual los procesos cuantitativos, cualitativos o mixtos, se analizan profundamente para responder al planteamiento del problema, probar hipótesis y desarrollar una teoría (Yacuzzi, 2005).

El objetivo principal de esta sección es presentar el método de investigación utilizado para la realización de este trabajo, así como las diferentes etapas y estrategias que comprenden de la investigación.

2.1 Estrategia de Investigación

El desarrollo de este trabajo se encuentra enmarcado por el tipo de investigación cualitativa, el enfoque que se adoptó fue el participativo en el entorno de la Investigación Acción, encerrado en un mecanismo causal el cual permitió indagar con mayor profundidad que los estudios estadísticos, además la metodología utilizada fue la de estudio de caso que de acuerdo con Yin (2003) es una técnica de investigación adecuada cuando no existe limitación clara entre el fenómeno a ser estudiado y el contexto, es decir una estrategia apropiada que responde preguntas del tipo “cómo” y “por qué”.

Stake (2000), señala que el estudio de caso no está definido por un método específico, sino por su objeto de estudio.

Cada estrategia de investigación representa una manera diferente de recolectar datos y analizar sus evidencias pudiendo ser usados para la investigación exploratoria, descriptiva y explicativa (Yin, 2001).

Naoum (1998), señala que en la investigación acción, el investigador revisa la situación actual, identifica el problema, se involucra en este e introduce algunos cambios para mejorar la situación y evaluar sus efectos. En la investigación acción los investigadores desempeñan un papel activo en desarrollo de los problemas encontrados acompañando y validando las acciones desencadenadas en la base de los problemas (Thiolent, 2000).

Este tipo de estudios son usados como fuente del conocimiento ordenado de los entes y sus propiedades, por medio de sus causas. (Sanguinetti, 1994), esto significa en nuestro caso desarrollar la investigación de forma metódica, dirigiendo nuestros sentidos en la búsqueda de las causas.

Las técnicas cualitativas que se utilizaron para este estudio son del tipo directivas (Susman, 1983), ya que se buscó recoger la información de los participantes del proceso, se realizaron mediciones en forma subjetiva y se efectuó una medición de la percepción final, para lo cual el investigador no solo realizó una labor de observación directa, sino además participante contando para eso con la utilización de entrevistas no estructuradas o llamadas cualitativas.

Según Corbeta (2003), el proceso de investigación no es una secuencia bien definida de procedimientos que siguen un diseño nítido, sino una confusa interacción entre el mundo conceptual y el empírico, en la que la deducción y la inducción se realizan al mismo tiempo.

Para investigar el problema y conocerlo a profundidad, se realizaron diversas reuniones con profesionales de empresas, donde se recopiló información acerca de las principales inquietudes con respecto al proceso de planificación así como las limitaciones que se querían superar.

En este trabajo de investigación se realizaron dos casos a nivel exploratorio y un caso final donde se implementó el modelo de sistema propuesto de donde se obtuvieron resultados y se interpretaron ciertos fenómenos propios del estudio de casos como metodología de investigación.

De acuerdo con George et al. (2005), los estudios de casos tienen en general los siguientes pasos:

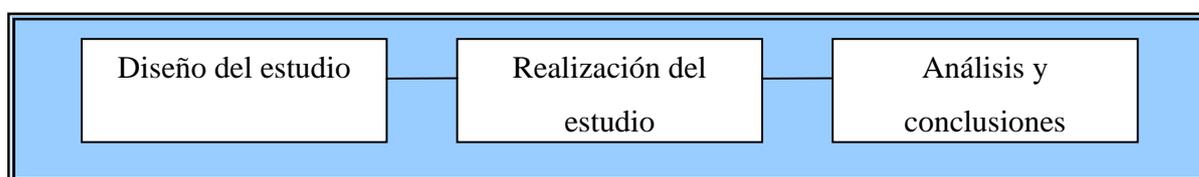


Figura 2-1: Pasos de un estudio de casos

2.2 Fases de la Investigación

Las fases establecidas para el desarrollo del siguiente estudio son consecutivas y son tres: Fase exploratoria, Fase acción y Fase de validación, teniendo en consideración que la estrategia de investigación adoptada fue la de casos de estudio para conocer en forma real el contexto de la situación (Yin, 2003).

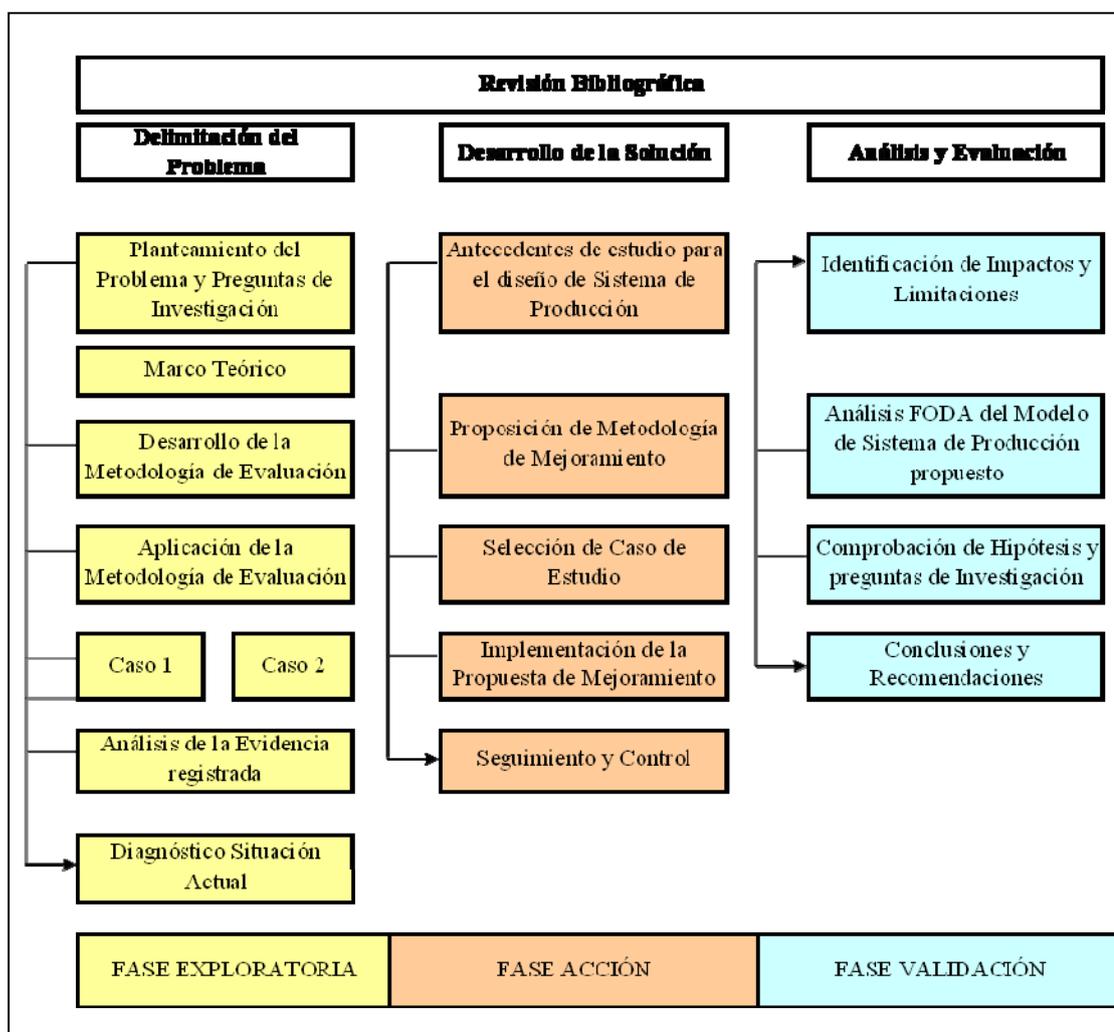


Figura 2-2: Metodología de investigación

2.2.1 Fase Exploratoria

Para desarrollar la Fase exploratoria, se realizó un estudio detallado referente a la estrategia de investigación que se utilizó, además de realizar las siguientes actividades.

- **Formulación del problema:** Esto significó la definición de un plan de trabajo para limitar con claridad la problemática existente, a su vez se desarrollaron las preguntas de investigación necesarias. Además se realizó un análisis a investigaciones anteriores, para comparar y/o mejorar alguna propuesta existente.
- **Marco Teórico:** Se realizó un estudio del estado del arte de un Sistema de Producción, para formar la base teórica de la investigación identificando las características más relevantes del sector de la construcción, comparando lo ya aplicado en la industria de la manufactura y como la aplicación de los principios *Lean*, contribuyen al mejoramiento de los procesos, por lo que se analizaron técnicas como *Work Structuring* (Ballard et al. 2001), Teoría TFV (Koskela, 2000), *Phase Scheduling* y *Last Planner* (Ballard, 2000).
- **Desarrollo de la Metodología de Evaluación:** El objetivo principal en esta fase de la investigación, fue el aprendizaje en cuanto a los puntos señalados anteriormente así como identificar la situación real de los sistemas de producción en proyectos de construcción en Chile mediante el desarrollo de una metodología de evaluación, para lo cual se diseñaron diversas herramientas para la recolección de datos como entrevistas exploratorias, observación directa, participantes, análisis de Información y medios de observación, las cuales forman parte de las diversas fuentes de evidencia.

- Aplicación de la Metodología de Evaluación: Durante esta fase exploratoria se estudiaron 2 casos de estudio de proyectos de construcción del rubro de Edificación y Casas, donde se analizó, visualizó e identificó la situación actual de los Sistemas de Producción en las empresas constructoras, respecto a la disponibilidad de recursos y *know how* acerca del proceso de planeación adoptado, con lo que se pudo tener finalmente un Diagnóstico de la Situación Actual existente.

2.2.2 Fase Acción

Para desarrollar la Fase Acción, donde el objetivo es diseñar la solución al problema identificado anteriormente se realizaron las siguientes actividades:

- Antecedentes de estudio necesarios para el diseño de un Sistema de Producción: Se estudiaron e identificaron, los componentes necesarios para llevar a cabo el diseño del Sistema de Producción en empresas constructoras chilenas, de acuerdo a lo observado en el Diagnóstico de la Situación Real y el análisis del fundamento teórico.
- Proposición de Metodología de Mejoramiento: Se desarrollará una metodología de mejoramiento basado en la revisión de antecedentes de estudio y las oportunidades de mejoramiento encontradas en la etapa exploratoria donde se exponga la importancia de las técnicas de mejoramiento de Procesos Lean adecuados para un Sistema de Producción, la propuesta de un modelo de Diseño de Sistema de Producción, la integración de este modelo dentro del desarrollo del Sistema Último Planificador y finalmente una idea de implementación donde se desarrolló una propuesta metodológica de trabajo mediante Talleres, reuniones y Visitas a Terreno durante toda una fase de un

proyecto, la cual consta de la Etapa previa, Etapa de Diseño y Puesta en Marcha.

- Selección de Caso de Estudio e Implementación: Se realizó un exhaustivo trabajo de campo y gabinete para conseguir un caso de estudio y lograr la implementación de la propuesta de mejoramiento. Inicialmente se estableció una situación inicial para posteriormente, compararla al final del proyecto.
- Seguimiento y Control: El seguimiento y control se llevó a cabo durante una fase del proyecto documentando y registrando el Proceso mediante las diversas fuentes de evidencia y herramientas de evaluación diseñadas. Además se realizó el análisis de los indicadores de desempeño identificados en los casos exploratorios, y de las principales causas de No Cumplimiento registradas.

2.2.3 Fase Validación

La tercera etapa, es la fase de validación de resultados de la propuesta de Mejoramiento de los Sistemas de Producción.

- Análisis de la Implementación y Resultados Finales: Se realizó un análisis de los resultados más importantes que se obtuvieron de la implementación, así como se listaron las lecciones aprendidas durante el proceso de implementación y control, adicionalmente se identificaron las Limitaciones que contribuyeron a los resultados de la implementación de la propuesta de mejoramiento.
- Análisis FODA de la Metodología de Mejoramiento propuesta: Se realizó un análisis estratégico de la propuesta y sus distintos componentes evaluando las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas al respecto.

- Comprobación de Hipótesis y preguntas de investigación: Se realizó la evaluación de la Hipótesis y preguntas de investigación inicialmente formuladas siendo comparadas con los resultados finalmente obtenidos.
- Conclusiones y recomendaciones: Comprende la exposición de las conclusiones más relevantes del análisis de la evaluación y propuesta de mejoramiento, así como se las recomendaciones para futuras investigaciones.

2.3 Principales Fuentes de Evidencia Registrada

Esta investigación fue desarrollada bajo la metodología de Estudio de Caso, el enfoque utilizado fue el cualitativo basado en la recolección de datos sin medición numérica por medio de las observaciones y descripciones de situaciones y comportamientos.

La presencia continua de un investigador en una empresa objeto de estudio logra que este se incorpore como un trabajador mas, observando los acontecimientos como testigo directo (Pettigrew, 1985).

La evidencia recolectada sirvió para la obtención de los objetivos trazados, de acuerdo con Yin (2003), las fuentes de evidencia en el caso de estudio son complementarias y un buen caso de estudio debería ser evidenciado utilizando todas las fuentes que sean posibles.

Tabla 2-1: Principales fuentes de evidencia durante la investigación

FUENTES DE EVIDENCIA FASES	FASE EXPLORATORIA	FASE ACCIÓN	FASE VALIDACIÓN
1. Observación Participante	X	X	
2. Observación Directa	X	X	X
3. Entrevista Enfocada	X	X	X
4. Entrevista Estructurada	X		X
5. Análisis de Datos	X	X	X
6. Fundamento Teórico	X	X	

2.3.1 Análisis de Documentos

Los documentos analizados durante toda la fase de estudio fueron las especificaciones técnicas y los planos para una mayor comprensión del proyecto, después se analizó la programación maestra y los planes semanales existentes con el objetivo de obtener información importante y complementaria, cabe señalar que en esta investigación no existió ningún inconveniente en la recolección de la documentación.

2.3.2 Observación Directa

De acuerdo con Yin (2003), durante la observación directa se cubrieron los acontecimientos ocurridos en forma contextual.

Si bien es cierto esto demandó varias horas, no se generaron reacciones adversas en el equipo de trabajo en cuanto eran observados.

Se realizaron diversas visitas de terreno, se participó en reuniones de planificación de corto plazo y reuniones del tipo estratégico con los gerentes de la empresa.

Las observaciones pueden extenderse de ser formales a actividades de colección de datos ocasionales. Los protocolos de observación pueden ser desarrollados como parte del protocolo de estudio del caso, y se puede medir ciertos tipos incidencia de comportamientos durante los períodos de observación en el campo (Yin 2003).

A lo largo de este estudio, la observación directa tuvo como objetivo recoger información en cuanto al comportamiento y hábitos de los involucrados durante el periodo de trabajo.

2.3.3 Observación Participante

Esta técnica es en la cual el investigador no es un observador pasivo, si no por lo contrario asume una variedad de roles dentro del caso de estudio, teniendo mayor interacción con los participantes. Esta técnica además puede ser usada en organizaciones grandes o en pequeños grupos informales (Yin 2003).

Asimismo Yin (2001), destaca que dentro de las debilidades de esta técnica se encuentra la tendencia a la manipulación de acontecimientos por parte de los investigadores, sin embargo resalta los siguientes aspectos positivos de esta modalidad de investigación:

- Posibilidad de investigar eventos que son inaccesibles a la investigación científica.
- Obtención de la realidad de los puntos de vista de los entrevistados.
- Capacidad de manipular eventos menos importantes, como agendar reuniones de trabajo.

De acuerdo con Corbeta (2003), se debe observar el contexto físico, social, las interacciones formales, las informales así como las interpretaciones de los actores sociales

Este modo de investigación fue realizado durante las visitas técnicas a obra, ya que en conjunto con el personal de la obra y los diversos sub-contratos se discutían soluciones a diversas situaciones encontradas en el proyecto, en muchas ocasiones la investigadora coordinó reuniones de planificación para realizar la reprogramación total de la obra y reorganizar aspectos operacionales.

2.3.4 Medios De Observación

Los medios de observación son los elementos que facilitan, amplían o perfeccionan la tarea de observación realizada por el investigador (Carbajal, 1992) los más utilizados son:

Diario: relato escrito de las experiencias vividas y de los hechos observados. Pueden ser redactados al final de una jornada o al término de una tarea importante.

Cuaderno de notas: Adopta generalmente la forma material de una libreta que el observador lleva consigo, con el objeto de anotar sobre el terreno todo tipo de información, esto ayuda para redactar el diario.

2.3.5 Entrevistas

Las entrevistas, consiguen que el individuo transmita oralmente su definición personal de la situación, relatando el suceso la misma persona que lo ha experimentado y bajo su propio punto de vista de tal forma que el entrevistador desempeña el papel de facilitador (Sierra, 1997; Ruiz, 1996, Cabrera, 2006).

El tipo de entrevistas utilizadas fueron del tipo estructuradas y enfocadas, siendo realizadas durante el desarrollo de la investigación con el objetivo de obtener información complementaria sobre el proceso de planificación al interior del proyecto y analizar la percepción de los involucrados al respecto.

2.3.5.1 Entrevista No Estructurada Del Tipo Enfocada

La entrevista no estructurada asume una diversidad de formas, cada una de las cuales tiende a suponer una diferente serie de supuestos teórico, pero todas ofrecen, en contraste con el tipo estructurado, considerable libertad en el procedimiento interrogativo (Sjoberg y Nett, 1980).

La entrevista enfocada presume la participación del informador en la situación social que se investiga. Teniendo como base el conocimiento del escenario social, el científico formula determinadas preguntas generales que aunque se formalicen, el proceso de presentar las preguntas no es estructurado (Shaw 2003).

2.3.5.2 Entrevista estructurada

Se denominan así al tipo de entrevistas en donde a todos los entrevistados se les hacen las mismas preguntas con la misma formulación y en el mismo orden, sin embargo los entrevistados tienen plena libertad para manifestar su respuesta, es decir se trata de un cuestionario de preguntas no estructuradas, sin embargo pueden ser codificadas en una matriz – datos, con lo que se puede describir cuantitativamente una determinada situación objeto de investigación. Corbeta 2003.

La función principal de la entrevista estructurada es la estandarización del proceso de entrevistar por medio de un cuestionario o programa (Sjoberg y Nett, 1980).

Durante la realización de las entrevistas ambas partes eran informadas acerca de la utilidad que tendría la información obtenida ya que con estos resultados se contribuirá a mejorar el sistema de planificación existente.

En esta investigación se entrevistó al equipo de trabajo de los diferentes proyectos estudiados, generalmente compuestos por Jefes de terreno, Administrador de Obra y personal de oficina Técnica.

3. ANTECEDENTES DE ESTUDIO

3.1 Administración de la Producción

Los adelantos en las tecnologías, han modificado la forma en que las empresas administran su producción, y su interacción con otras organizaciones, así mismo se está cambiando el enfoque primario en la manufactura a un enfoque más actual y equilibrado, es así como hoy los clientes esperan productos de mayor calidad a menores precios y con una entrega más rápida, por lo que la administración de la producción tiene mayor importancia que nunca (Fraizer y Gaither, 2000).

Una de las principales funciones dentro de una organización, es la administración de la producción y de las operaciones que forman un Sistema de Producción el cual convierte, insumos en productos y/o servicios.

Un Sistema de Producción considera insumos, materias primas, personal, maquinas, edificios, tecnología, efectivo, información y otros recursos y los

convierte en productos, bienes y servicios. Este proceso de conversión es el centro de lo que se conoce como producción.

La administración de la producción y de las operaciones ha evolucionado hasta su forma actual adaptándose a los retos de cada nueva era, implementando sistemas de control que contribuyen a la eficiencia de los Sistemas de Producción más exigentes. (Fraizer y Gaither, 2000). La evolución de los conceptos de administración de la producción ha generado grandes cambios desde su inicio, debido a la notable preocupación de los diversos actores, los cuales no necesariamente participaron en el mismo rubro industrial.

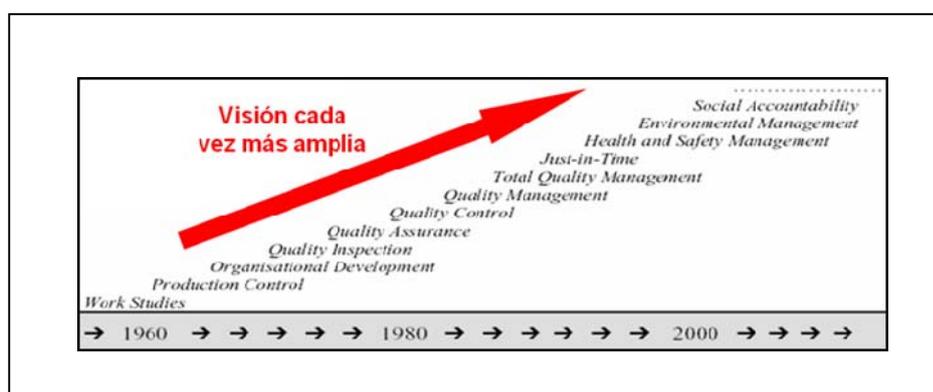


Figura 3-1: Cambios en el énfasis de la administración a través del tiempo
(Faundez, 2007)

Un Sistema de Producción puede ser visto como un sistema de *inputs* (entradas) y *outputs* (salidas). Un proceso de transformación opera sobre los recursos de entrada o inputs, y los libera como recursos modificados en outputs.

En este sentido, la administración de los procesos de transformación es lo que se llama administración de la producción.

Adam y Ebert (1991), definen un sistema como un conjunto de objetos unidos por alguna forma de interacción o interdependencia constantes. Los sistemas pueden variar desde enormes conjuntos de componentes materiales a ejemplos abstractos más pequeños. Un modelo sistémico de organización identifica a los componentes que constituyen a la empresa. El enfoque funcional para la administración de la producción está basado en:

- Planeación: Comprende todas aquellas actividades que generan un curso de acción. Estas actividades orientan a la toma de decisiones.
- Organización: Implica todas aquellas actividades que originan una estructuración de tareas y niveles de responsabilidad.
- Control: Consiste en aquellas actividades que permiten asegurarse de que el desempeño global de la organización ocurra de acuerdo a lo planeado.

Así mismo, Singo (1996), sostiene que la administración de la producción está formada por actividades gerenciales como: Planeamiento, Control y Monitoreo.

De acuerdo con Davis, Aquilano y Chase (2001), la administración de la producción esta precisada como la planificación y control directo de los recursos conformados por personas, equipos y materiales, atendiendo las restricciones técnicas de costos y tiempo.

Nahmias (1997), señala que los problemas más frecuentes en la administración de la producción son: Inventarios, Planificación y control, selección de equipos y ubicación, mantenimiento, emplazamiento del lugar de

trabajo, Definición del *Layout*, Calidad, Suministro de materiales y definición de los procesos y métodos.

De esta manera Hax y Candea (1984), sugieren que la administración de la producción debiera estar conformada por una planificación agregada resultante de un plan maestro, que pueda descomponerse en detalle para cada etapa del proyecto. En este sentido una adecuada metodología de planificación, trasladará las decisiones, requerimientos y análisis previamente elaborados en un plan de trabajo resultante de un proceso jerárquico.

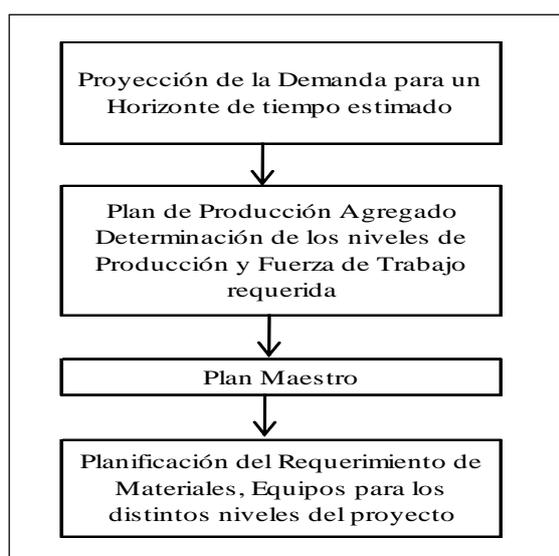


Figura 3-2: Jerarquía de las decisiones de la planificación agregada
(Hax y Candea (1984))

Al respecto de planificación, muchas técnicas se han desarrollado en los últimos 40 años, para atender la gestión de la producción, de este modo Turner

(1993), define dos métodos principales: Método de la ruta crítica (CPM) y el Sistema de control plazo-costos, basado en la estructura de desglose de trabajo (*Work Breakdown Structures*), estructura de desglose de organización (*Organization Breakdown Structures*), estructura de desglose de costos (*Cost Breakdown Structures*).

Por otro lado, Fraizer y Gaither (2000), se refieren a la planificación agregada de la producción como la clave para mejorar la administración de la producción, de manera que afirman que los recursos deben adaptarse a la variabilidad de los planes así mismo la planeación agregada provee a la administración de la producción:

- Instalaciones a plena carga: Reduciendo así los costos de producción.
- Capacidad adecuada de producción: Para atender la demanda acumulada esperada.
- Un plan sistemático de la capacidad de producción: Para cumplir con la variabilidad de producción y demanda.
- Obtener la máxima producción: En función a los recursos disponibles, lo que es importante en tiempos de recursos de producción escasos.

3.2 Definición y Objetivos de un Sistema de Producción

Existen variadas definiciones en la literatura, acerca de lo que significa y comprende un sistema, para Forrester (1990), un sistema es comprendido como un conjunto de partes que operan armónicamente para alcanzar un objetivo común.

Según Churchman (1975), cuando se piensa en sistemas se deben considerar los objetivos finales y sus medidas de rendimiento, el ambiente, los recursos, los componentes, las actividades y la gestión del sistema.

Un grupo de elementos no constituye un sistema si no hay una relación e interacción, que de la idea de un "todo" con un propósito final.

El ambiente es el medio externo que envuelve física o conceptualmente a un sistema. El sistema tiene interacción con el ambiente, del cual recibe inputs y al cual se le devuelven outputs (www.alegsa.com.ar).

Un Sistema de Producción es un sistema de organizaciones, procesos y materiales que crean un producto para encontrar y entregarle las necesidades del cliente. Un Sistema de Producción comprende la definición de un proyecto, el diseño de procesos y la administración del abastecimiento (Ballard 2001).

Según Forrester (1990, 1998), la palabra sistema es empleada generalmente para definir de forma abstracta la relación compleja entre elementos que pueden ser caracterizados por medio de parámetros. De esta forma los sistemas pueden ser comprendidos como un conjunto de partes que operan para cumplir un objetivo común.

De acuerdo con Gaither y Fraizer (1999), un sistema se describe como un todo que no puede dividirse, sin perder sus características esenciales, y por lo tanto debe estudiarse como un todo. Además un Sistema de Producción recibe insumos en forma de materiales, personal, capital, servicios e información. Estos son transformados en un subsistema de conversión en lo que se conocen como productos deseados, los cuales pasan por un control para determinar si son aceptables en costo y calidad, por lo que si el resultado es negativo se requiere de una acción correctiva y si es aceptable no se requiere de cambios al sistema.

Enfocarse en la administración de la producción, es una medida estratégica debido a que ahí se encuentran la mayoría de sus trabajadores y gastos de la

empresa, por lo que un adecuado Sistema de Producción es capaz de producir con la capacidad requerida a bajos costos.

Hopp y Spearman (1996), destacan un Sistema de Producción como una red de procesos, orientados bajo un objetivo, en el que las tareas fluyen, por lo que podemos decir que se considera la visión de producción como un flujo continuo de procesos, así mismo se pueden identificar los elementos que forman parte de los sistemas de producción y son insumos, transformación, productos y control.

Jacobsen et al. (2002), propone que un Sistema de Producción donde se enfatiza el papel de los recursos humanos, siendo necesaria la relación entre los trabajadores para mejorar la competitividad, de esta manera que si alguno de los parámetros es modificado alterará el sistema.

Los parámetros considerados son 4 y son los siguientes:

- Recursos Humanos: Define las competencias y experiencia que se necesitará para determinados tipos de trabajo.
- Tecnología: Se refiere a la información, equipos, técnicas y procesos necesarios para transformar inputs en outputs dentro de una organización.
- Información: Todas las actividades de un Sistema de Producción requieren información, que vincule los diferentes elementos del sistema integrando sus funciones.
- Organización: significa organizar las tareas de producción y como la empresa planea su producción definiendo sus equipos analizando la capacidad para la producción necesaria.

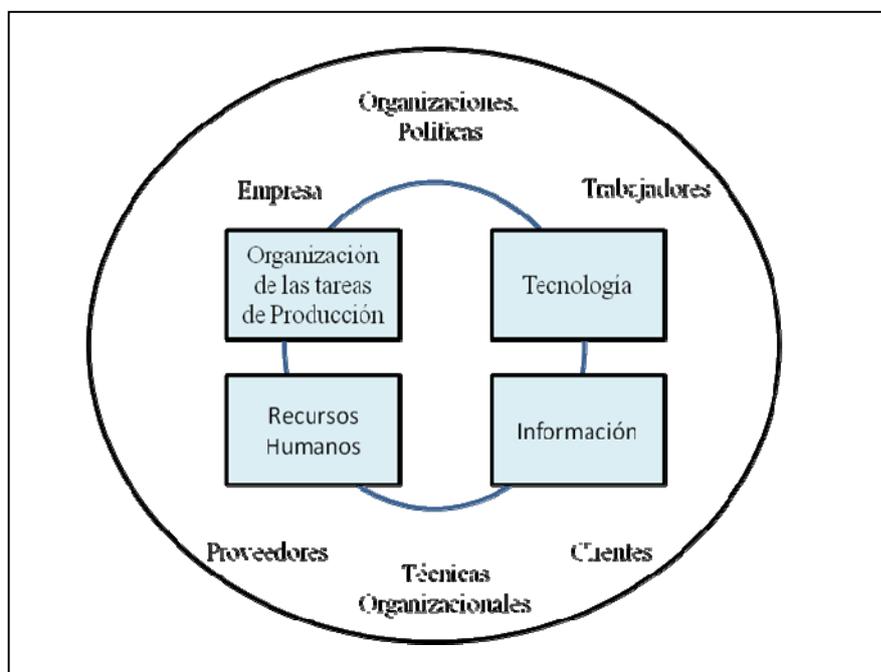


Figura 3-3: Enfoque sistémico de la administración de la producción
(Jacobsen et al, 2002)

Nahmias (1997), sostiene que el objetivo de un Sistema de Producción es la realización de una planificación agregada, para determinar las cantidades exactas de producción necesaria así como los recursos requeridos para alcanzar dicha producción, lo que en la práctica debiera reflejarse en la definición del número de trabajadores que serán empleados y el número de unidades que serán producidas en un periodo estimado. Además en términos operativos un Sistema de Producción debe involucrar en el proceso de producción a los proveedores para obtener un flujo de materiales y de información adecuado.

De esta manera, Paiva et al (2004), señala que los sistemas de producción, organizan las distintas decisiones establecidas, planificando la estrategia de producción agrupándola en distintas categorías:

- Capacidad: Decisiones relacionadas con la capacidad de las instalaciones, siendo definidas por el sitio de trabajo, los equipos y los recursos.
- Instalaciones: Esta relacionado con las decisiones acerca de la ubicación geográfica, el tipo de proceso de producción, el volumen y el ciclo de vida.
- Equipos y procesos tecnológicos: Esta relacionado con los equipos y procesos que intervienen en los procesos productivos.
- Integración Vertical: Es la relación existente con los proveedores y subcontratos.
- Recursos Humanos: Actúa sobre la base de las políticas existentes, para mantener el trabajo en equipo y la motivación para alcanzar los objetivos de la empresa.
- Calidad: Esta categoría se refiere a la responsabilidad del control de productos y el entrenamiento necesario para la obtención de productos conformes.
- Alcance de nuevos productos: Se refiere a la administración de la innovación de productos y procesos productivos.
- Sistema gerencial: Esta relacionado con la responsabilidad de las decisiones tomadas en cuanto a planeamiento, sistemas de control, políticas operacionales, organización.
- Relación interfuncional: Involucra sistemas gerenciales y mecanismos que fomentan la interacción entre las distintas áreas funcionales.

Se puede decir entonces que las decisiones en torno la administración del Sistema de Producción, entregan las directrices necesarias para el funcionamiento general de las actividades de producción.

Tabla 3-1: Análisis de las alternativas por áreas

Área de decisión	Decisión	Alternativas
Plantas y equipos	Envergadura del proceso	Hacer o comprar
	Tamaño de la planta	Una gran planta o algunas más chicas
	Ubicación de la planta	Localizarla cerca de los mercados o cerca de los materiales
	Decisiones de inversión	Invertir principalmente en edificios o equipos o inventarios o en investigación
	Elección de equipos	Equipos de propósito general o propósito especial (particular)
	Tipo de herramientas	Temporales, herramientas mínimas o "herramientas de producción"
Planificación y control de la producción	Frecuencia de toma de inventario	Pocas o muchas rupturas en la producción para reservas de holguras
	Tamaño del inventario	Alto inventario o bajo inventario
	Grado de control del inventario	Control en gran detalle o en menor detalle
	Qué controlar?	Controles diseñados para minimizar las inactividades de las máquinas o el costo laboral o el tiempo en el proceso, o para maximizar los outputs de un producto en particular o el material
	Control de calidad	Alta fiabilidad y calidad o costos bajos
	Uso de estándares	Formal o informal o ninguno de los dos
Mano de obra y dotación de personal	Especialización en el trabajo	Altamente especializado o no altamente especializado
	Supervisión	Supervisores de primera línea técnicamente entrenados o no supervisores técnicamente entrenados
	Sistema de sueldos	Muchos grados de empleo o pocos grados de empleo; sueldos de incentivo o sueldos por horas
	Supervisión Ingenieros Industriales	Supervisión estricta o relajada Algunos o pocos de ellos
Diseño del producto/ Ingeniería	Tamaño de la línea de productos	Muchos clientes especiales o pocos especiales o ninguno de los anteriores
	Estabilidad del diseño	Diseño único o muchas órdenes de cambio de ingeniería
	Riesgo tecnológico	Uso de procesos nuevos no probados por los competidores o política de seguir al líder
	Ingeniería Uso de ingeniería de manufactura	Diseño envasado completo o enfoque de diseño a la medida Pocos o muchos ingenieros de manufactura
Organización y Gestión	Tipo de organización	Funcional o foco en el producto o geográfica u otra
	Uso del tiempo de los ejecutivos	Alto involucramiento en las inversiones o planificación de la producción o control de costo o control de la calidad u otras actividades
	Grado de riesgo asumido	Decisiones basadas en mucha o poca información
	Uso del personal	Grandes o pequeños grupos de personal
	Estilo de ejecutivos	Mucho o poco involucramiento en los detalles; autoritarios o estilo no directivo; mucho o poco contacto con la organización

3.3 Clasificación de Sistemas de Producción

Un Sistema de Producción se inicia con la formulación de un objetivo y la elección de un producto a comercializar, para lo cual se deben tener en cuenta la capacidad y los distintos recursos ya sean humanos, materiales, financieros, equipos que contribuirán a la consecución del objetivo inicial.

La clasificación de los Sistemas de Producción está determinada por el tipo de producto que se producirá, por la cantidad, tecnología y equipos que se utilizarán. De acuerdo con Arbones (1991) y Ebert et al (1991), existen 4 formas de clasificación de Sistemas de Producción: Continuo, Intermitente, Modular y por Proyecto. Chase, Aquilano y Jacob (2000), añaden que los sistemas de producción son clasificados de acuerdo a la continuidad y repetitividad del proceso y producto.

Schroeder (1992), señala en forma más conservadora la existencia de tres tipos de sistemas de producción, coincidiendo con Spearman (1996), siendo estos:

- Sistema de Producción en serie: Volumen de fabricación elevada y baja diversidad de productos, utilización de mano de obra poco especializada. Este sistema, también es denominado como Sistema de Producción repetitivo y requiere un nivel de programa detallado (Gray y Larson, 2002).
- Sistema de Producción en Intermitente: Bajo volumen de fabricación y gran variedad de productos, utilización de la mano de obra especializada.
- Sistema de Producción por Proyecto ó Unidad: Se realiza a través de una serie de pases, no está definido la cantidad y variedad de productos, pero si la secuencia de operaciones, son de alto costo y requieren mayor análisis en el control y planeación (Arbones, 1991). Adicionalmente en un Sistema de

Producción por proyecto algunos *inputs* son producidos en el sitio para la ejecución o montaje.

Tabla 3-2: Comparación de los tres Sistemas de Producción

Características del Producto	Sistema de Producción en Serie	Sistema de Producción Intermitente	Sistema de Producción por Proyecto
Proceso			
Tipo de Pedido	Continuo	En lotes	Una sola unidad
Volumen	Alto	Bajo	Una sola unidad
Variedad de Productos	Bajo	Alto	Muy alto
Tipo de Mercado	Masivo	Clientes	Único por necesidad
Mano de Obra			
Capacitación y especialización	Baja	Alta	Alta
Tipo de Tareas	Repetitivas	No repetitivas	No repetitivas
Fabricación	Automatizada	Fabricación Mixta	Fabricación Mixta
Capital			
Inventario	Bajo	Alto	Medio
Utilización de equipos	Permanente	Intermitente	Mixta
Control			
Control de la Producción	Fácil	Difícil	Difícil
Control de Calidad	Fácil	Difícil	Difícil
Control de Inventarios	Fácil	Difícil	Difícil

De acuerdo a la literatura, los proyectos de construcción deberían estar diseñados bajo en concepto de Sistemas de Producción por proyecto dadas las características de este tipo de sistemas.

En Sharmm (2004), Slack et al. (2004), se define que los Sistemas de Producción por proyecto tienen características generales que permite distinguirlos

de otros tipos de proyecto como: la formulación de Objetivos, la complejidad gobernada por la cantidad de tareas interrelacionadas, la autenticidad que representa un proyecto, distinto a otro, la incertidumbre, la duración inexacta de trabajo y el ciclo de vida que origina mayor rotación de los recursos.

3.4 Alcances del Sistema de Producción

Para llevar a cabo un adecuado Sistema de Producción, es necesario diseñar en forma estratégica los elementos que deberán tenerse en cuenta para una operación exitosa.

Según Nahmias (1997), existen 4 elementos que no deben faltar al momento de diseñar un Sistema de Producción de cualquier industria y son:

- **Horizonte de Tiempo:** Se refiere a la ventana de tiempo requerida o periodo para llevar a operación un Sistema de Producción, por lo que deberá hacerse un análisis a largo, mediano y corto plazo, requiriendo información específica en cada periodo.
- **Visión:** De acuerdo con Skinner (1974), existen decisiones importantes a considerar, para una adecuada estrategia de producción y son:
 - La tecnología, que se considera para entregar mayor eficiencia a la operación.
 - Demanda del mercado: teniendo que considerar los precios, la competencia y las especificaciones del producto final.
 - Volúmenes de Producción: Se deberán analizar, las cantidades de producción considerando el espacio y distribución de recursos de la planta.

- Calidad: El nivel de calidad requerido será establecido inicialmente así como los controles que se harán durante el periodo de operación.
- Actividades de Producción: La producción debe ser continua, evitando interrupciones por tareas que no fueron diseñadas y que forman parte de la línea de producción, por lo que los trabajadores deben conocer sus respectivas tareas y su función dentro de la cadena de producción (Hayes y Wheelwright, 1984).
- Control y Evaluación: Existen muchos indicadores con los que se puede determinar, la forma en que se completó la operación, sin embargo los más representativos son: Costo, Calidad, Confiabilidad (se refiere que lo diseñado en el periodo de tiempo no se aleje de la realidad, en la operación) y Satisfacción del Cliente: Se refiere a que el cliente, no solo deberá quedar satisfecho sino que además convencido de la eficiencia con la que se realizó la operación y que el producto se realizó de acuerdo a los plazos y costos convenidos.

Estos indicadores, fueron incorporados en la metodología de evaluación desarrollada en el Capítulo 5 de la presente tesis.

- Consistencias requeridas: De acuerdo con Skinner (1974), existen numerosas causas, acerca de las inconsistencias observadas en diferentes empresas de la industria manufacturera y son:
 - Mayor profesionalismo en la Planta: Muchos profesionales buscan el reconocimiento y maximizan la contribución de su personal, pero lamentablemente no se hace un trabajo en conjunto, por lo que no se

alcanzan los mismos objetivos comunes y se destaca la optimización del trabajo por áreas.

- Proliferación de Productos: Las empresas normalmente, buscan producir un mayor número de productos, sin embargo no ponen atención en la capacidad de la planta exigiendo mayor producción con resultados de baja calidad.
- Cambios en las tareas de producción: Esto se refiere a que la gerencia busca responder la demanda del mercado, sin embargo no se realizan los cambios necesarios tanto en la planta como en los recursos necesarios para responder en forma adecuada al mercado.
- Las actividades de producción no son explícitas: Los gerentes de área no comprenden la necesidad de entregarles a los trabajadores información estratégica, ya sea de plazos y objetivos corporativos.

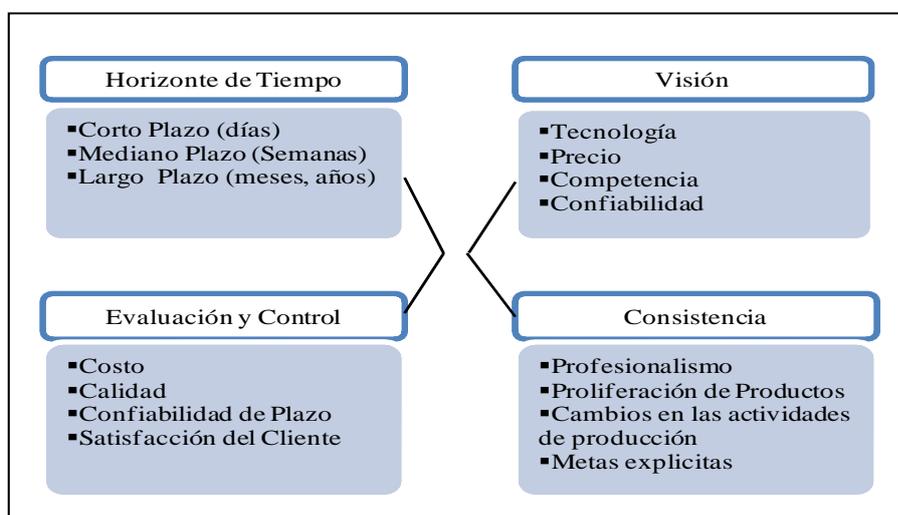


Figura 3-4: Elementos de un Sistema de Producción
(Nahmias, 1997)

Se puede reconocer, que las inconsistencias señaladas por Skinner (1974), son atribuibles a la industria de la construcción de acuerdo a lo estudiado preliminarmente, por lo que al proponer una metodología de mejoramiento se tuvieron en consideración estos elementos.

El alcance de la toma de decisiones en la administración de la producción es un procedimiento clave que genera el análisis de todas las actividades de un Sistema de Producción y están agrupadas por: Decisiones Estratégicas, Operativas y de Control.

Gaither y Frazier (2000), señalan que una adecuada administración de las operaciones de una empresa, puede agregar un valor sustancial, mejorando su competitividad y su rentabilidad a largo plazo. Las malas decisiones en términos de administración de la producción, pueden dañar la posición competitiva de una empresa e incrementar sus costos en cambio, las buenas decisiones de operación pueden mejorar el valor de la empresa al incrementar su rentabilidad y crecimiento.

Diversos autores han desarrollado la importancia de la toma de decisiones en el diseño de los Sistemas de Producción, sin embargo de la revisión de 6 autores se puede definir que no existen grandes diferencias acerca del alcance que debieran tener los Sistemas de Producción.

Tabla 3-3: Resumen de decisiones consideradas en el diseño de los Sistemas de Producción (Adaptado de Araujo, 2006)

Nahmias, 1997	Slack et al. 1997	Gaither y Fraizer, 2001	Askin y Goldberg, 2001	Dilworth, 2000	Moreira, 1996
Capacidad	Integración Vertical	Capacidad	Capacidad	Capacidad	Capacidad
Control	Capacidad	Tecnología	Flujo	Flujo	Layout de Instalaciones
Tecnología	Tecnología	Integración Vertical	Layout de Instalaciones	Tecnología	Flujo
Plan de Trabajo	Plan de Trabajo	Plan de Trabajo	Control de Recursos	Plan de Trabajo	Layout de Instalaciones
Flujo	Layout de Instalaciones	Layout de Instalaciones			Plan de Trabajo
	Flujo				

Además Marin et al (1999), señalan que las decisiones en términos de recursos en el área de producción se pueden distinguir entre decisiones de estructura y de infraestructura (Hayes y Wheelwright, 1984); (Martín Peña y Díaz Garrido, 2007); (Urgal González y García Vázquez, 2005). Así mismo menciona que las decisiones de estructura tienen impacto a largo plazo y requieren de una inversión importante (tecnología, integración vertical, capacidad, etc.), mientras que las decisiones de infraestructura tienen que ver con los aspectos de la gestión táctica del negocio (gestión de personal, control de calidad, gestión de operaciones, etc.).

De acuerdo con Skinner (1985), existen decisiones por áreas que pueden potenciar la producción eficiente y lograr mayor ventaja competitiva: Lugar de trabajo y Equipos, Planificación y Control, Fuerza de Trabajo, Diseño del Producto e Ingeniería, Organización y Administración.

Paiva et al. (1994) considera que el alcance de un Sistema de Producción, influye en el éxito y genera mayor ventaja competitiva, además agrega que existen 5 criterios estratégicos a tomar en cuenta:

- Costo: La empresa puede competir en base al costo, condicionando la producción a los márgenes de ganancia.
- Calidad: La empresa puede optar por brindar mayor calidad que sus competidores.
- Entrega: Competir en base a la entrega, significa que la empresa debe ser capaz de movilizar los recursos necesarios, para entregar los productos de acuerdo a los plazos solicitados.
- Flexibilidad: Una empresa debe tener la capacidad de afrontar los cambios en los lotes de producción o en los productos.
- Innovación: Este criterio es entendido, como la capacidad para proyectar nuevos productos o servicios en el mercado.

3.4.1 Capacidad de Producción

La capacidad, suele considerarse como la cantidad de producción que un sistema es capaz de lograr durante un periodo específico de tiempo (Chase et al, 2004).

De acuerdo con Gaither et al (2001), la capacidad generalmente significa una tasa máxima en la cual un Sistema de Producción produce bienes e insumos.

La capacidad de producción es la primera decisión estratégica a ser analizada en un Sistema de Producción, siendo determinada por medio del balance entre la demanda de operaciones y sus habilidades para responder necesidades a largo plazo. (Slack y Lewis, 2001).

De acuerdo con Chase et al, (2004), existen grandes tareas con respecto a la gestión de la capacidad productiva, la primera investiga los movimientos a largo plazo en demanda de las estrategias para liderar esos cambios. Esas estrategias respecto a la introducción o eliminación de grandes incrementos de capacidad física son llamadas estrategias a largo plazo.

Las preguntas relacionadas con el planeamiento de capacidad a largo plazo se relacionan con las preguntas estratégicas de iniciar operaciones y de adecuar las instalaciones que serán utilizadas en la producción (Krajewski y Ritzman, 1992).

Según Chase et al (2000), el objetivo de la planeación estratégica de la capacidad es proveer criterios para determinar el mejor nivel de capacidad general de los recursos, con utilización intensiva del capital, instalaciones, equipos y fuerza laboral, para respaldar la estrategia de competitividad de la empresa.

Las decisiones de planeación de capacidad tienen un impacto estratégico para el desarrollo de sistemas de producción. Una política de capacidad tiene efecto directo sobre los costos y muchos efectos indirectos en el desempeño de un Sistema de Producción puesto que influyen a otros elementos del planeamiento y control, incluyendo el planeamiento agregado, y la programación y control a corto plazo (Hopp y Spearman, 1996).

Slack y Lewis (2001), mencionan que el planeamiento de la capacidad puede estar presente en diferentes etapas en el tiempo, pudiendo ser a un nivel estratégico, táctico y operacional.

Tabla 3-4: Niveles de decisión de capacidad (Adaptado de Araujo, 2006)

Nivel	Escala de Tiempo	Decisiones Principales	Preguntas Claves
Estratégico	Meses/ Años	Construcciones, Instalaciones, tecnología de procesos	¿Cuál es la capacidad total necesaria?, ¿Cómo puede ser distribuida la capacidad?, ¿Dónde se requiere mayor capacidad?
Táctico	Meses/Semanas	Contratación de personal, subcontratos	¿Se puede modificar la demanda?, ¿Se puede subcontratar una demanda?
Operacional	Semanas/Horas/Minutos	Contratación de equipos	¿Cuáles son los recursos que deben ser ubicados para la ejecución de tareas?, ¿Cuándo las actividades pueden ser ligadas a los recursos en forma individual?

Arnoletto (2007), afirma que la planificación táctica de la capacidad concreta los objetivos de cada área en el mediano plazo, con mayor detalle, la función de operaciones, en el nivel táctico trata de proyectar el futuro deseado para un lapso definido de tiempo, los medios necesarios y las actividades a desarrollar para conseguir realizarlo.

Las decisiones tomadas por la gerencia de producción acerca del planeamiento de la capacidad afecta diversos aspectos de desempeño, como el costo, la calidad el tiempo de respuesta, la demanda del cliente, la confiabilidad y flexibilidad del proceso (Slack y Lewis, 2001).

De acuerdo con Schroeder (1992), el nivel de capacidad que se elija tiene una gran importancia, por su impacto sobre la rapidez de respuesta, la estructura de costos, la política de inventarios, etc. Una capacidad insuficiente puede hacer perder clientes por lentitud de servicio, ofreciendo un flanco débil a los

competidores. Una capacidad excesiva puede reducir ganancias por costos excesivos, sub utilización de la mano de obra, inventarios elevados, etc.

Un Sistema de Producción, está compuesto por un conjunto de procesos que a su vez poseen capacidades de producción individuales. Para que un Sistema de Producción opere con eficacia todos sus procesos deberían de mantener una misma capacidad productiva. En tanto los procesos posean capacidades diferentes situación poco usual, la capacidad del sistema será limitada por la capacidad del proceso más lento y con menor capacidad productiva (Slack y Lewis, 2001).

Otra característica de la capacidad de producción es que una serie de restricciones puede limitarla, sin embargo otro concepto importante, dentro de la planeación estratégica de la capacidad, es el de curva de la experiencia o del aprendizaje, que se basa en el hecho de que, a medida que las plantas acumulan producción y aumentan su cadencia productiva, también mejoran sus métodos de producción y por consiguiente reducen sus costos, de una manera más o menos predecible (Arnoletto, 2007).

3.4.2 Proveedores y Planificación

Los sistemas de producción, demandan para su funcionamiento de insumos, los cuales son una gama distinta de materiales como materias primas, equipos, herramientas y otros, por lo que la ubicación de estos es un factor determinante en el éxito de un sistema.

El éxito de un proyecto depende de la correcta planeación que se realice, por lo que elegir los recursos adecuados es uno de los pasos más importantes, pues la informalidad al respecto podría traer malas consecuencias.

Una buena construcción depende en gran medida de una correcta planeación, elegir la materia prima adecuada es el paso más importante: ni la suerte y la casualidad tienen buenos antecedentes en el sector, por eso es importante elegir materiales que garanticen que las buenas ideas se conviertan en soluciones impecables.

3.4.3 *Layout* o Plan de Ataque

De acuerdo con El-Rayes y Said (2009), el planeamiento de la disposición de *layout* en proyectos de construcción es bastante dinámico y se centra en identificar la ubicación y el área de las instalaciones temporales de la construcción en lugares específicos debido a las necesidades y disponibilidad de espacio durante el desarrollo de un proyecto.

El *layout* de una operación productiva está relacionado con la ubicación física de los recursos de transformación, es decir donde serán ubicadas las instalaciones, las maquinas, equipos y la mano de obra, determinando la forma y apariencia del Sistema de Producción (Slack et al 2004).

Además visto como el planeamiento del sitio en los proyectos de construcción se basa en identificar la ubicación y el espacio de las instalaciones temporales, de acuerdo a las necesidades y disponibilidad durante la duración del proyecto (El Rayes y Said, 1999).

Un buen diseño de *layout* puede contribuir a varios beneficios, como la disminución de movimientos o recorridos de trabajadores innecesarios, pudiendo además afectar la calidad y seguridad de los recursos involucrados (Saurin, 1997).

Existen diferentes tipos de procesos productivos y diferentes tipos de *layout* de instalaciones que son los que dan soporte a los procesos, siendo

clasificados como *layout* por proceso, *layout* por producto, *layout* de manufactura celular y *layout* por posición fija (Alana 2004).

De acuerdo con Saurin (1997), en las edificaciones existen varios tipos de *layout* específicos por cada producto, de este modo los *layouts* normalmente son de posición fija y son los que representan la ubicación de los equipos.

Son varios los factores que influyen las decisiones tomadas acerca de la disposición del *layout*, dígase como la naturaleza de los materiales o maquinarias involucrados en el proceso y las exigencias específicas que pueden afectar la manipulación, instalación o puesta en marcha. (Davis et al, 1999)

4. LA PRODUCCIÓN EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Para un mayor entendimiento de la administración de la producción y del comportamiento de los sistemas de producción en la Construcción, es necesario comprender las características más relevantes de esta industria. De esta manera, este capítulo muestra los alcances de la filosofía de producción *Lean Construction*, así como las técnicas de mejoramiento de procesos y las investigaciones más recientes acerca de Sistemas de Producción bajo el enfoque de construcción sin pérdidas.

4.1 Filosofía Lean

Esta filosofía tiene sus inicios en Japón, en la década de los cincuenta debido a la necesidad de reconstruir el país después, de la segunda guerra mundial, para lo cual se consultaron a especialistas americanos como: Deming, Juran, Feingenbaun. Esta filosofía fue bastante difundida en la industria automotriz, siendo implementada inicialmente por *Toyota Company*, su creador Taiichi Ohno confiaba en la posibilidad de eliminar todo tipo de actividad que no agregara valor, con la finalidad de mejorar la productividad de la empresa.

En particular, Toyota logró liderar el nuevo sistema productivo en la época. Algunas de las políticas y operaciones desarrolladas fueron (Ohno, 1993):

- Para integrar a sus trabajadores y resolver el descontento laboral, introdujo nuevos conceptos en el área de administración de recursos humanos, dentro de los cuales se destacan: el trabajo de por vida, pago por antigüedad y bonos en dinero. Esto se tradujo en cambios radicales en los paradigmas del personal generando, como el compromiso de estos hacia la empresa, los

cuales tomaron una actitud innovadora y activa en cuanto a propuestas de soluciones, en post de mejorar la eficiencia de los sistemas productivos.

- La empresa se orientó principalmente a la calidad y eliminación de partes defectuosas que se perdían o debían repararse a altos costos. Se puede destacar que uno de sus principales fuentes de errores en cuanto a calidad de la producción masiva era no detener la líneas de producción, lo cual hace pasar por alto errores que se multiplican dramáticamente hacia el final de la línea de producción, ignorándose la posición en donde se encontraba la generación del error base. En este sentido introdujo a los trabajadores la conciencia de eliminar los errores básicos con la técnica de los “5 por qué”.
- Para tener trabajadores motivados y muy especializados, los ingenieros de Toyota introdujeron el trabajo en equipo, el que contaba con un líder, de manera que el grupo tuviera las habilidades de mejorar colectivamente el proceso, el cual se conoce como circulo de calidad (proceso continuo de mejoramiento incremental).
- La empresa, también desarrollo una nueva forma para coordinar el flujo de insumos en el sistema de abastecimiento en base a las necesidades del día a día, denominado Kanban, conocido en la época como *Just in Time*.

A principios de los años noventa, esta nueva filosofía llamada *Lean Production*, se transformó en la principal fuente de gestión dentro del mundo empresarial, siendo “exportada” a otros campos de la industria como la producción enfocada hacia el cliente, servicios, administración gestión y desarrollo de productos, etc. (Betanzo, 2003).

La filosofía Lean se centra en reducir o eliminar las actividades que no agregan valor, tales como: la inspección, los tiempos de espera y el transporte.

Otro punto fundamental, es el manejo de los procesos como un modelo de flujos en contraposición con el modelo de transformación (Koskela, 1992). El modelo de flujos permite visualizar las pérdidas, lo que con el modelo de transformación no es posible.

Según Alarcón (2001), esta filosofía promueve el mejoramiento continuo de los procesos productivos, mediante la eliminación de “pérdidas” (tiempo, procesos innecesarios, recursos, etc.).

Son múltiples los autores que han estudiado el sistema Lean intentando buscar los principales elementos que le dan vida al sistema. Womack y Jones (1996) identifican 5 elementos centrales:

- Valor: Especificar el valor de acuerdo a las expectativas del cliente.
- Flujo de valor: Identificar aquellas actividades que aportan valor, y eliminar todas las actividades que no lo aportan.
- Flujo: Entender que cualquier detención del flujo hacia el producto debe comprenderse como pérdida.
- Tirar la producción: Permitir que los actores de la cadena productiva arrastren el producto, evitando la ejecución de tareas innecesarias y el exceso de capacidad.
- Perfección: Administrar pensando siempre en la perfección (cero defecto y combatir los problemas desde sus causas).

La filosofía Lean ha cambiado la manera de trabajar, ordenando muchas empresas haciéndolas más competitivas, con trabajadores cada vez más comprometidos y motivados, además se están introduciendo nuevos enfoques de Gestión como: Seis Sigma, *Quality Function Deployment*, Construcción

Sustentable, *Just-in-Time*”, *Just in Case*, “*Total Quality Management*” (TQM), “*Total Productive Maintenance*” (TPM), “*Visual Management*” y “Re-ingeniería”.

4.2 Construcción *Lean*

El pensamiento *Lean*, es una nueva forma de administrar la construcción, y aplica las técnicas de manufactura a la construcción, tratando de lograr mayor estandarización a los proyectos, considerando la dinámica existente de la construcción (Ballard y Howell, 1998a).

La filosofía *Lean Construction* puede ser aplicado a cualquier tipo de construcción, especialmente a proyectos complejos, variables y rápidos (Howell, 1999).

Lo que diferencia *Lean Construction* de las prácticas convencionales es su enfoque en las pérdidas y cómo reducirlas. El segundo enfoque fundamental es el manejo del modelo de flujos planteado por Koskela (1992) en contraposición del modelo de transformación. El modelo de flujo de procesos permite visualizar las abundantes pérdidas que usualmente se encuentran en la construcción y que el modelo de transformación no permite ver. En vez de mejorar únicamente los procesos, la nueva filosofía apunta a mejorar tanto los procesos como los flujos. Por lo tanto, la teoría de Construcción *Lean* requiere fortalecer los sistemas de gestión de producción así como los procesos de producción en sí, centrando su trabajo en el manejo de un sistema adecuado de planificación operacional y diseño de procesos.

De acuerdo con Howell (1999), la administración de la construcción bajo el pensamiento *Lean*, es diferente de la práctica habitual ya que:

Se tienen claros los objetivos de los procesos

Contribuye a maximizar el desempeño del cliente en el proyecto

Se diseña el producto y el proceso

Aplicar el control de la producción durante todo el ciclo del Proyecto

El enfoque *Lean Construction*, apunta a generar a través de la planificación de la producción, un flujo de trabajo más confiable así como resolver en equipo las causas de la variabilidad en los procesos (Ballard, 1999b).

El nuevo concepto de producción, puede ser definido de la siguiente forma (Koskela, 1992):

La producción, es un flujo de materiales y/o información desde las materias primas hasta el producto final. En este flujo, el material es procesado (transformado), inspeccionado, permanece en espera o en movimiento. Estas actividades son inherentemente diferentes. El procesamiento representa el aspecto de transformación de la producción, en cambio, la inspección, el movimiento, y la espera representan el aspecto de flujo de la producción.

Los procesos de flujo pueden ser caracterizados por tiempo, costo y valor. El valor de un producto se puede determinar sólo en referencia al cliente y a las metas de producción que satisfacen las necesidades del cliente, oponiéndose al modelo de transformación, donde subprocessos internos de producción se definen antes que el cliente.

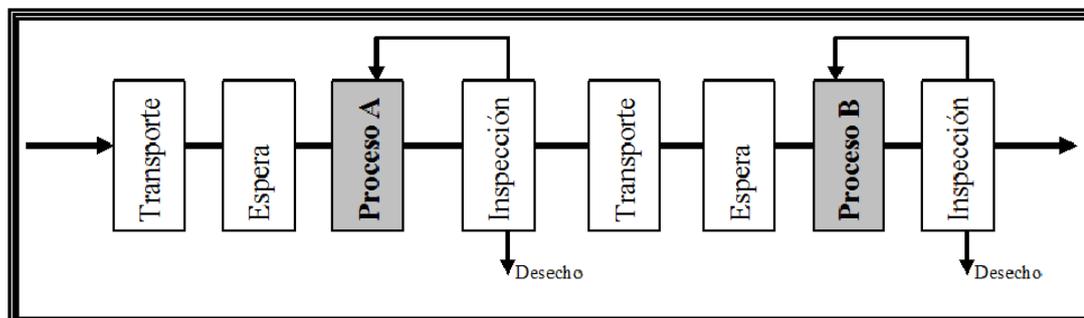


Figura 4-1: Esquema conceptual de producción *Lean*

(Koskela, 2000)

En la mayoría de los casos, sólo las actividades de procesamiento son transformaciones de tamaño o sustancia, montaje y desmontaje (Ver Figura 2.3).

Así, la nueva conceptualización implica una visión dual de producción, que consiste en transformaciones y flujos. La eficiencia de la producción es atribuible a la eficiencia de las actividades de transformación y a la eficiencia de los flujos de actividades (a los que pertenecen las actividades de transformación). Todas las actividades implican costos y consumen tiempo, pero es importante distinguir aquellas actividades que agregan valor y las que no lo hacen.

La filosofía *Lean Construction*, propone una base de estudio de once principios claves para el correcto control y administración de la producción (Koskela, 1992)

- Reducción de actividades que no agregan valor
- Aumento del Valor por medio de la consideración de los requisitos del cliente
- Reducción de la variabilidad
- Reducción del tiempo de ciclo

- Simplificación, minimizando pasos
- Aumento de la flexibilidad en la ejecución de productos
- Aumento de la Transparencia
- Enfoque en el control de todo el proceso
- Mejora continua
- Balance de flujos y mejora de la conversión
- Benchmarking

La filosofía *Lean Construction* logra captar las peculiaridades de los sistemas productivos en la industria de la construcción, proponiendo diferentes herramientas para enfrentar acertadamente el dinamismo, la variabilidad, y la temporalidad de los proyectos (Koskela, 1992).

4.2.1 Teoría TFV

Koskela (2000), afirma que la producción puede ser conceptualizada en tres maneras, como transformación, como flujo y Valor y que en la producción estos valores debieran ser simultáneamente utilizados.

Los conceptos de Transformación, Flujo y Valor de producción, no son alternativas excluyentes o teorías de producción competidoras, sino más bien parciales y complementarias. Cada una de éstas se focaliza en un cierto aspecto del fenómeno de producción: el concepto de transformación en la transformación para generar valor; el concepto de flujo en las actividades que no agregan valor; y el concepto de generación de valor se centra en el control de la producción desde el punto de vista del cliente.

Tabla 4-1: Integración de la perspectiva TFV (Koskela, 2000)

	Perspectiva de Transformación	Perspectiva de flujo	Perspectiva de generación de valor
Conceptualización de la producción	Como transformación de inputs en outputs	Como un flujo de materiales, compuesto de transformaciones, inspecciones, transporte y esperas.	Como un proceso donde el valor para el cliente es generado a partir de la plena satisfacción de sus necesidades
Principios Principales	Hacer la producción en forma eficiente	Eliminación de pérdidas (actividades que no agregan valor)	Eliminación de pérdidas de valor
Métodos y Prácticas	WBS, MRP, OBS	Flujo continuo, control de producción pull, mejoramiento continuo	Métodos de captura de requerimientos, despliegue de la función de calidad
Contribución Práctica	Cuidar lo que hay que hacer	Cuidar de que lo innecesario es realizado lo menos posible	Cuidar de que lo requiere el cliente es satisfecho de la mejor forma posible
Nombre sugerido para la aplicación práctica de la perspectiva	Task Management	Flow Management	Value Management

Koskela (1999) sostuvo que sufrimos por las deficiencias encontradas en la realidad en el área de la construcción; y piensa que hay tres amplias repercusiones. En primer lugar, los problemas de rendimiento crónico. En segundo lugar, la falta de teoría explícita, ha sido difícil de aplicar métodos de gestión de flujo y la gestión de valor en la construcción. En tercer lugar, nuestros esfuerzos por desarrollar procesos usando la tecnología de información o industrialización, han sido obstaculizados por la falta de una teoría. Koskela et al. (2002) define la teoría TFV como una metodología para el diseño, control y mejoramiento de la producción y deben llevarse a cabo como una integración de transformación, flujo y conceptos de valor y no como conceptos alternativos (Koskela 2000).

(Tsao, 2005). Afirma que la visión de los planificadores de proyecto acerca de la producción relacionada con la teoría TFV es la siguiente: la Producción como la transformación de inputs y outputs enfocando la minimización de costos de cada transformación en forma independiente, la producción como el flujo de materiales resultantes de la transformación, inspección, movimiento y esperas, la producción como generación de valor como un proceso donde el valor es creado para sus clientes cumpliendo sus requerimientos.

Para lograr las metas de producción, los tres conceptos deben estar en forma balanceada y sus interacciones controladas para evitar anomalías. Evidentemente, un Sistema de Producción donde los principios de los tres conceptos han sido implementados en todos los niveles de administración tendrá mejores desempeños que uno donde los conceptos han sido implementados en menor forma (Koskela, 2000).

Tabla 4-2: Interacciones entre TFV (Koskela, 2000)

	Impacto en T	Impacto en F	Impacto en V
Impacto de T en otro concepto		Tecnología de transformación más cara proveerá una menor variabilidad	Inputs más costosos contribuirán a obtener un mejor resultado
Impacto de F en otro concepto	Flujos con menor variabilidad requieren menor capacidad. Es más fácil introducir tecnologías de transformación si existe menor variabilidad.		Sistemas de producción más flexibles permiten satisfacer más patrones de demanda. Sistemas de producción con menor variabilidad interna, son capaces de producir productos de mejor calidad
Impacto de V en otro concepto	Modelos de demanda más variables permiten beneficios a escala y mayor utilización	Perfeccionamiento de la relación entre el cliente interno y los proveedores contribuye a reducir pérdidas.	

Adicionalmente Bertelsen y Koskela (2002), proponen un set de reglas para mejorar los sistemas de producción bajo el enfoque TFV, siendo estos: Integración, Balance, Sinergia y Contingencia, con lo que se puede poner en práctica la teoría abordada.

4.2.2 Concepto de Flujo

Los conceptos de Flujo abordados por Koskela (2000), determinantes en un Sistema de Producción consisten en el principio de reducir las actividades que no agreguen valor es decir las pérdidas y Singo (1996) las clasificó como 7 y son:

1. Pérdidas por superproducción
2. Pérdidas por productos defectuosos
3. Pérdidas por movimiento de material
4. Pérdidas por procesamiento
5. Pérdidas por inventarios
6. Pérdidas por espera
7. Pérdidas por movimiento

De acuerdo con Koskela 2000, en un Sistema de Producción cuando se habla de flujos, estos pueden ser de materiales e información, pero siempre se deben manejar las actividades que no agreguen valor, y básicamente del principio de Flujo se desprenden dos principios:

- Reducción de *Lead Time* o Tiempo de ciclo: que es el tiempo necesario para que un material se transforme en un flujo es decir es el tiempo de procesamiento, inspección, espera o transporte, por lo que significa eliminar las actividades que no agreguen valor en un proceso para lo cual recomienda la reducción del trabajo en lotes, reducción de las distancias de recorrido,

mejoras en el *layout* de la obra, balancear los flujos y modificar las actividades en orden secuencia y en forma paralela.

- Reducción de la Variabilidad: Para reducir la variabilidad se propone poner en práctica los principios heurísticos:
 - Simplificar: Esto puede ser comprendido como la reducción del número de pasos en un proceso, eliminando las actividades que no agregan valor y rediseñando las que si agregan valor.
 - Aumentar la flexibilidad: La flexibilidad puede ser de volumen, tiempo de entrega, producto y mixta (Slack et al, 2004).
 - Aumentar la transparencia: La transparencia es definida como la habilidad de comunicar un proceso a los integrantes de un proyecto y la comprensión mediante la visualización de los diferentes flujos, con la finalidad de eliminar los problemas en la ejecución (Formoso et al., 2002; Koskela, 1992).

4.2.3 Concepto de Valor

Los conceptos de generación de valor, están orientados diseñar los procesos para obtener productos que cumplan las expectativas del cliente (Koskela 2000).

En este sentido se consideran los siguientes principios como parte del concepto de generación de Valor:

- Necesidad de captura de los requerimientos del cliente
- Los requerimientos deben ser parte del Sistema de Producción
- Entendimiento de los requerimientos del cliente

- Asegurar la capacidad del sistema
- Entrega de productos de acuerdo a los requerimientos del cliente
- Asegurar la entrega del valor, a través de mediciones

La generación de valor puede ser comparada con la Gestión por Calidad debido a que permite incorporar mayor valor agregado a los productos y servicios, siendo cada vez más sofisticada. Se conceptualiza la producción desde la perspectiva del cliente, donde sólo genera valor lo que aporta a satisfacer sus necesidades.

Ballard et al. (2001), afirma que los productos deben ser diseñados para alcanzar el valor máximo requerido por los consumidores finales, de esta manera los sistemas de producción son diseñados con esta finalidad.

4.3 Técnicas Lean de Mejoramientos de Procesos

A continuación, se muestran algunas técnicas de mejoramiento usadas en proyectos de construcción, que desarrolladas bajo la filosofía *Lean Production*, cabe señalar que estas forman parte de la propuesta metodológica de mejoramiento de Sistemas de Producción desarrollada con mayor extensión en el Capítulo 6.

4.3.1 Phase Scheduling o Programación de Fases

El plan de fases (Ballard, 2000) es una herramienta que utiliza la técnica de tiro, de esta forma el sistema se sustenta en una concepción *pull* de las actividades la cual consiste en que la producción es jalada, evitando pérdidas por diferencias en los niveles de producción entre actividades lo que brinda un método práctico para generar un programa mucho más estable y de menor incertidumbre.

El plan de fases, genera una adecuada planificación realizada por un equipo de trabajo y no en forma individual, maximizando la generación de valor, en la cual todos los actores del proyecto participen, entiendan y estén comprometidos (Gepuc, 2002).

Para la generación de programas de trabajo usando esta técnica, es necesario en primer lugar formalizar la planificación de la fase y desarrollar una secuencia lógica que pueda ser ajustada, para después determinar las duraciones y de esa forma calcular el tiempo de inicio y fin, con lo que se obtiene un programa ideal, para luego incorporarle los recursos y estrategias adoptadas para el cumplimiento de dicho plan (Ballard, 2000).

Para la planificación de las actividades se propone mediante esta técnica, realizar un análisis desde atrás hacia adelante, determinando duraciones específicas de la actividad, ya que las holguras y los buffers de tiempo se dejan al final de cada fase de trabajo, para ajustar la producción ante cualquier desvío del programa.

Para realizar esta técnica es importante, tener reunidos a todos los integrantes o involucrados en el proyecto, de manera que estos se sientan comprometidos con la nueva planificación y con los compromisos que se adoptarán (Ballard, 2000).

La aplicación de esta técnica está formada por la ejecución de los siguientes 9 pasos.

Definir los trabajos incluidos en cada fase: Significa definir las actividades que serán incluidas en la planificación.

Determinar la fecha de término de la fase: Como se conoce el tipo de proyecto a ejecutar, se debe establecer la fecha de término de la Obra con lo se define la fecha de inicio.

En colaboración con el equipo de trabajo, desarrollar la malla de trabajo para la fase: Los participantes van generando el proyecto, desde el final hasta el inicio, se recomienda generar este punto sobre un mural.

Estimar la duración de cada actividad sin contingencias: Evaluar cómo se comportaría cada actividad, sin holguras o contingencias.

Reexaminar la lógica para tratar de disminuir la duración: Se revisa teniendo cuidado con la secuencia lógica de construcción establecida.

Determinar la fecha para el comienzo de la fase: Una vez terminada la reunión se debe decidir la fecha más temprana de inicio.

Redistribuir el tiempo: Si queda tiempo tras comparar la duración total de la fase, con la duración obtenida de la malla, decidir a cual o cuales de las actividades puede requerir mayor holgura.

Reestudio de la Programación: Si se excede el tiempo disponible, decidir donde incorporar más recursos para acelerar el programa.

Confirmar con el equipo: Consultar al equipo, si le acomoda la planificación propuesta. Si no es así, modificar el programa.

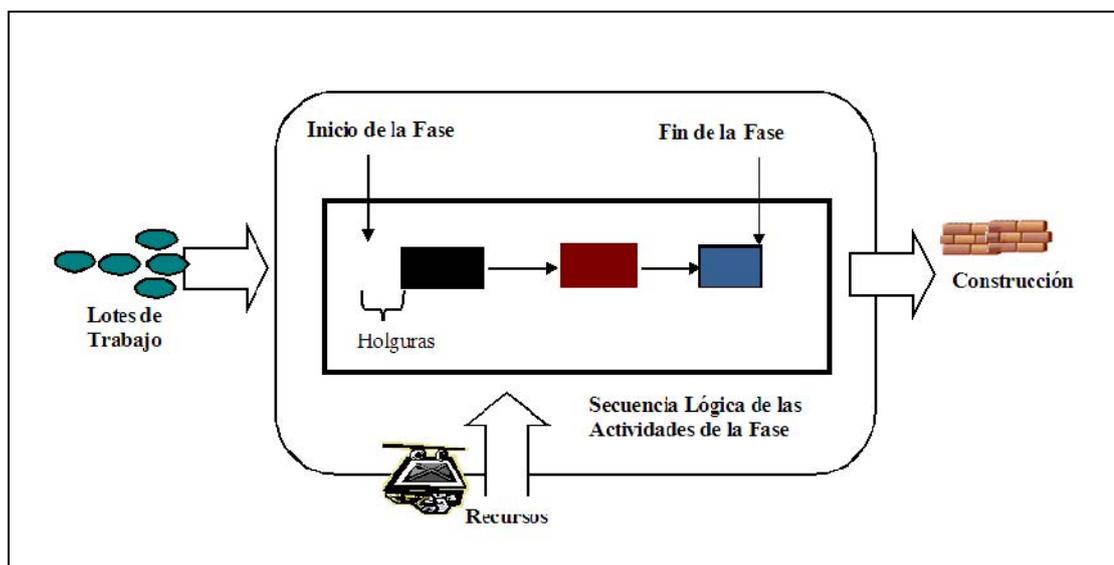


Figura 4-2: Representación esquemática de la planificación por fases.

La figura esquematiza, la forma como empieza el proceso de ejecución, ya que para ello se necesita establecer una secuencia lógica de actividades y la materialización se dan con el ingreso de Lotes de trabajo y Recursos, de inicio a fin, considerando una situación ideal, la holgura o Buffers es planificada al final, sin embargo esto puede variar necesitándose menos holgura o mayor cantidad de recursos para alcanzar a completar las actividades de la fase.

4.3.2 *Last Planner* o Último Planificador

Ballard (1994) plantea que una buena planificación ocurre cuando se superan algunos obstáculos presentes en la industria de la construcción, como son los siguientes:

- La planificación no se concibe como un sistema, sino que se basa en las habilidades y el talento del profesional a cargo de la programación.
- El desempeño del sistema de planificación no se mide.
- Los errores en la planificación no se analizan, ni se identifican las causas de su ocurrencia.

Ballard (2000), propone “el ultimo planificador” esta herramienta tiene como fundamento el seguimiento de los compromisos y la liberación de restricciones. Así, para el primero de los pilares, se deben identificar responsables de las diferentes tareas y hacer seguimientos al cumplimiento de estas. Con tal finalidad se Para ello, se usa el PAC (Porcentaje de la Planificación Completadas) como indicador numérico de cumplimiento y la identificación de “causas de incumplimiento” para propiciar el aprendizaje y mejorar los aspectos que no se estén manejando adecuadamente.

Esta herramienta busca incrementar la fiabilidad de la planificación y con eso mejorar el desempeño mediante compromisos confiables de planificación, así como preparar el trabajo suficiente para que pueda ser asignado cuando sea necesario, contribuyendo a mejorar un flujo de trabajo más confiable (Gepuc, 2002).

El sistema último Planificador, busca planificar solo las actividades que pueden ejecutarse, y no las que deberían o pueden, para ello se divide la planificación en etapas de tal forma llegar a la planificación semanal que es la operativa, con un programa de trabajo que si se puede cumplir, sin dejar de lado en enfoque en el programa maestro.

Al existir distintos niveles de planificación, se pueden liberar en forma paulatina las restricciones, planificando continuamente el trabajo futuro,

comprometiendo a los involucrados, para aumentar la probabilidad de cumplimiento.

Plan Maestro: Esto significa el programa completo del proyecto con todas sus actividades y debe ser desarrollado con la información real que represente las características más importantes del proyecto.

Programa de Fases: El programa de Fases se realiza en caso que el proyecto presente mayor complejidad, llegando a ser inmanejable. Para esto se agrupan en ciertas tareas en paquetes de actividades o bien se separa el programa maestro en fases de menos actividades (Betanzo, 2003).

Plan Intermedio: Este plan deriva del Programa Maestro y antecede al programa semanal, abarca un horizonte de tiempo entre 4 y 6 semanas ya que mayor tiempo hacia el futuro la incertidumbre aumentaría y la efectividad de la planificación disminuye. Es en esta etapa que se determinan los prerequisites de trabajo y recursos necesarios para su realización, eliminando las restricciones que afecten el cumplimiento del programa.

Planificación Semanal: Esta planificación es la que teóricamente la realiza el Último Planificador y muestra lo que realmente se va a ejecutar por lo que el nivel de detalle de este programa es mayor.

Algunas características propias para la obtención de los planes de trabajo semanal son:

- La correcta selección de la secuencia del trabajo, de acuerdo con el plan maestro establecido, las estrategias de ejecución y la constructabilidad (características que hacen que un diseño pueda ser construido).
- La correcta cantidad de trabajo seleccionada, teniendo en cuenta la capacidad de trabajo de las cuadrillas que ejecutarán las actividades.

- La definición exacta del trabajo por realizar y que puede hacerse, es decir, la garantía de que todos los prerequisites se han ejecutado y que se cuenta con recursos disponibles para tal fin.

La planificación semanal, se realiza con todos los involucrados directos o indirectos en el proyecto, y antes de definir las actividades de la próxima semana se deben revisar en primero lugar el cumplimiento de actividades (PAC) de la semana anterior. Para ello se comprueban que actividades fueron ejecutadas, asignándoles el número uno cuando fueron 100% completadas, mientras las actividades que no fueron ejecutadas se les asigna el valor 0.

Adicionalmente, con el ánimo de tomar acciones correctivas se deben analizar y documentar las causas de no cumplimiento, para evitar que ocurran nuevamente así mismo al preparar el programa para la semana siguiente, se deben establecer los compromisos necesarios y la liberación de restricciones para permitir que el flujo de trabajo sea continuo.

El PAC, se calcula dividiendo las actividades cumplidas entre el total de las actividades programadas para la semana, este porcentaje nos revela el nivel de confiabilidad de la planificación realizada.

4.3.3 *Work Structuring* o Estructuración del Trabajo

El *Work Structuring*, proviene del *Lean Construction* y se define como "el desarrollo de la operación y diseño del proceso alineado con la cadena de suministro, la asignación de recursos y los esfuerzos para lograr un flujo de trabajo más confiable y rápido mientras se ofrece valor al cliente (Ballard 2000).

De acuerdo con Tsao (2005), diversos autores han desarrollado la estructuración del trabajo con fines en el diseño de la cadena de abastecimiento,

producto, procesos y operaciones, los cuales han generado impacto en la seguridad, la calidad, la programación y presupuesto de un proyecto.

Tabla 4-3: Contribución del *Work Structuring* al diseño y el impacto en el proyecto
(Adaptado de Tsao, 2005)

Referencias	DISEÑO				IMPACTO			
	Cadena de Aprovechamiento	Producto	Proceso	Operaciones	Seguridad	Calidad	Plazos	Presupuesto
Low 1960			x	x	x		x	
Saul 1962		x	x	x	x		x	
Gleason y Ranieri 1964	x		x		x	x		
Ammann 1966		x		x	x		x	x
Low 1967			x	x			x	x
Grimm 1974		x		x	x	x	x	

Ballard et al. (2001), utilizan La expresión *Work Structuring* para referirse a los sistemas de producción en la construcción ya que apunta a no solamente diseñar las actividades de transformación, sino también las de flujo.

Tsao et al. (2000), explican que la estructuración del trabajo implica como los especialistas abordarán la ejecución, la forma de cómo trabajarán las cuadrillas (sea en paralelo o secuenciales), donde se ubicarán los buffers, la secuencia de actividades con la finalidad de maximizar el valor y minimizar las fallas.

Tsao (2005), señala que la estructuración del trabajo debiera realizarse antes de la ejecución del proyecto tendiendo las siguientes consideraciones:

- Competencias de los participantes del Proyecto
- Requerimientos del diseño del producto
- Condiciones de interfase
- Expectativas de desempeño del proyecto

Howell (2001), propone una serie de procedimientos para alcanzar eficientemente objetivos de negocios, haciendo el proyecto, entregando valor, minimizando las pérdidas y maximizando valor de esta misma manera Tsao (2005), expone que el *Work Structuring* alcanza a cumplir dichos objetivos en las siguientes categorías: Reducir los defectos, Hacer que los materiales y la información fluyan, entregar más por menos y entregar los productos que requieren los clientes.

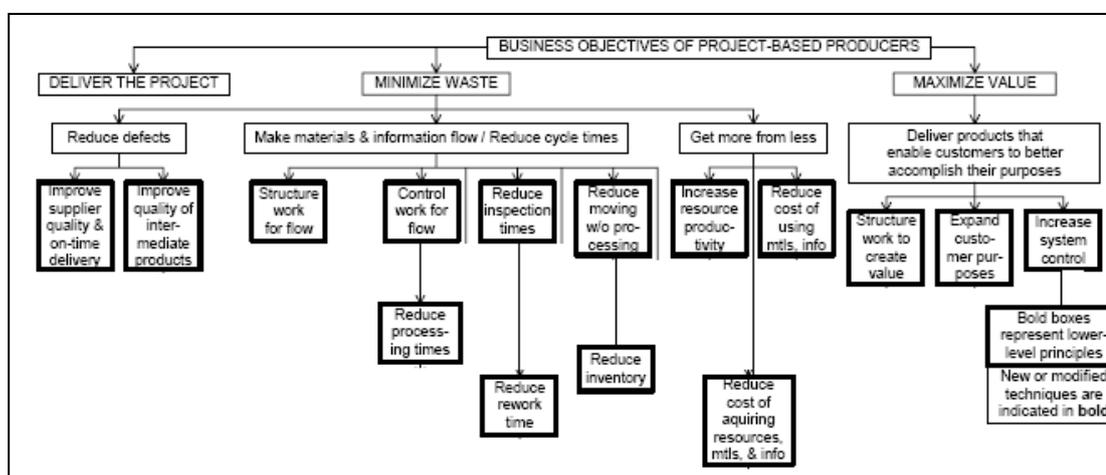


Figura 4-3: Cumplimiento de objetivos Lean
(Adaptado de Tsao, 2005)

Como de la estructuración de trabajo, se establece el Sistema de Producción es necesario tener presente las siguientes etapas al momento de su aplicación:

- Flujo de Diseño:
 - Determinar los requerimientos
 - Diseñar el diseño, proveedores y materiales

- Seleccionar componentes y materiales
- Flujo de Proveedores:
 - Acumular materiales
 - Fabricar componentes
 - Transportar
- Estructuración del Frente de trabajo:
 - Definir el proceso como una serie de operaciones conectadas como un flujo de trabajo iterativo o por un tiempo de espera pequeño.
 - Utilizar buffers, para supervisar el flujo de trabajo entre los procesos.
 - Asignar las tareas a personas que cumplan con las capacidades y habilidades para ejecutar la actividad.

Al estructurar los proyectos, se disminuyen los pasos innecesarios que constituyen pérdidas, de esta manera respondiendo preguntas del tipo: Cómo, Quién, Qué y Cuándo se establecerá un programa de trabajo más confiable eliminando las suposiciones tácitas existentes para ejecutar distintas actividades.

4.3.4 *Workplace planning* o Planificación del lugar de trabajo

Esta teoría que apoya la gestión de proyectos y facilita la planificación de tareas, es un link entre la planificación en sitio a la producción, comprometiendo no solo el proceso de construcción sino también una estrategia organizacional la cual está compuesta de operaciones.

Esta teoría y sus principios, vienen siendo estudiados por Pennamen, et al (2004), por lo que manifiestan que los conceptos de programación identifican el lugar de trabajo en relación con el diseño, y el *workplace planning* ubica los

recursos en relación al entorno de trabajo, sus usuarios y la estrategia organizacional.

El *Workplace Planning*, es una teoría combinada entre los principios TFV y los conceptos de producción.

Con respecto al Valor: *Workplace planning* es un proceso, donde los requerimientos para la producción del trabajo son determinados a través de observación y evaluación del valor de los involucrados de acuerdo a la estrategia organizacional establecida. El producto de la planificación del lugar del trabajo es el compromiso de los involucrados para atender las necesidades de las operaciones.

Con respecto a la transformación: El tamaño del espacio es determinado por el tamaño y configuración de las operaciones.

Con respecto al flujo: El espacio, es el escenario de un flujo temporal de operaciones.

Adicionalmente, el *Workplace Planning* plantea remover las actividades que no agregan valor o representan pérdidas, combinando actividades en el entorno de trabajo, planificando espacios flexibles y suficientes para apoyar dichas actividades, combinar la ejecución de las actividades similares.

El *Workplace Planning*, es entonces una teoría creada para dar mayor soporte a la gestión de proyectos y facilitar el proceso de planificación, asimismo no considera como filosofía eliminar la complejidad de las actividades sino administrarlas para entregarle valor al proceso de producción el cual se realiza con el enfoque de trabajo en equipo, aprendizaje y mayor transparencia.

4.3.5 *Just In Time* o Justo a Tiempo (JIT)

Esta técnica fue desarrollada por Toyota, y es como se conoce en algunas partes el Sistema de Producción *Pull*, donde la producción se tira para lograr que el flujo de trabajo sea continuo.

Tommelein et al. (1999), sostiene que el término *Just in Time* es usado para describir la entrega de materiales al sitio de construcción, sugiriendo que los materiales sean traídos a su ubicación para la instalación final inmediatamente después de la llegada, sin incurrir en cualquier retraso debido al almacenaje en bodega. El objetivo último de la producción justo a tiempo es suministrar los materiales requeridos en el momento y en la cantidad adecuada en cada proceso.

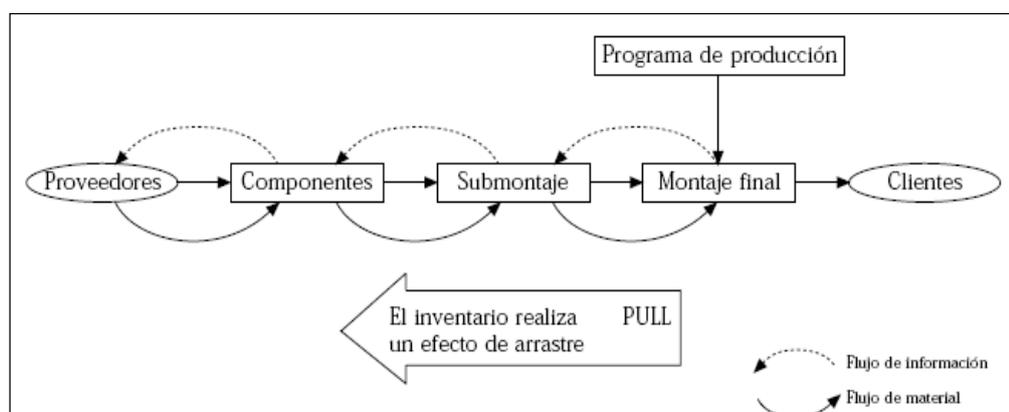


Figura 4-4: Enfoque *Just in Time*

Just in time, es un sistema *pull* de planeación y control de la producción, el énfasis que se hace en cada una de las etapas de la producción es en la reducción de los niveles de inventario. En los sistemas *push* (empujar) se estudia el programa

para determinar qué es lo que debemos producir s continuación, mientras que en el *pull*, se ve solo la siguiente etapa de la producción determinándose que se necesita allí para producir eso (Gaither y Frazier, 1999).

Algunas otras definiciones de JIT, señalan que con esta técnica se producen los elementos que se necesitan en el momento que se necesitan (Monden, 1996) y (Schonberger ,1982).

Durante años, se han evaluado los beneficios del JIT debido a que se realiza un enorme esfuerzo por eliminar todas aquellas actividades que no agregan valor como son los inventarios, por lo que al reducirlos se hace una entrega más rápida de productos, mejor calidad y menores costos. Igualmente los inventarios son usados para amortiguar la diferencia entre la variabilidad en la demanda y nivelar la capacidad de la producción es decir que es la demanda la que va exigiendo el volumen de producción.

En la actualidad, existen tres componentes que buscan adecuar el Sistema *Just in Time* al entorno actual y son:

- Equilibrio: sincronización de flujo: esto significa mantener constante el flujo del trabajo lo que trae como consecuencia la disminución de la variabilidad.
- Calidad: Esto significa la eliminación de inventarios ya que se pueden ocultar problemas en los insumos lo cuales solo se verán cuando se utilice el producto, por lo que cuanto más rápido el producto sea utilizado más rápido se podrá detectar algún problema.
- Recursos humanos: Este componente es muy importante, ya que estos representan la clave para la correcta ejecución del JIT, por lo demás son ellos los que perciben de mejor manera, las actividades que no agregan valor.

Tabla 4-4: Adecuación del enfoque JIT al entorno actual

Situación del entorno actual	Soluciones Tecnológicas y organizativas JIT
Necesidad de Equilibrio y Sincronización	Mantener el flujo del proceso constante Reducir los inventarios Sistemas de Información pull-kanban
Exigencias de Calidad	Reducir los inventarios Sistemas de Aseguramiento de la Calidad Control autónomo de defectos
Cambios en la administración de Recursos Humanos	Aprovechamiento de las ideas de los trabajadores Políticas de recursos humanos en los sistemas JIT

De esta manera, Hallihan et al. (1997), considera que para lograr el equilibrio y sincronización de los flujos de procesos se debe poner atención a determinar el ritmo de producción de tal forma que la frecuencia de producción debe ser constante y no variable, así mismo como el ritmo de producción debe establecerse en función de la demanda, se podrá producir exactamente la cantidad necesaria, lo que permitirá acomodar a las cuadrillas con mayor flexibilidad, trasladándolas donde realmente se necesita producir.

Consecuentemente, se menciona el Sistema de compras JIT y la importancia no solo económica que implican las relaciones con los proveedores, ya que una buena sociedad contribuye a eliminar desperdicios. Asimismo los sistemas productivos JIT obligan a los proveedores a administrarse en base a pedidos con entregas programadas y exigentes que agreguen valor y no se realicen mayores controles con el tiempo, por lo que la relación con los proveedores debiera ser a largo plazo.

Finalmente de acuerdo con Monden (1996), los beneficios de la producción *pull* son los siguientes:

- Reducción en tiempo de producción.

- Aumento de producción.
- Reducción en costo de la calidad.
- Reducción en previos de material comprado.
- Reducción de inventarios.
- Reducción del tiempo de aislamiento.

Es preciso mencionar que en la industria de la construcción, es difícil y muy variada la relación con los proveedores, por lo que se debe tener mayor atención y control, para asegurar un flujo de suministros constantes, que no retrase las faenas.

4.4 Sistema de Producción en la Construcción

La industria de la construcción consume una gran cantidad de recursos, los cuales si no son bien utilizados podrían generar pérdidas como tiempos muertos (no productivos), no conformidades, errores y cambios, baja calidad de trabajo, tiempos de espera por recursos, deficiente ubicación de materiales e innecesario bodegaje de materiales, problemas que se saben y deben combatir ya que numerosas razones contribuyen al mal desempeño de los proyectos (Imitaz y Ibrahim, 2007).

Dynn y Levitt (1991), estudiaron acerca de la baja productividad y calidad en la industria de la construcción, teniendo como resultado de estos factores la inadecuada coordinación que existe en la construcción.

Santos (1999), realizó una revisión biográfica, para entregar las características que diferencian a la industria de la construcción. Entre las diferencias mencionadas, se encuentran: inamovilidad espacial del producto, un solo lugar de producción, equipos de trabajo moviéndose a lo largo del producto,

dependencia del terreno, cada producto tiene un diseño propio según los requerimientos del mandante, requisitos de larga vida para el producto, clientes no expertos, compañías productoras y comerciantes a la vez, cultura machista en obra, período variable entre etapa de diseño y etapa de construcción, alto costo de los proyectos, industria altamente dependiente de la situación económica vigente, elevada participación de subcontratos, uso intensivo del recurso humano, empresas disímiles en términos de tamaños, y variados alcances en los proyectos.

Muchas empresas, han implementado en sus proyectos el Último Planificador, sin embargo lo utilizan para el control operativo, es decir en la etapa operacional que es la planificación semanal, dejando de lado la oportunidad de mejorar el desempeño de los proyectos, aparte de que el control no es lo suficientemente riguroso para asegurar lograr los objetivos planteados.

Sabemos que existen muchos problemas más en la industria de la construcción, básicamente por la informalidad como se llevan a cabo los sistemas de producción en la actualidad, y la forma como se está gestionando la producción.

4.4.1 Gestión de la Producción en la Construcción

La industria de la Construcción, tiene muchas diferencias a otras industrias y es por ello que la filosofía *Lean Construction* apunta a mejorar la gestión de los proyectos, con un enfoque en los flujos, la generación de valor y la transformación no vista como el modelo tradicional.

Distintos autores pertenecientes al *International Group of Lean Construction* (IGLC), como Koskela, Ballard, Alarcón, Formoso, Howell, Tommelin entre otros, estudian constantemente la gestión de proyectos bajo el

enfoque de la construcción sin pérdidas, criticando al modelo tradicional de producción.

Al igual que en la manufactura, existen variables consideradas como parte de la gestión de la producción en la industria de la construcción las cuales involucran el ambiente externo (incertidumbre y riesgo), la tecnología (tradicional o innovadora), la estructura organizacional, la estrategia y la cultura de la industria (Henrich et al.2005).

También, en el área de la construcción se debe revisar las oportunidades de mejoramiento acerca de la incertidumbre del proyecto, la complejidad, la tipología, el espacio disponible, el riesgo, el nivel de análisis en la toma de decisiones, la tecnología y la dependencia de las tareas a ejecutar.

El modelo tradicional de la gestión de la producción, prioriza la administración basada en la transformación considerando la producción netamente como una conversión de insumos en productos (Koskela, 1992).

De acuerdo con (Koskela, 1999), la gestión de la producción debe estar basada en el control de flujos y en las tareas de la construcción, ya que existen marcadas diferencias referentes al flujo de materiales, tareas, ubicación de flujos y ensamble.

Ballard y Howell 1998b, reconocen que los prerequisites de una tarea, deben formar parte de un sistema productivo, y de acuerdo a su investigación encontraron que los prerequisites de una tarea son:

- Diseño Constructivo
- Componentes y Materiales
- Trabajadores
- Equipos

- Espacio
- Conexiones de trabajo
- Condiciones externas

Bertrand (1999), sostiene que al igual que en la industria de la manufactura para una adecuada gestión de la producción en la construcción, es necesario definir el Sistema de Producción para lo cual se debe tener una planificación agregada que es traducida como el desarrollo de un plan maestro el cual deberá desagregarse para incorporarle los recursos necesarios y de esa forma controlar la producción.

Así mismo define las decisiones que se deben tomar en cuenta y los documentos que un Sistema de Producción debiera considerar:

- Planificación Agregada: Programa Maestro
- Coordinación de Materiales: Programa de Flujo de Producción de materiales
- Control de la Carga de trabajo: Capacidad de producción
- Órdenes de trabajo: Tareas con la fecha de inicio

La gestión en la construcción, es llevada a cabo mediante un programa maestro, que es usado como base para los planes más específicos y detallados como el plan de corto plazo, sin embargo en la práctica en impacto de la variabilidad es tan fuerte que este plan maestro se vuelve obsoleto, perdiendo trazabilidad. Adicionalmente a ello el plan maestro es usualmente deficiente e informal y es con este con lo que se administran las tareas (Koskela, 1999).

Según Junnonen y Seppanen (2005), los planes maestros son demasiado rígidos y generales para ser usados como herramienta de la gestión de la producción por lo que dificulta el control del proyecto.

Howell y Koskela (2000), sostienen que las actividades de construcción son normalmente representadas en una secuencia lógica y controladas a través del CPM (Camino de la Ruta Crítica), donde se define una programación de inicio a fin, midiendo el desempeño de las actividades dentro del programa y no la gestión de dichas actividades y su relación con otras tareas dentro del programa.

La gestión de las actividades de transformación, no asegura la utilización de recursos apropiados ni asegura que los requisitos de los clientes internos, sean alcanzados para completar una de las tareas, por lo que la gestión de la producción convencional en la construcción se vuelve ineficiente e ineficaz (Howell y Koskela 2003).

Los proyectos de construcción son sistemas de producción temporarios, estructurados para ejecutar un diseño maximizando el valor y reduciendo las pérdidas, la gestión de proyectos Lean es distinta a la gestión tradicional no solo en alcanzar las metas, también en la estructuración de sus fases, la relación entre ellas y la participación en cada fase (Ballard y Howell, 2003).

Tabla 4-5: Sistema de Producción *Lean* vs Sistema de Producción no *Lean*
(Ballard y Howell, 2003)

Sistema de Producción Lean	Sistema de Producción No Lean
Enfoque en el Sistema de Producción	Enfoque en la transformación y contratos
Objetivos Trazados en términos de transformación, flujo y valor	Objetivos Trazados en términos de transformación
Los participantes del proyecto son involucrados en las decisiones	Las decisiones son realizadas por especialistas en forma independiente
Producto y proceso son diseñados juntos	Se diseña el producto y después el proceso
Actividades son desarrolladas en el momento de diseño	Actividades son desarrolladas tan pronto como sea posible
Esfuerzo sistemático para reducir el tiempo de ciclo de entrega de los proveedores	Organizaciones aisladas regidas por la demanda y oferta del mercado
Se obtienen lecciones aprendidas y se incorporan en la gestión de proyectos	El aprendizaje ocurre esporádicamente
Los intereses de los participantes del proyecto esta alineados	Los intereses de los participantes del proyecto no esta alineados
Los buffers son medidos y ubicados para absorber la variabilidad del sistema	Los buffers son medidos y ubicados de acuerdo a la optimización local

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

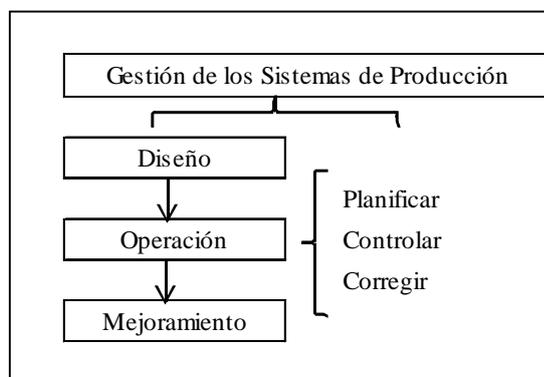


Figura 4-5: Visión de la gestión de proyectos

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

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

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

Para evitar estos problemas, se debe diseñar un adecuado Sistema de Producción donde los flujos de actividades puedan ser configurados de acuerdo al flujo de materiales. La utilización de piezas modulares y prefabricadas contribuye además un avance en este sentido, ya que no se debe dejar de lado el Control de la producción en terreno.

Adicionalmente, Koskela y Ballard (2004), definen tres acciones genéricas en la gestión de la producción los que representan requerimientos básicos y son:

- Diseño y realización de un Sistema de Producción
- Puesta en marcha del Sistema de Producción (lo que incluye la planificación, control y corrección)
- Mejoramiento del Sistema de Producción

Los sistemas de producción deberían facilitar su operación y mejoramiento siendo transparentes (Formoso et al. 2002), para lo cual la fase de operación debiera proveer una información empírica sobre el comportamiento de los sistemas de producción para la fase de mejoramiento. De este modo el mejoramiento debiera realizarse en la fase de diseño y operación.

4.4.2 Particularidades de la Industria de la Construcción

Considerando el difícil escenario en el que se encuentra esta industria, es necesario entender aún mas cuales son las peculiaridades de los proyectos de construcción para de esta forma poder evaluarlos y proponer medidas de mejoramiento.

Las peculiaridades de la construcción, están relacionadas con el nivel del producto y de la industria. De acuerdo con Nam y Tatum (1988), esta situación ha

generado muchas limitaciones en la gestión de proyectos, desde la visión del producto este es considerado inamovible, complejo, con un largo ciclo de vida además de ser único y ser construido en un contexto socioeconómico específico.

Desde el punto de vista de la industria, Pryke (2002) señala que las limitaciones son el involucramiento de muchas especialidades, lo que hace que el trabajo no sea mecánico disminuyendo los niveles de eficiencia.

Según Vrijhoef y Koskela (2005), la construcción comparada con otras industrias es un tipo específico de proyecto de acuerdo a los tipos de producción existente, así mismo se refiere a las tres peculiaridades de la producción en la construcción: Lugar de la producción, un tipo de producción y una organización temporal.

Lugar de la Producción: La producción es siempre ubicada sobre un sitio y depende de factores físicos como el suelo y las condiciones meteorológicas. Comparando esta situación con otras industrias el volumen y repetitividad en los proyectos de construcción es extremadamente bajo y único en la mayoría de los casos.

La organización de producción y las cadenas de suministro convergen con la entrega casi personalizada a un sitio fijo (Lin y Shaw, 1998).

Un tipo único de Producción: No solo son distintos porque ningún proyecto es como otro, sino porque interviene el contexto en el que fueron construidos ya que cada proceso constructivo es distinto, la ubicación cambia, la situación económica el ambiente (Vrijhoef y Koskela, 2005). La construcción puede ser tipificada como una clase específica de industria a base de proyectos donde se deja de lado el diseño y la generación de valor para reducir las pérdidas (Koskela, 2000).

Sin embargo, se deberían cambiar ciertos aspectos de la construcción para que esta industria tenga mayor número de elementos de fabricación repetitiva (Ballard 2005).

Organización Temporal: Como consecuencia de la producción en sitio y del tipo único de producción, la construcción es gestionada en organizaciones temporales, contratando personal por proyectos para la optimización financiera. Formándose equipos de trabajo distintos cada vez lo que hace que funcionen con menor eficiencia y eficacia que las organizaciones estables bien constituidas.

La comprensión de las organizaciones temporales, puede ser difícil debido a la naturaleza variable que viven, sin embargo la perspectiva de estas organizaciones es importante y útil (Koskela, 2000).

Muchos de los problemas en la construcción, son atribuibles a las peculiaridades propias de la industria, pero se debiera realizar un análisis si realmente esto significa un problema a resolver o una forma de gestionar que implique mayor control y planificación.

Vrijhoef y Koskela (2005), realizó un estudio donde propone resolver algunas peculiaridades de la industria de la construcción, incrementando la repetitividad de las actividades, el uso de elementos prefabricados, la composición de cuadrillas de trabajo especializadas, y la construcción de piezas para ser ensambladas en terreno.

Para lograr una adecuada gestión de proyectos de construcción es necesario, enfocarse en mayor esfuerzo para la resolución de peculiaridades que pueden traer pérdidas si no son comprendidas desde un inicio, por esta razón es un fundamental un cambio en el Diseño de los sistemas de producción, incorporando en el análisis algunas soluciones para reducir dichas peculiaridades.

Koskela (2000), considera que las peculiaridades de la construcción impactan en el comportamiento del flujo de materiales, en el grado de variabilidad, en incrementar los errores en los diseños y planes de producción así como en entregar condiciones no óptimas de trabajo.

Tabla 4-6: Soluciones Propuestas para gestionar las peculiaridades de la construcción
(Koskela y Ballard, 2004)

Peculiaridad	Problemas	Soluciones Estructurales que eliminan la Peculiaridad	Soluciones Estructurales que aceptan la Peculiaridad pero alivianan su impacto
Tipo de producción	Ciclos no rítmicos	Productos modulares	Utilización de la Simulación
Lugar de Producción	Incetidumbres Externas Interdependencias de las actividades	Productos prefabricados	Equipos de trabajo muy bien capacitados
Organización Temporaria	Información no confiable por las barreras organizacionales	Compromisos a largo plazo	Equipo de trabajadores de la construcción formado desde el inicio del proyecto

Finalmente Koskela y Ballard (2004), resumen que los requerimientos en la construcción son la base para diseñar, operar y mejorar los sistemas de producción en la construcción y recomiendas las siguientes medidas para reducir la variabilidad.

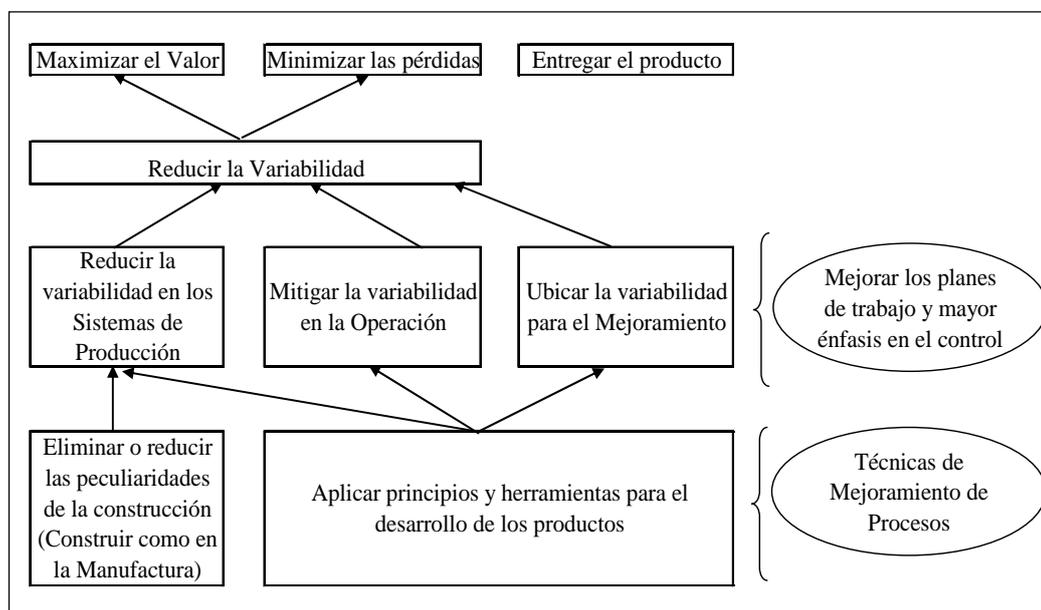


Figura 4-6: Jerarquía de los sistemas de producción
(Koskela y Ballard 2004)

4.4.3 Investigaciones Previas en Proyectos de Construcción

En cuanto a revisión bibliográfica en este tema, se puede decir que mucho se ha investigado acerca de planificación y control de la producción como parte de la gestión de proyectos, sin embargo acerca de los Sistemas de Producción en la construcción no se ha explorado lo suficiente, existiendo la oportunidad de proponer medidas de mejoramiento en la industria de la construcción.

En un estudio realizado por Schramm en Brasil en el año 2004, se propone un modelo de diseño de Sistema de Producción para viviendas sociales en el cual se integran actividades necesarias para la transformación de un producto, contemplando las siguientes etapas:

- a) Definición de la secuencia de ejecución del proyecto y dimensionamiento de recursos de producción: En esta etapa se realiza el diseño de la secuencia de ejecución, las tasas de productividad y las técnicas constructivas que serán utilizadas.
- b) Estudio de los flujos de trabajo de una unidad repetitiva: Se realiza un estudio teniendo como base la etapa anterior y se analiza el espacio y el tiempo de las cuadrillas de trabajo así como las interferencias que puedan aparecer.
- c) Definición de la estrategia de ejecución: Este punto será definido por el presupuesto y plazo del proyecto, son definidas las trayectorias de las cuadrillas y los límites de capacidad de los procesos críticos.
- d) Estudio de los flujos de trabajo del proyecto: Se define la cantidad de frentes de trabajo que se necesitaran así como el ritmo de ejecución de los diversos procesos.
- e) Dimensionamiento de los recursos de producción: Aquí se establece el número de equipos necesarios para la ejecución de cada proceso, estableciendo los recursos, necesarios para la ejecución del proyecto.
- f) Identificación de procesos críticos: Estos procesos son identificados según la secuencia de ejecución y la disponibilidad de recursos.

Esta propuesta, representa en forma secuencial las decisiones tomadas en forma integrada y está enfocada en el diseño del flujo de trabajo, sin embargo tiene algunas limitaciones referentes a otro nivel de decisión como el táctico y estratégico ya que para el diseño de esta propuesta de Sistema de Producción se toma como referencia un plan de trabajo que podría ser entendido como un plan

maestro, con todas las implicancias que eso conlleva, no realizándose mayor análisis estratégico. Además el modelo se basa en actividades de carácter repetitivo como son los proyectos de viviendas sociales, los cuales presentan pocas interferencias y modificaciones.

Por otro lado, un aspecto importante de este modelo es la visión en los flujos de trabajo y la evaluación de recursos para completar las actividades planeadas, sin embargo no se generan planes de adquisición de materiales o equipos críticos. Finalmente con respecto al control, este considera el seguimiento de las actividades a través del Último Planificador, controlando el proyecto en forma semanal y no realizándose énfasis en el control diario.

Adicionalmente se puede decir, que esta propuesta no generó una metodología de trabajo para implementaciones futuras y no se midió el impacto después de realizada la investigación.

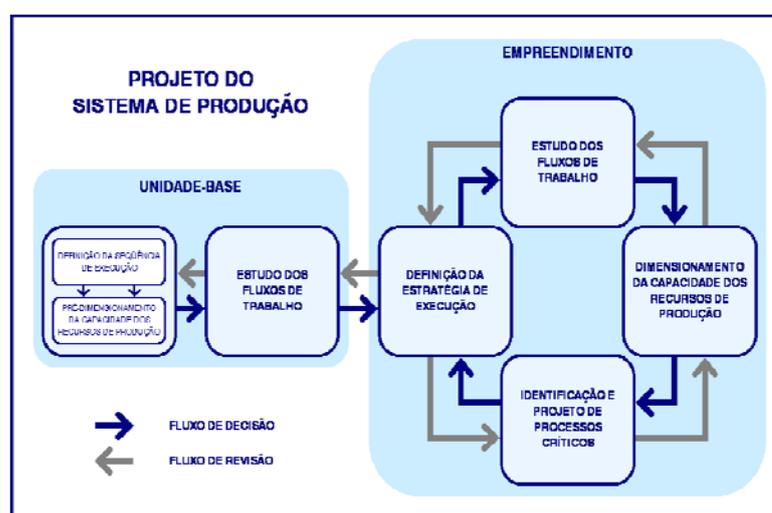


Figura 4-7: Modelo de Sistema de Producción propuesto por Schramm (2004)

Otro estudio, que se tomó como referencia fue el realizado por Nakagawa y Shimizu en Japón, en el año 2004, esta investigación propone la adopción de un Sistema de Producción Toyota a la construcción de edificios en Japón.

Esta investigación, describe la realidad de la industria de la construcción en Japón y la forma como implementar los principios de Toyota en proyectos de edificación con la finalidad de reducir pérdidas en un ambiente de mejoramiento continuo.

Esta propuesta de Sistema de Producción es altamente estratégica basada en la gestión de calidad e involucra de manera directa a los trabajadores, está conformada por siete pasos:

- a) Establecer los objetivos: Significa determinar cuáles serán las políticas para satisfacer los requerimientos de cliente en este sentido se establece:
 - El aseguramiento de la calidad
 - Tiempos de ciclo del proyecto
 - Establecimiento de los costos estándar y las actividades que reducirán el costo.
 - Mejoramiento continuo de la empresa y de los trabajadores

- b) Establecer los índices para alcanzar los objetivos: Significa determinar los costos necesarios para lo cual se deberá revisar:
 - Separación de Costos de materiales y mano de obra
 - Revisar las unidades estándar
 - Cambiar la medida de tiempo de las actividades: utilizando en lugar de días, horas, minutos y segundos.

- c) Implementación para alcanzar los objetivos: Esto comprende chequear el cumplimiento de las actividades y si no se cumple examinar las causas. El control debe ser con la finalidad de:
- Mejoramiento de los procedimientos de construcción y flujo de construcción
 - Análisis de las Horas- Hombre (HH)
 - Listas de chequeo de aseguramiento de la calidad
 - Inspección y reducción de desperdicios
- d) Definición de bases para alcanzar los objetivos: Significa proveer de condiciones adecuadas de trabajo a los empleados de la siguiente manera:
- Entrenamiento a los trabajadores
 - Mantener el sitio de construcción limpio
 - Implementar pizarras de información
 - Incentivos para la reducción de pérdidas
 - Establecimiento y revisión de los documentos de los procedimientos de operación
 - Desempeño del control de actividades
 - Entrega de incentivos para el mejoramiento a los subcontratos.
- e) Encontrar las pérdidas y reducirlas continuamente: Esto implica reducir las siete pérdidas establecidas por Ohno (1988) y aplicar un Sistema de Producción *pull* o *Just in time* para la distribución de materiales.

- f) *Ciclo Plan-Do-Check-Action*: Con este punto se verifica el cumplimiento del programa de trabajo en terreno y se proponen medidas de mejoramiento.

Adicionalmente esta propuesta, plantea comunicar a los empleados mediante una pizarra de información los planes resultantes de este análisis poniendo en conocimiento de todos: los planes de ubicación de trabajo en el lugar de emplazamiento, gráficos de avance de programas, gráficos de control de avance acumulados y actuales.

Esta propuesta, no centra mayor esfuerzo en la gestión de la producción por flujos de trabajo, por lo que no planifica en forma detallada las actividades de transformación ni considera la oportunidad de analizar la repetitividad de tareas dentro del Sistema de Producción a diferencia de Shramm, sin embargo se realiza un trabajo importante con la administración de los trabajadores y subcontratos, ya que se incentiva la participación y comunicación para lograr un adecuado lugar de trabajo, situación difícil en la construcción, adicionalmente otro aspecto positivo de esta propuesta es la formalidad de la toma de decisiones ya que se genera un instructivo para la comprensión de la estrategia de ejecución y control adoptada.

Esta propuesta fue probada en Japón, donde se logró reducir los plazos de construcción, y mantener a los trabajadores motivados en un ambiente de trabajo limpio contribuyendo a la seguridad y el control.

5. EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN CHILENA

En este capítulo, se presenta una propuesta metodológica para la evaluación del desempeño de los Sistemas de Producción en los proyectos de construcción. Además se explica la forma como se aplicó la evaluación a dos proyectos reales, los cuales se encontraban en ejecución.

Para la evaluación se tomó en consideración los requisitos de un Sistema de Producción en la construcción propuestos por Koskela y Ballard, 2004, donde se establecen tres aspectos fundamentales como base: Teoría de Producción, Teoría de Administración de Proyectos y Características únicas de la Industria de la Construcción.

Para la aplicación se tomaron como referencia 2 casos de estudio, para establecer un análisis de la situación real de los Sistemas de Producción con el objetivo de proponer una metodología de mejoramiento de acuerdo a los principios *Lean Construction*.

5.1 Objetivos

El Objetivo general de esta etapa es conocer el desempeño del los Sistemas de Producción en los proyectos de construcción, considerando los aspectos más importantes de la filosofía de producción *Lean Construction*.

Además los objetivos específicos planteados son:

1. Establecer un diagnóstico general de los Sistemas de Producción utilizando el estudio de casos.
2. Formular una comparación de los problemas analizados en las empresas estudiadas, identificando oportunidades de mejoramiento.

3. Conocer el alcance del Sistema Último Planificador como sistema de Control de la Producción.
4. Investigar el tipo de herramientas utilizadas para generar los planes de producción a largo, mediano y corto plazo.
5. Proponer un modelo de evaluación con su respectiva metodología.

Además es primordial detallar como se llevan a cabo los Sistemas de Producción en la construcción, con la finalidad de obtener un entendimiento detallado, ya sea relacionado con la identificación y observación de las causas que dificultan el correcto desempeño.

El modelo de evaluación, fue creado para cumplir con los objetivos planteados anteriormente y crear la base para una propuesta de mejoramiento.

5.2 Propuesta de Metodología De Evaluación

La metodología de evaluación, servirá como un modelo de referencia, para ayudar a comprender como se está ejecutando el diseño de Sistema de Producción al interior de los proyectos de construcción. Y se pudo comprobar que muchas de las acciones propuestas no se realizan de manera formal, por lo que traen como consecuencia problemas e imprevistos.

Esta metodología busca ser sencilla de aplicar además de participativa, requiriendo la colaboración de los principales agentes involucrados en cada una de sus etapas.

Además se deberá analizar el contexto, en que se estudie el proyecto, evaluando los procesos que intervienen en el Sistema de Producción, con el objeto de buscar y proponer soluciones a las deficiencias encontradas.

Además esta metodología incluye la evaluación de los principales procesos de apoyo en la fase previa del proyecto, así como las actividades que forman parte de la ejecución misma de la producción y su influencia en las distintas etapas, utilizando para ello diversas herramientas probadas anteriormente en estudios de casos de ingeniería (Sharmm, 2004), (Faundes, 2007), (Arroyo, 2007), (Freire, 2000).

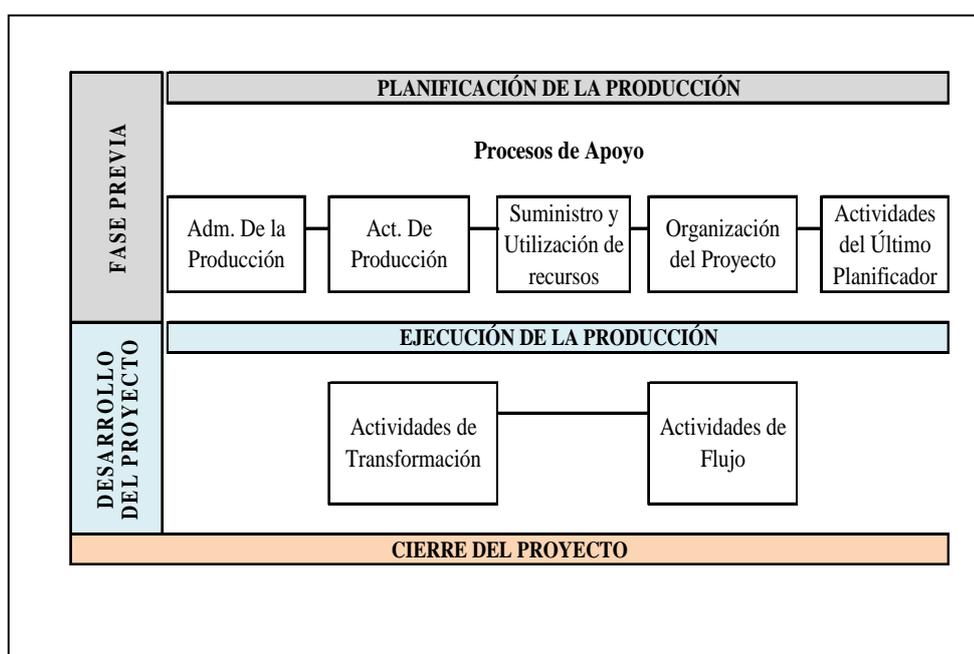


Figura 5-1: Propuesta de metodología de evaluación

5.3 Herramientas de Evaluación Propuestas

Se busca mostrar las principales herramientas utilizadas dentro de la metodología propuesta y la utilización específica dentro de la investigación

desarrollada. Cabe señalar que este punto fue tratado con mayor profundidad en el capítulo 2, del presente estudio.

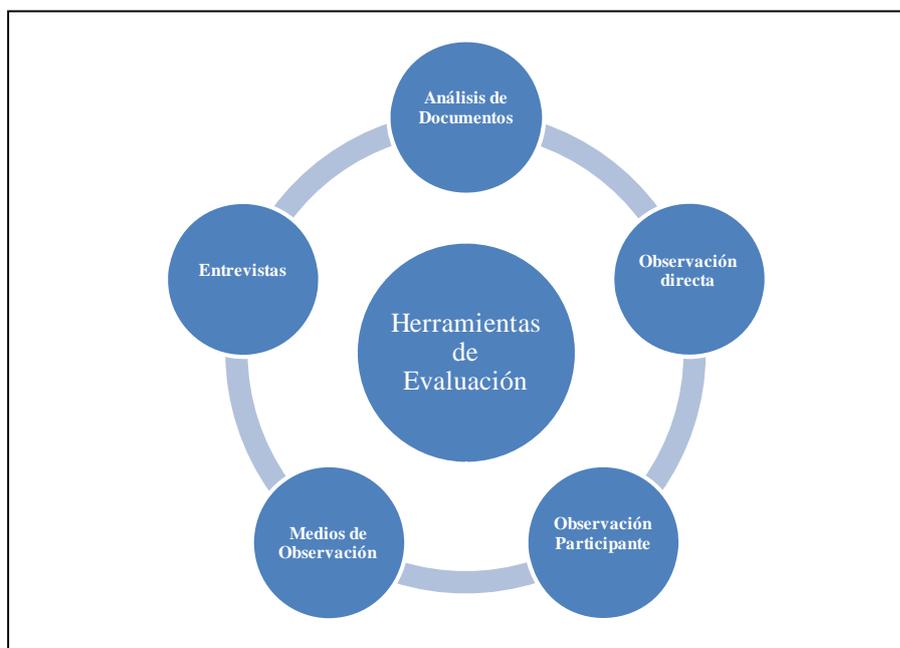


Figura 5-2: Herramientas de evaluación

5.3.1 Análisis de Documentos

Los documentos que se analizaron fueron las especificaciones técnicas, los planos, procedimientos de la empresa, presupuesto base, organigrama, plan maestro y planes operacionales, para lograr una mayor comprensión del proyecto, y obtener información importante y complementaria.

5.3.2 Observación directa

De acuerdo con Yin (2003), durante la observación directa se cubre los acontecimientos ocurridos en forma contextual. Para lo cual se realizaron para ello visitas a terreno, se participó en reuniones de planificación de corto plazo y reuniones del tipo estratégico con los gerentes de la empresa. Las observaciones fueron formales y ocasionales. Se midió la incidencia del comportamiento de los participantes del proyecto.

5.3.3 Observación Participante

Esta técnica es en la cual el investigador no es un observador pasivo, si no por lo contrario asume una variedad de roles dentro del caso de estudio, teniendo mayor interacción con los participantes (Yin 2003). Se obtuvieron los puntos de vista reales de los entrevistados a través de reuniones planificadas con anterioridad y espontáneas evitando manejar información para el mejoramiento de algunas situaciones encontradas, así mismo se desarrollo un *focus group* con la participación de los involucrados principales.

5.3.4 Medios de Observación

Se utilizaron un diario y un cuaderno de notas como elementos facilitadores para la observación a realizar (Carbajal, 1992).

5.3.5 Entrevistas

Esta herramienta permite identificar rápidamente la situación del proyecto que se estudiará.

El tipo de entrevistas que se utilizaron fueron:

a) Entrevista no estructurada del tipo enfocada

Presume la participación del informador en la situación social que se investiga, teniendo como base el conocimiento del escenario social (Shaw 2003). Se incorporaron en esta herramienta el cuestionamiento de los principales puntos que deben estudiarse en el desarrollo de un proyecto, con el fin de definir las condiciones actuales y entender los hechos dentro del contexto estudiado (Wiederseim, 2005).

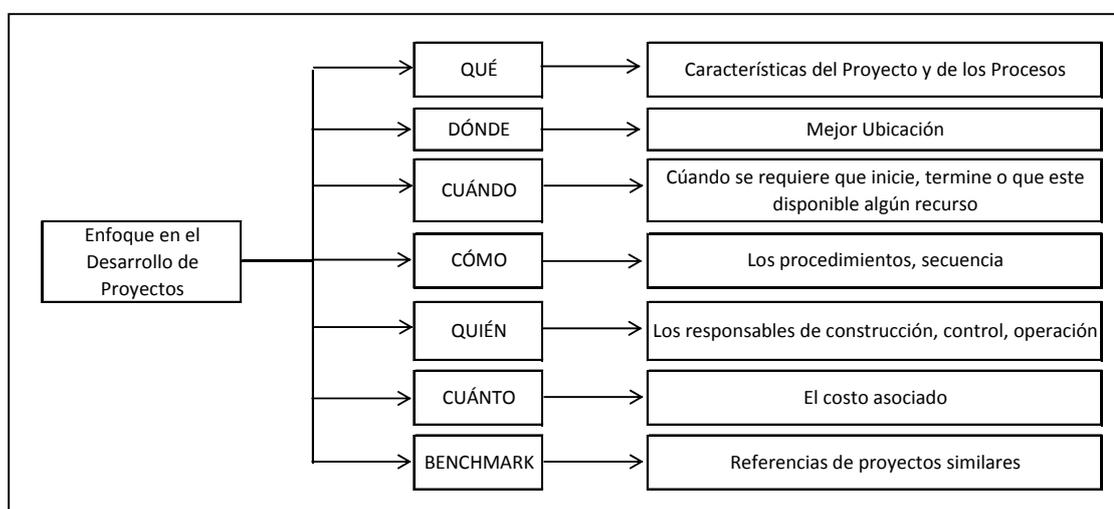


Figura 5-3: Formulación de preguntas bajo el enfoque de desarrollo de proyectos

b) Entrevista estructurada

La función principal de la entrevista estructurada es la estandarización del proceso de entrevistar por medio de un cuestionario o programa (Sjoberg y Nett,1980).

Se desarrollaron varias entrevistas, para determinar la ocurrencia de las actividades propias de los Sistemas de Producción, el tipo de problemas

considerados más importantes, el tiempo destinado al diseño de los Sistemas de Producción, y la determinación de cuándo y cómo se realiza el Diseño de Sistema de Producción así como determinar las razones del buen y mal desempeño.

5.4 Etapas de la Metodología de Evaluación Propuesta

Estas etapas reúnen las variables identificadas, así como los respectivos criterios de evaluación los cuales son fundamentales para el desarrollo de esta metodología.

Además, es necesario señalar que para la aplicación de la metodología es importante la participación activa de los integrantes de los proyectos a evaluar ya que se trabajará en conjunto con los distintos equipos de proyecto.

Las etapas planteadas para el desarrollo de la evaluación serán las siguientes:

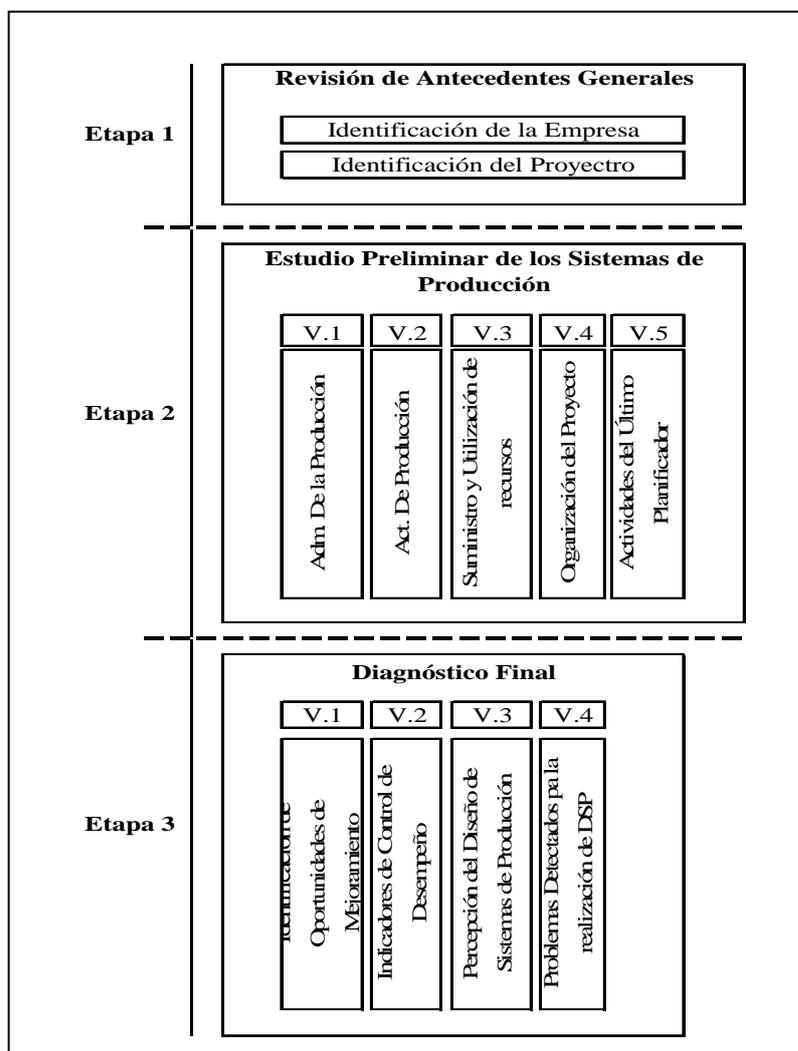


Figura 5-4: Etapas de la metodología de evaluación propuesta

También, es conveniente mencionar que existen algunas actividades previas a la aplicación de la metodología que deben de realizarse con la finalidad de contribuir al éxito del estudio en mención.

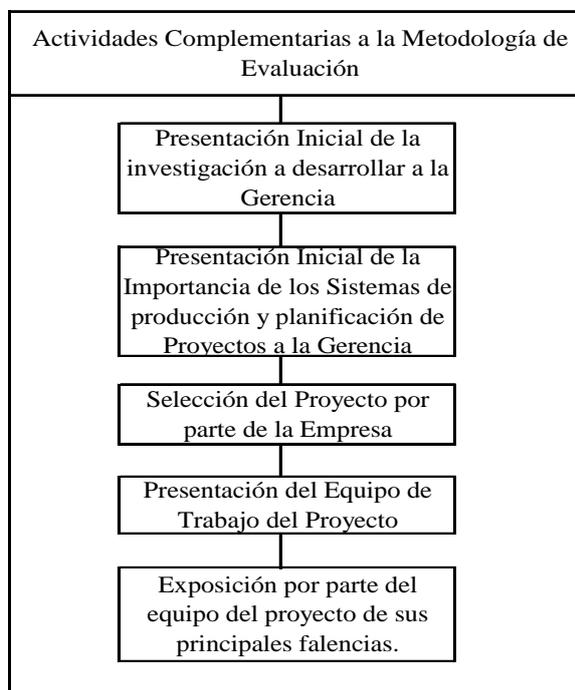


Figura 5-5: Actividades complementarias a la metodología de investigación

5.4.1 PASO 1: Revisión de los Antecedentes Generales

Esto significa el primer acercamiento con la empresa, con la finalidad de planificar las actividades que se desarrollarán para la obtención del Diagnóstico final, así mismo se buscará sensibilizar a la empresa acerca de la necesidad de conocer el real funcionamiento del Sistema de Producción al interior del proyecto.

Este análisis inicia con la selección de una empresa y la elección de un proyecto, debiendo cumplir como mínimo estas condiciones:

- a) Características de la Empresa: Empresa dedicada al rubro de la Construcción con experiencia no menor de 2 años en el mercado.

- b) Proyecto de Construcción: Tener establecido o estar en proceso de implementación, el control a través del Sistema Último Planificador.
- c) Tipo de construcción: Puede ser Edificación, viviendas, minería.

5.4.2 PASO 2: Estudio preliminar de los Sistemas de Producción

La evaluación a realizar esta compuesta por diferentes variables, las cuales influyen en el desempeño final de un proyecto. Estas variables son mediadas a través de los parámetros propuestos y son los siguientes:

- a) Variable 1: Administración de la Producción

Parámetro de medición: Esto significa la revisión de los antecedentes que comprenden un conjunto de decisiones estratégicas y operacionales para la Toma de Decisiones y administración del Proyecto, las cuales sirven para llevar a cabo el proyecto de acuerdo a los objetivos inicialmente planteados

Herramientas y/o Fuentes de Evidencia: Entrevista estructurada y no estructurada del tipo enfocada acerca de quién, cómo y cuándo genera (n) las decisiones que comprenden los Sistemas de Producción de acuerdo al grado de importancia, Observación directa en terreno y análisis de documentación de las causas de no cumplimiento.

- b) Variable 2: Actividades de Producción

Parámetro de medición: Esta variable está enfocada a evaluar, la forma en cómo se planifican, determinan y confeccionan las actividades de conversión y flujo. Se medirán cuando se analizan las siguientes actividades:

- Estudio de la interdependencia de las operaciones

- Confección de la secuencia
- Provisión de las fechas de inicio, término y los buffers aceptables
- Evaluación de los recursos y materiales que se usarán
- Determinación de las operaciones críticas

Herramienta y/o Fuente de Evidencia: Entrevista estructurada y no estructurada del tipo enfocada acerca de quién, cómo y cuándo genera (n) las decisiones que comprenden los Sistemas de Producción de acuerdo al grado de importancia, Observación directa en terreno y análisis de documentación.

c) Variable 3: Suministro y utilización de recursos

Parámetro de medición: Esta variable está orientada a describir como dispone la administración, del aprovisionamiento de los diversos recursos estimados.

Se medirá cuando se realiza, quien es el responsable si el análisis es reactivo o proactivo.

- Abastecimiento de materiales
- Abastecimiento de equipos
- Abastecimiento de maquinaria
- Utilización de mano de obra

Herramienta y/o Fuente de Evidencia: Entrevista estructurada y no estructurada del tipo enfocada acerca de quién, cómo y cuándo se realizan las actividades de aprovisionamiento, Observación directa en terreno, observación participante.

d) Variable 4: Organización del Proyecto

Parámetro de medición: Esta variable está conformada por la estructura organizacional que presenta el equipo de trabajo, en el cual los participantes colaboran.

Se medirá, el desenvolvimiento natural de las personas que conforman el equipo de trabajo y como cooperan para logran un objetivo final, así como la claridad de la comunicación existente.

- Configuración del Equipo Técnico
- Comportamiento del recurso humano
- Distribución de Responsabilidades

Tomando como referencia el desarrollo de las actividades de producción, se listarán las funciones referentes a las variables descriptivas planteadas en la metodología de evaluación, de acuerdo al desempeño de cada uno de los integrantes del proyecto en los procesos identificados.

Con lo que se construirá una matriz, para determinar los responsables en la fase previa y desarrollo del proyecto.

Los tipos de responsabilidades consideradas son:

- Supervisa (S), es quien revisa, valida, desaprueba, modifica y controla.
- Ejecuta (E), es quien elabora y participa
- Informado (I), es quien debe conocer los resultados de las acciones y exigirlas en caso que fuese necesario para mantenerse al tanto.
- Conoce (C), es quien apoya y ayuda a la ejecución.

Herramienta y/o Fuente de Evidencia: Entrevista no estructurada del tipo enfocada acerca de quién, cómo y cuándo se realizan las actividades

correspondientes del Sistema de Producción, Observación directa en terreno, observación participante.

e) Variable 5: Rigurosidad y Cumplimiento de las Actividades del Último Planificador

Parámetro de medición: Se medirá la rigurosidad, en el cumplimiento de las actividades del último Planificador, y se evaluará la importancia que se le entrega.

- Puntualidad comienzo de la reunión
- Asistencia de agentes claves a reunión
- Revisión de compromisos anteriores
- Detección de causas de no cumplimiento
- Planificación de corto plazo
- Compromiso de los planificadores
- Identificación de restricciones
- Gestión de restricciones Plan intermedio
- Medidas de mejoramiento periódicas
- Publicación de indicadores y resultados Plan Maestro
- Planeación de Recursos

Herramienta y/o Fuente de Evidencia:, Observación directa, observación participante y análisis de información.

5.4.3 PASO 3: Diagnóstico

Dentro de este punto se examinarán 4 variables con los respectivos criterios de evaluación propuestos, con la finalidad de encontrar sus principales deficiencias

y oportunidades de mejora, para lo cual se evaluó la información obtenida en el paso anterior y se complementó con entrevistas, cuestionarios, empleando para la medición de percepción la escala de Likert.

Además, luego de establecer la situación real del desempeño de los sistemas de producción, es posible evaluarlo con mayor profundidad.

Tabla 5-1: Metodología de diagnóstico

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

5.4.3.1 Identificación de Oportunidades de mejoramiento:

Para la identificación adecuada de las oportunidades de mejoramiento, se hace necesario determinar cuáles son los factores que generan el mayor número de efectos negativos, y de este modo tomar acciones correctivas. Para esto se deberá organizar a los participantes del proyecto y entregarles una capacitación acerca de la importancia y significado de un Sistema de Producción tanto en el diseño como en la ejecución así como los conceptos necesarios de la Construcción sin pérdidas, con la finalidad de identificar las principales categorías de deficiencias y las oportunidades encontradas.

La evidencia necesaria será recolectada por medio de entrevistas no estructuradas del tiempo enfocadas las cuales servirán para evaluar los resultados, profundizando las diferentes interpretaciones acerca del Sistema de Producción, permitiendo además conocer la idiosincrasia del personal, los métodos de trabajo, la organización, etc.

Con la Observación participante se podrá ver el intercambio de ideas, la creación de soluciones y las relaciones existentes entre los integrantes del proyecto en las áreas establecidas.

- Plan de Ataque
- Materiales y Equipos
- Mano de Obra
- Organización del Proyecto
- Diseño del Flujo de trabajo
- Planificación del Proyecto
- Control del Proyecto

5.4.3.2 Indicadores de Control de Desempeño

La finalidad de este punto es obtener medidas objetivas y numéricas, capaces de reflejar el desempeño de los proyectos estudiados y de esta forma evaluar el desarrollo de un Sistema de Producción en terreno.

La evidencia necesaria, será recolectada por medio de análisis exhaustivo de la información existente, Observación participante y Observación directa.

a) Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)

Como parte de la metodología, se controlará el proceso de planificación a través de este indicador, en un cierto periodo de tiempo o fase, ya que esto determinará que tan efectiva fue la realización de estas actividades (Kartam 1994):

- La secuencia de trabajo: consistente con el programa inicial.
- La cantidad de trabajo ejecutada: de acuerdo a lo que especifiquen y en función del avance del proyecto.
- La factibilidad de ejecución de los trabajos seleccionados: Planificar una actividad en función de los trabajos cuyos prerrequisitos hayan sido ya realizados.

Los porcentajes de cumplimiento del PAC, varían entre empresas, lo que hace que se estudie y analice en detalle, la relación existente entre cumplimiento de plazos y porcentaje de actividades realizadas.

b) Desviación Final del Programa Inicial

Este indicador, será medido analizando la duración propuesta de las actividades del proyecto y comparándolas con la duración real ejecutada, visualizando la variación existente.

c) Productividad

Este indicador será medido en base a la información proporcionada por el punto anterior y será calculada numéricamente en base a la cantidad de HH utilizadas entre la cantidad de metros cuadrados ejecutados (M²/HH).

d) Reprogramación del Proyecto

Se evaluará, el número de veces que el equipo del proyecto se reúne para establecer una nueva programación y contrarrestar los atrasos generados por una deficiente programación inicial. Así como las modificaciones que se realizan al Programa Inicial.

e) Control de Avance y Cumplimiento

El objetivo de este análisis será evaluar la periodicidad con la que se controla en terreno el avance y el cumplimiento de los programas establecidos.

Tabla 5-2: Indicadores de Control revisados

Desviación Final del Programa Inicial	Promedio. PAC	Plazo Contractua 1	Variabilidad Utilización Mano de Obra entre semana	Reprogramación del Proyecto	Control de Avance y cumplimiento
--	----------------------	--------------------------	---	--------------------------------	--

5.4.3.3 Percepción del diseño de Sistema de Producción (DSP)

Consideramos importante medir no solo datos numéricos, para proponer mejoras al Sistema de Producción, por lo que es importante conocer la percepción de los involucrados acerca del tema, para lo cual se obtendrá información de los integrantes de los distintos proyectos estudiados a través de entrevistas y cuestionarios. La recopilación de información al respecto, será realizada en dos niveles de la empresa que se estudie:

- Nivel Directivo: Compuesto por los profesionales y jefes de proyecto.
- Nivel Operativo: Compuesto por personal de terreno y subcontratos.

Lo que se evaluará en este punto será la Formalidad del Sistema de Producción existente, analizando la responsabilidad y seriedad con la que se abordan los Sistemas de Producción.

Para lo cual se deberá tomar en consideración los siguientes criterios:

a) Desarrollo del Diseño de Sistema de Producción (DSP)

Para medir la percepción de este punto, se confeccionó una entrevista donde se busca identificar el momento en que se realiza el proceso, la participación y el tiempo percibido de asignación al diseño del Sistema de Producción, de este modo las principales preguntas a realizar serán:

- ¿Cuándo piensa Ud. que se diseña un Sistema de Producción en los proyectos?
- ¿En cuál de las etapas de Diseño de un Sistema de Producción ha participado?
- ¿Cuánto tiempo piensa que se le asigna al Diseño de un Sistema de Producción?

- ¿Cuánto tiempo piensa que se le debe asignar al Diseño de un Sistema de Producción?
- b) Involucramiento real e ideal percibido durante el Diseño de Sistema de Producción (Adaptado de Cruz, 1996).

Se utilizaron tablas de involucramiento, para conocer el pensamiento de cada uno de los entrevistados, acerca del grado de involucramiento propio y de los demás participantes del Proyecto. Se realizará además una comparación entre la situación actual y la ideal evaluando el involucramiento en las áreas de mayores problemas encontrados.

Se utilizaron cuestionarios y entrevistas no estructuradas, siendo las principales preguntas:

- ¿Cuál es el grado de involucramiento real propio y de los demás participantes del proyecto?
- ¿Cuál debería ser el grado de involucramiento ideal propio y de los demás participantes del proyecto?

La simbología que se utilizará está relacionada con la escala de involucramiento diseñada.

MUY ALTO GRADO DE INVOLUCRAMIENTO	5
ALTO GRADO DE INVOLUCRAMIENTO	4
GRADO MEDIO DE INVOLUCRAMIENTO	3
BAJO GRADO DE INVOLUCRAMIENTO	2
MUY BAJO GRADO DE INVOLUCRAMIENTO	1

c) Caracterización de las reuniones de planificación y Coordinación

Se busca evaluar la frecuencia, ocurrencia y formalidad de encuentros que sostiene el equipo del proyecto para diseñar el Sistema de Producción antes y durante la ejecución así como la coordinación existente.

d) Realización de las actividades que comprenden los Sistemas de Producción

Se identificará que actividades del Sistema de Producción se documentan así como la participación del equipo del proyecto en el análisis y planificación de las actividades de producción.

5.4.3.4 Problemas detectados para la realización de DSP

Esta metodología pretende además de evaluar los sistemas de producción en la industria de la construcción, identificar los principales problemas que constituyen una barrera para el correcto desempeño de los proyectos, tomando como referencia para este punto el estudio realizado por Ashley et al. (1987), se realizará una medición de la mayor incidencia de estos factores en el Diseño de un Sistema de Producción.

Existen claras diferencias entre una planta industrializada y un proyecto de construcción ya que la construcción de un proyecto es algo único y complejo y se realiza en un ambiente de alta incertidumbre y bajo fuerte presiones de costo y tiempo (Howell, 1999).

Tabla 5-3: Problemas detectados para la realización de DSP

Factores que inciden en el desempeño de los Proyectos de Construcción (Ashley et al.1987)	
1	Esfuerzos de Planificación
2	Compromiso de la Dirección Superior
3	Interes y Motivación del Equipo de Trabajo
4	Definición y Configuración del equipo de trabajo
5	Experiencia y competencias de los participantes del proyecto
6	Seguridad
7	Sistemas de Control
8	Administración de la interface entre Diseño y construcción
9	Identificación de Riesgos y Gestión
10	Clima de Incertidumbre en Aspectos Técnicos
11	Entorno Político

Finalmente para resumir, presentamos un resumen de la metodología en la Tabla 5.4, con las herramientas que se recomienda utilizar y los resultados finales que se pretenden obtener en cada etapa.

Tabla 5-4: Resumen metodología de evaluación Sistemas de Producción

ETAPA	ACCIONES	HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN	RESULTADOS
(1) Revisión de Antecedentes Generales	Identificación de la empresa	Entrevistas	Definición de los antecedentes generales
	identificación del proyecto	Análisis de la Documentación	
		Medios de Observación	
(2) Estudio Preliminar de los Sistemas de Producción	Análisis de la Administración de la Producción	Entrevistas	Análisis Inicial del Diseño y Funcionamiento de los Sistemas de Producción
	Análisis de las Actividades de Producción	Análisis de la Documentación	
	Análisis del Suministro y Utilización de recursos	Medios de Observación	
	Análisis de la Organización del Proyecto	Observación Directa	
	Análisis de las Actividades del Último Planificador	Observación Participante	
(3) Diagnóstico	Identificación de Oportunidades de Mejoramiento	Entrevistas	Análisis Detallado del Diseño y Funcionamiento de los Sistemas de Producción
	Obtención de los Indicadores de Control de Desempeño	Análisis de la Documentación	
	Evaluación de la Percepción del Diseño de los Sistemas de Producción	Medios de Observación	
	Evaluación de los principales problemas detectados para la realización del Diseño de los Sistemas de Producción	Observación Directa	
		Observación Participante	

5.5 Aplicación de la Metodología a los Casos de Estudio

Esta investigación se realizó documentando dos casos de estudio, donde se utilizó la metodología de evaluación desarrollada en proyectos de la industria de la

construcción chilena, asociadas al Gepuc (Centro de Excelencia en Gestión de la Producción), siendo esta una limitante del trabajo ejecutado.

El objetivo de este punto, es describir los casos que se estudiaron de manera que se comprenda cada uno de ellos, utilizando las herramientas de evaluación desarrolladas para obtener el diagnóstico final. Cabe destacar que durante esta etapa, se comenzaron a identificar los problemas existentes en cuanto a la planificación, las tareas realizadas por los equipos de trabajos , así como las competencias de los involucrados en el tema, con el ánimo de entender la situación que nos planteamos mejorar.

Por lo que se eligieron empresas con configuraciones y filosofías de trabajo distintas, es decir una empresa con trayectoria en la aplicación del Sistema Último Planificador en sus proyectos de construcción y otra donde los conocimientos *Lean Construction* fueron implementados para mejorar el proceso existente.

El desarrollo de los casos se realizó a través de diversas reuniones, talleres y trabajo de campo, siendo un trabajo que contó con la participación de los diferentes equipos de trabajo de los proyectos estudiados.

Para efectos de confidencialidad de información, se denominan con números las diferentes empresas a exponer.

Tabla 5-5: Aspectos analizados en los casos de estudio

Aspectos Observados y Analizados		Herramientas y/o Fuentes de Evidencia
Antecedentes del Estudio de Caso	Identificación de la empresa	Observación Participante, Observación Directa, Análisis de Información, Entrevistas, Medios de Observación
	identificación del proyecto	
Administración de la producción	Decisiones Estratpegicas	
	Decisiones Operacionales	
Actividades de Producción	Estudio de la interdependencia de las operaciones	
	Confección de la secuencia	
	Provisión de las fechas de inicio, término y los buffers aceptables	
	Evaluación de los recursos y materiales q se usaran	
	Determinación de las operaciones críticas	
Suministro y Utilización de Recursos	Abastecimiento de materiales	
	Abastecimiento de equipos	
	Abastecimiento de maquinaria	
	Utilización de mano de obra	
Organización del Proyecto	Configuración del Equipo Técnico	
	Comportamiento del recurso Humano	
	Cumplimiento de Compromisos y/o	
Actividades del Último Planificador	Puntualidad comienzo de la reunión	
	Asistencia de agentes claves a reunión	
	Revisión de compromisos anteriores	
	Detección de causas de no cumplimiento	
	Planificación de corto plazo	
	Compromiso de los planificadores	
	Identificación de restricciones	
	Gestión de restricciones Plan intermedio	
	Medidas de mejoramiento periódicas	
	Publicación de indicadores y resultados Plan Maestro	
	Planeación de Recursos	

5.6 Estudio de Caso 1

5.6.1 Etapa 1: Revisión de Antecedentes Generales - Empresa 1

Esta empresa constructora, tiene 14 años de funcionamiento ejecutando obras de edificación y viviendas actualmente se encuentra incursionando en el área inmobiliaria. Esta empresa está asociada al Gepuc hace 5 años, mejorando la gestión de sus procesos e implementando la filosofía de construcción Lean.

En la actualidad la empresa tiene como objetivos generales la seguridad de sus trabajadores, la calidad de sus proyectos y la satisfacción de sus principales clientes.

5.6.1.1 Antecedentes en Gestión de la Producción

En esta empresa el tema de la gestión eficiente de proyectos es uno de los principales objetivos por lo que con la colaboración del Gepuc han podido implementar el sistema de control de la Planificación Último Planificador, capacitando en su mayoría a todos los profesionales y mandos medios. Se debe mencionar que los gerentes son personas muy comprometidas con el cambio y la innovación de mejoramientos de gestión.

5.6.1.2 Antecedentes Generales del Proyecto

El proyecto que se abordó, estaba constituido por una edificación de 12 pisos, la estructura de hormigón armado y tabiquería de Volcometal, el uso destinado sería departamentos un total de 79 distribuidos en 4 tipos los cuales tenían finas terminaciones.

Esta empresa contaba con una experiencia en la utilización de un sistema de planificación Último Planificador en otros proyectos con buenos resultados, por lo que se suponía que debería de ser eficiente en esta obra, no obstante al interior de la misma se pudieron ver situaciones que daban a conocer lo contrario.

El plazo contractual estimado para la culminación de esta Obra fue de 15 meses sin embargo, se terminó el proyecto en 22 meses, el estudio de este caso se inicio en el octavo mes de ejecución, ya que este tenía un atraso de 6 meses y debían de tener un avance del 40,57% sin embargo tan solo se registraba un 12,25%, situación que generó una gran disconformidad dentro de la empresa.

La investigación de este caso se dio en dos etapas, tanto en gabinete como en terreno en un total de 3 meses, dedicándose a la investigación en terreno 40 horas dentro del horario de trabajo del personal de la obra.

La obra estudiada estaba conformada por 1 profesional de Terreno, 1 asistente, 1 Ingeniero Prevencionista de Obra, 1 Bodeguero.

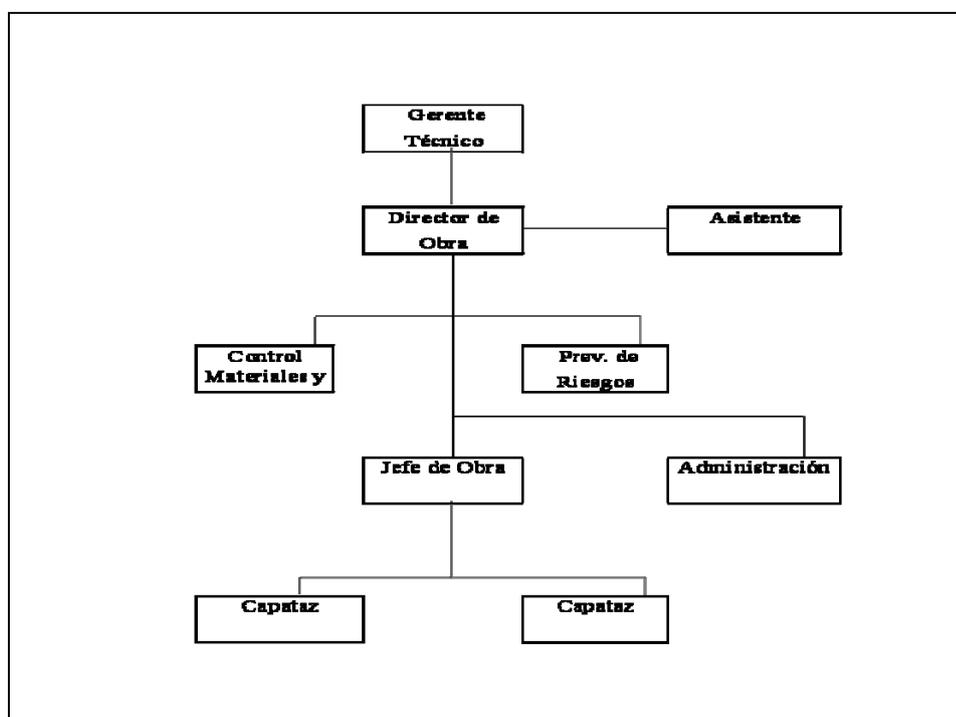


Figura 5-6: Organigrama proyecto caso 1

5.6.2 Etapa 2: Estudio Preliminar de los Sistemas de Producción

Se levantó la información referente a las cinco variables descriptivas propuestas en la metodología siendo estos los resultados.

a) Variable 1: Administración de la Producción

Para comprender mejor el desempeño del Sistema de Producción fue necesario revisar con el equipo de trabajo como fueron tomadas las primeras decisiones estratégicas y que criterios usaron al respecto.

Después de aplicar las entrevistas enfocadas a los integrantes y de evaluar mediante la observación directa en terreno, pudimos obtener la siguiente información:

El administrador del proyecto no tomo las decisiones acerca de cómo abordar el proyecto en conjunto con el equipo de trabajo, sino lo hizo en forma independiente durante casi 1 mes antes de iniciar los trabajos de faena, debido a que no se tenía claro quienes lo ayudarían en el proceso de ejecución. Sin embargo, una vez establecido el equipo del proyecto tampoco compartió con el personal las razones por las cuales se habían tomado ciertas decisiones.

Se pudo observar en terreno, que el equipo de trabajo no compartía con el Administrador de la Obra la forma de gestionar el proyecto, ya que las indicaciones que se entregaban no fueron claras desde un inicio.

El Administrador de la Obra consideraba que la Administración de la producción era una tarea que únicamente recaía en él, no delegando ninguna responsabilidad a algún miembro del equipo de trabajo así como tampoco a la Gerencia de la Empresa.

Tabla 5-6: Administración de la producción caso 1

Decisiones Tomadas	Resultados
Secuencia de Ejecución del Proyecto	Obra Dividada en 3 sectores
Maquinaria a utilizar	Una grúa en forma permanente
Forma de Contratación de la Mano de Obra	Por la casa / Mensual
Planificación	Uso de Last Planner
Control	Mensual

Además se pudo comprobar que estas decisiones tomadas al inicio del proyecto, no tuvieron mayor análisis ya que durante la ejecución del proyecto se tuvieron que considerar mayor número de sectores, 1 grúa mas y la contratación de mano de Obra por tratos y subcontratos, situaciones que trajeron mayor pérdida de mano de obra y productividad, impactando en el no cumplimiento de plazos.

b) Variable 2: Actividades de Producción

Las actividades de producción, son dentro de un proceso el factor más importante para la realización de una tarea, es por eso que el estudio detallado de estas, podría tener un impacto positivo en la ejecución del proyecto.

Después de aplicar las entrevistas no estructuradas del tipo enfocadas, a los integrantes y de evaluar mediante la observación directa en terreno, pudimos obtener la siguiente información:

Tabla 5-7: Actividades de producción caso1

Actividades de Producción	Forma de Planificación	Integrantes en el Análisis	Momento en que se analizan
Estudio de la interdependencia de las operaciones	No se planifica		
Confección de la secuencia	Construcción de Carta Gantt	Oficina Central	Estudio de Propuesta
Provisión de las fechas de inicio, término y los buffers aceptables	No se planifica		
Evaluación de los recursos y materiales q se usaran	Construcción de Carta Gantt	Oficina Central	Estudio de Propuesta
Determinación de las operaciones críticas	No se planifica		

Por lo que podemos establecer, que las actividades mínimas de análisis no se realizaban con el equipo del proyecto, y más aún se pudo observar que era la Oficina Técnica de la empresa, quien se encargaba de realizar este análisis siendo muy básico, ya que la persona encargada no tenía la experiencia necesaria ni la colaboración de los profesionales de terreno.

c) Variable 3: Suministro y Utilización de Recursos

De acuerdo a los antecedentes revisados, sabemos que una de las razones para la existencia de pérdidas en los proyectos, es la inadecuada utilización de los diversos recursos necesarios.

Después de aplicar las entrevistas no estructuradas del tipo enfocadas, a los integrantes y de evaluar mediante la observación directa en terreno se obtuvo la siguiente información:

En la obra estudiada, se pudo examinar que el análisis realizado para el suministro y la utilización eficiente de los recursos, era una tarea asignada en forma independiente al Jefe de Obra, quien no consulta estas decisiones al Administrador de la Obra, por lo que esta tarea se convierte en informal, no dándole el valor necesario.

Además se pudo observar, que la forma en que salta la necesidad de algún material es en medio de la faena, teniéndose que paralizar trabajos por la falta de algún material o mano de obra y es en ese momento en que se solicitan ciertos recursos, lo que significa que la llegada de estos retrasa la continuidad del flujo de trabajo, cuando existe por lo que el análisis es reactivo.

Tabla 5-8: Suministro y utilización de recursos caso 1

Suministro y Utilización de Recursos	Responsable	Momento en que se analizan	Forma de análisis
Abastecimiento de materiales	Jefe de Obra	De acuerdo al avance	Reactivo
Abastecimiento de equipos	Jefe de Obra	De acuerdo al avance	Reactivo
Abastecimiento de maquinaria	Jefe de Obra	De acuerdo al avance	Reactivo
Utilización de mano de obra	Jefe de Obra	Estudio de Propuesta/De acuerdo al avance	Reactivo

d) Variable 4: Rigurosidad y Cumplimiento de las Actividades del Último Planificador

De acuerdo a los entrevistados, el proceso de planificación es iniciado con lo que se denomina Programa Maestro el que era entregado por Oficina Central, el cual no es otra cosa que una Carta Gantt donde aparecen hitos principalmente el inicio y el fin del proyecto, este programa de trabajo es la base para el desarrollo de la planificación Intermedia, la cual no es realizada por múltiples motivos uno de ellos por falta de personal idóneo para la realización ya que el Administrador de Obra no destinaba tiempo a la realización de trabajo más estratégico.

La planificación semanal era realizada contando con la presencia de los principales subcontratos de la obra, sin embargo algunos asistentes claves no asistían a las reuniones, no siendo exigida mayor rigurosidad por la Administración del proyecto.

La planificación de recursos, cuando se ejecutaba era realizada por el Jefe de Obra en forma independiente no consultando esto a los integrantes del equipo de trabajo.

Los entrevistados mencionaron, que los participantes en las reuniones semanales asumían compromisos que luego no cumplían así como se tomaban rendimientos poco realistas.

Por otro lado mencionaron que el Sistema Último Planificador, era muy bueno pero que se requería de una persona con mayor liderazgo para que lo controle y que todos estén comprometidos para que sea válido.

Adicionalmente a pesar de ratificar que se trabajaba con la filosofía *Lean*, este proyecto no cumplía los más mínimos requerimientos de esfuerzo de planificación, realidad que llamo mucho la atención ya que se realizaban reuniones semanales con los subcontratos y el personal de obra, a pesar de ello no se realizaba un seguimiento formal de las actividades completadas y las causas de No Cumplimiento.

A continuación se muestran las actividades que comprenden el Sistema Último Planificador y la rigurosidad con las que de efectuarse se realizaban.

Tabla 5-9: Principales actividades que comprenden el Sistema Último Planificador
Caso 1

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

e) Variable 5: Organización del Proyecto

De acuerdo a lo investigado, dentro de la realidad chilena existen muchos problemas relacionados con la estructura organizacional existente (Mardones, 1997).

Las entrevistas no estructuradas del tipo enfocadas, fueron realizadas al Administrador del Obra, al coordinador de la empresa y a la asistente de Oficina Técnica durante 2 reuniones, así mismo la observación directa permitió observar actitudes y escuchar comentarios referentes a la administración del Proyecto.

Se pidió alguna documentación referente a la Organización del Proyecto antes del inicio de la recolección de datos como: Plan de Calidad, Descripción de Funciones, Organigrama, Actas de Reunión, sin embargo la única información formal existente era el organigrama de Obra.

Tomando como referencia la evidencia registrada, se pudo listar las funciones referentes a las variables descriptivas planteadas en la metodología de evaluación y se realizó una matriz de responsabilidades, para determinar los responsables en la fase previa y desarrollo del proyecto.

Los tipos de responsabilidades consideradas fueron:

Supervisa (S), es quien revisa, valida, desaprueba, modifica y controla.

Ejecuta (E), es quien elabora y participa

Informado (I), es quien debe conocer los resultados de las acciones y exigirlos en caso que fuese necesario para mantenerse al tanto.

Conoce (C), es quien apoya y ayuda a la ejecución.

De este análisis se puede concluir que la comunicación al interior de este proyecto no fue eficiente, ya que no se informaron las situaciones más relevantes al equipo de trabajo.

Además podemos decir que en este proyecto, fue la oficina central quien entregó mucha información al Administrador de la Obra, sin embargo mucha de ella no fue analizada y fue ejecutada sin mayor análisis.

Dentro de las actividades de control de la planificación, se observó que era la asistente del Administrador de Obra, quien lideraba las reuniones y coordinación con los Subcontratos.

Así mismo, la falta de formalización de responsabilidades contribuyó a que se viviera una atmósfera de desorden la cual impacta en la variabilidad e incertidumbre, debido a que el Administrador del proyecto, en algunas ocasiones tuvo literalmente que recibir los materiales al momento de ingreso a la Obra.

Por consiguiente, el Administrador de Obra tenía que hacer muchas más funciones de las que su tiempo le permitía, como por ejemplo revisar y hacer los estado de pago a los subcontratos, hacer presupuestos de adicionales, asegurar y solicitar el abastecimiento de materiales y equipos, consultar órdenes de compra, situación que generaba atrasos en la construcción y en la entrega de información a la Oficina Central, por lo que esta no apoyaba la gestión del Administrador de la Obra.

Tabla 5-10: Organización del proyecto caso 1

Variables	Funciones Intrínsecas Observadas	Oficina Central	Administrador de Obra	Jefe de Obra	Asistente Oficina Técnica	Bodeguero-Administrativo	Previsionista de Riesgo	Sucontratos
Administración de la Producción	Definición de la Secuencia de Ejecución del Proyecto	E	I	C				
	Maquinaria a utilizar	E	I	C				
	Forma de Contratación de la Mano de Obra	E	I					
	Definición del Control y los Indicadores que se medirán	E	I					
Actividades de Producción	Confección de la secuencia	E	I	C				
	Evaluación de los recursos y materiales q se usaran	E	S					
Suministro y Utilización de Recursos	Abastecimiento de materiales		E	I				
	Abastecimiento de equipos		E	I				
	Abastecimiento de maquinaria		E	I				
	Utilización de mano de obra		E	I				
Actividades del último Planificador	Detección de causas de no cumplimiento				E			
	Planificación de corto plazo				E			

5.6.3 Etapa 3: Diagnóstico

Para la realización del Diagnóstico se evaluaron las variables propuestas con sus respectivos criterios.

5.6.3.1 Identificación de Oportunidades de Mejoramiento

Para identificar las principales oportunidades de mejoramiento en este proyecto, se analizó exhaustivamente toda la evidencia registrada durante el tiempo dedicado al estudio de caso, además se realizó una charla de capacitación donde se reunió al Administrador de la Obra, su asistente y el jefe de Obra, este taller duro 2 horas.

Además las entrevistas y cuestionarios, sirvieron para evaluar los resultados profundizando las diferentes interpretaciones, acerca del Sistema de Producción permitiendo además, conocer la idiosincrasia del personal, los métodos de trabajo, la organización, etc.

Con la Observación participante, se pudo ver el intercambio de ideas, la creación de soluciones y las relaciones existentes entre los integrantes del proyecto.

Se realizó entonces un análisis de la situación encontrada y este proyecto presentó algunas deficiencias las cuales influyeron en el plazo de ejecución, así como situaciones que no fueron contempladas al inicio de la obra y que fueron importantes.

- Plan de Ataque: El terreno de emplazamiento del proyecto era de 54,000 m², sin embargo se podía observar una inadecuada instalación de faena ya que solo permitía la utilización de 2 grúas torre siendo esto insuficiente y limitando en muchos casos el transporte de materiales hacia los pisos superiores, la inexistencia de una estrategia de ejecución inicial dio como consecuencia muchos trabajos rehechos, ya que se experimentó el ataque desde varios frentes, estableciéndose en el segundo mes de inicio del proyecto la estrategia

de ejecución definitiva. Se pudo observar además, que no se realizó algún análisis acerca de la ubicación de los equipos, por lo que se modificó la instalación de una grúa, perdiéndose tiempo y mano de obra.

Además, por la configuración del proyecto el Prevencionista de Riesgo, no era considerado como parte del equipo de trabajo siendo excluido en algunas decisiones importantes como la determinación de áreas seguras.

- **Materiales y Equipos:** Con respecto a los materiales, no existía en la obra una bodega adecuada donde se guardasen las diversas herramientas y materiales que llegaban a terreno, debido a que la bodega existente era pequeña, muy por contrario el material que llegaba era colocado donde visiblemente había espacio suficiente, situación que contribuía al desorden y la pérdida de los mismos, además de un peligro constante.

Los materiales no eran acopiados por tipo ni uso es decir, se mezclaban lo que originaba trabajos rehechos colocando un material donde no se debía.

Otro de los factores importantes además, fue la falta de celeridad con la que los materiales llegaban a la obra ya que la Oficina Central de la empresa, demoraba entre 3 y 4 semanas en realizar el trámite de adquisición, escenario que trajo como consecuencia el no cumplimiento del programa de trabajo.

Posteriormente se pudo observar en terreno, que la necesidad de materiales era dada a conocer con 1 día de anticipación lo cual también contribuía a la demora por parte de Oficina Central.

- **Mano de Obra:** El proyecto no planificaba la cantidad de trabajadores que serían necesarios para completar ciertos trabajos, únicamente le preguntaba al Jefe de Obra acerca del requerimiento semanal para la contratación,

adicionalmente tampoco clasificaba en forma ordenada el tipo de mano de obra a emplear, como cuadrillas de moldaje, enfierradura, hormigón, tabiquería, etc., por lo que muchas veces por ejemplo una cuadrilla destinada a enfierradura era cambiada a moldaje, situación que generaba descontento al interior de la obra y no contribuía a la generación de flujo continuo.

Otra situación al respecto, era que al no existir una adecuada planificación de la mano de obra la variación en cuanto a la contratación y utilización era importante, debido a que dentro de una misma semana se podían requerir 70 trabajadores o 150, la rotación de la mano de obra originó además que los obreros migren a otros proyectos de la zona, dejando de prestar sus servicios en este por la gran variabilidad existente.

- Organización del Proyecto: El proyecto estaba conformado por un Administrador de Obra, un asistente, un bodeguero administrativo y Prevencionista de riesgo, cabe señalar que no existía una oficina técnica de proyectos, por lo que el Administrador tenía que hacer muchas más funciones de las que su tiempo le permitía, además de esto no existía mayor comunicación con la oficina central, no generándose una buena relación de trabajo.
- Diseño de Flujo de Trabajo: El proyecto no estudiaba estratégicamente como abordar en forma lógica y secuencial las actividades de producción, no se generó una planificación para ejecutar obras en paralelo y aisladas dentro de un sector, situación que contribuyó a la demora del proyecto, tampoco se contempló la planificación de buffers ni la distribución de recursos de acuerdo a los avances.

- **Planificación del Proyecto:** En esta obra la planificación era vista como un cronograma de actividades inicial, el cual había sido realizado por una persona sin experiencia alguna en la etapa de licitación del proyecto, este programa de trabajo no tenía credibilidad ni lógica, y solo cumplía con mostrar las fechas de inicio y fin, ya que la secuencia establecida en el programa no reflejaba la realidad ya que no fueron consultados los responsables de la dirección del proyecto no considerándose además los rendimientos históricos de la empresa la cual ya tenía experiencia en la realización de este tipo de proyectos.

Al iniciar la obra, el equipo encargado utilizó la planificación maestra entregada y la utilizó como guía de referencia para la elaboración de los planes a corto plazo, introduciendo muchos errores en la ejecución del proyecto, ya que este programa no había sido analizado para generar un flujo de trabajo constante.

En esta obra se pudo apreciar la inexistencia de un plan intermedio, que sirva de plataforma para la elaboración de los planes a corto plazo, de acuerdo a la investigación no se realizaba el esfuerzo de planificar a un nivel más detallado en forma anticipada. Con respecto a la planificación semanal el administrador del proyecto realizaba una planificación de trabajo en su agenda personal de manera muy informal de acuerdo al día a día, no considerando las restricciones que podrían aparecer como falta de materiales, equipos, mano de obra.

- **Control del Proyecto:** Se pudo observar que no existió exigencia por parte de la administración superior, para el cumplimiento de plazos, por lo que en terreno el equipo del proyecto destinaba muy poco tiempo al control de la producción, no se realizaron mediciones de productividad ni se verificaban los rendimientos proyectados contra los reales ejecutados.

5.6.3.2 Indicadores de Control de Desempeño

Esta información fue obtenida por medio de análisis de la información del proyecto y observación directa. El periodo estimado para la evaluación fue de de 10 semanas de trabajo.

a) Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)

Durante la etapa de planificación semanal se constató, que las metas a cumplir no eran realistas ya que no se realizaba un análisis de restricciones para garantizar el flujo continuo de lo planificado, además de esto al momento de realizar la revisión de las actividades completadas el administrador de obra retiraba del análisis las actividades que no pudieron ser llevadas a cabo, para mantener un porcentaje alto de cumplimiento, lo que demostraba la falta de compromiso con la realización de la planificación a corto plazo.

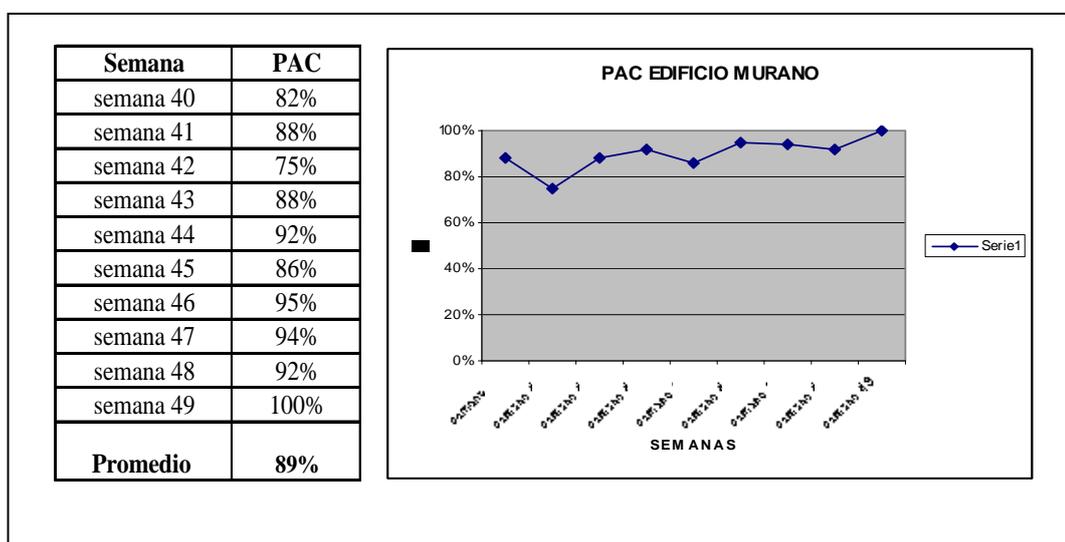


Figura 5-7: Porcentaje de actividades completadas caso 1

b) Desviación Final del Programa Inicial

Se analizaron las actividades correspondientes a las losas y vigas de fundación, así como a los muros perimetrales de los 3 módulos de un sector del proyecto.

Tabla 5-11: Desviación del programa caso 1

Actividad	Días Programados	Duración Real	% de Variación
Modulo 1			
Fe Muros Perim y Inter	9,00	11,00	22,2%
Moldajes Muros P y I	8,00	9,00	12,5%
H° M.Perim y Inte	8,00	8,00	0,0%
Desc Muros Perim y Inter	8,00	9,00	12,5%
Moldaje Vigas y Losas	8,00	11,00	37,5%
Fe Vigas y Losas	8,00	12,00	50,0%
H° Vigas y Losas	1,00	1,00	0,0%
Modulo 2A			
Fe Muros Perim y Inter	9,00	10,00	11,1%
Moldajes Muros P y I	8,00	9,00	12,5%
H° M.Perim y Inte	8,00	8,00	0,0%
Desc Muros Perim y Inter	8,00	11,00	37,5%
Moldaje Vigas y Losas	8,00	12,00	50,0%
Fe Vigas y Losas	9,00	12,00	33,3%
H° Vigas y Losas	1,00	1,00	0,0%
Modulo 2B			
Fe Muros Perim y Inter	6,00	8,00	33,3%
Moldajes Muros P y I	6,00	7,00	16,7%
H° M.Perim y Inte	6,00	9,00	50,0%
Desc Muros Perim y Inter	6,00	8,00	33,3%
Moldaje Vigas y Losas	6,00	8,00	33,3%
Fe Vigas y Losas	7,00	9,00	28,6%
H° Vigas y Losas	1,00	1,00	0,0%
Modulo 3			
Fe Muros Perim y Inter	5,00	7,00	40,0%
Moldajes Muros P y I	5,00	8,00	60,0%
H° M.Perim y Inte	5,00	8,00	60,0%
Desc Muros Perim y Inter	5,00	7,00	40,0%
Moldaje Vigas y Losas	5,00	9,00	80,0%
Fe Vigas y Losas	5,00	8,00	60,0%
H° Vigas y Losas	1,00	1,00	0,0%
TOTAL	170	222	30,6%

c) Productividad

Este indicador fue medido en base a la información proporcionada por el punto anterior y fue calculado numéricamente en base a la cantidad de HH utilizadas entre la cantidad de metros cuadrados ejecutados (M²/HH).

Se realizó el análisis de productividad de la actividad de Enfierradura de muros perimetrales y Vigas y losas de Fundaciones del Edificio que se estudio en su primera etapa.

Tabla 5-12: Productividad mensual caso 1

MES	H-H Mes	KG/Mes	PRODUCTIVIDAD
			(KG/HH)
MES 1	3256	2265	0,70
MES 2	2048	1361	0,66
TOTAL	5304	3626	0,68

d) Reprogramación del Proyecto

De acuerdo a lo informado por el Administrador del Proyecto el programa fue reformulado 8 veces en 9 meses de trabajo, y solo en 2 ocasiones se trabajó en equipo, donde realizamos una observación participante.

Tabla 5-13: Reprogramación del proyecto caso 1

Actividades de Reprogramación del	Frecuencia
Reuniones de Planificación y Programación	1 mensual
Modificaciones al Programa Inicial	8 veces

e) Control de Avance y Cumplimiento

De acuerdo a la evidencia recolectada por medio de la información analizada, la observación en terreno y las entrevistas realizadas al Administrador y Jefe de Obra, se pudo verificar que el control de avance que se realizaba en este proyecto era mínimo ya que la instancia para revisar la situación del proyecto era cada fin de mes junto con el estado financiero de la Obra, que exigía la Oficina central de la empresa. El promedio de variabilidad de utilización de la mano de obra, fue calculado en base a 8 semanas de análisis.

Tabla 5-14: Indicadores de control revisados caso 1

Desviación del Programa Inicial	Prom. PAC	Plazo Contractual	Promedio de Variabilidad Utilización Mano de Obra entre semana	Reprogramación del Proyecto	Control de Avance y cumplimiento
7 meses	89%	15 meses	56%	8 veces	Mensual

5.6.3.3 Percepción del Diseño de Sistema de Producción (DSP)

Antes de iniciar esta evaluación así como la identificación de oportunidades de mejoramiento, se realizó una introducción del tema acercando a las personas a la real situación.

Para obtener información al respecto, fueron entrevistados 7 personas del proyecto, contemplándose 2 niveles

- Nivel Directivo: 3 personas

Coordinador de la Empresa, Gerente Técnico, Jefe de Propuesta

- Nivel Operativo: 4 personas
Administrador de Obra, Asistente de Terreno, Jefe de Obra, Subcontrato Enfierradura.

Formalidad del Sistema de Producción existente:

Se evaluarán los 4 criterios establecidos en la metodología propuesta

a) Desarrollo del Diseño de Sistema de Producción (DSP)

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

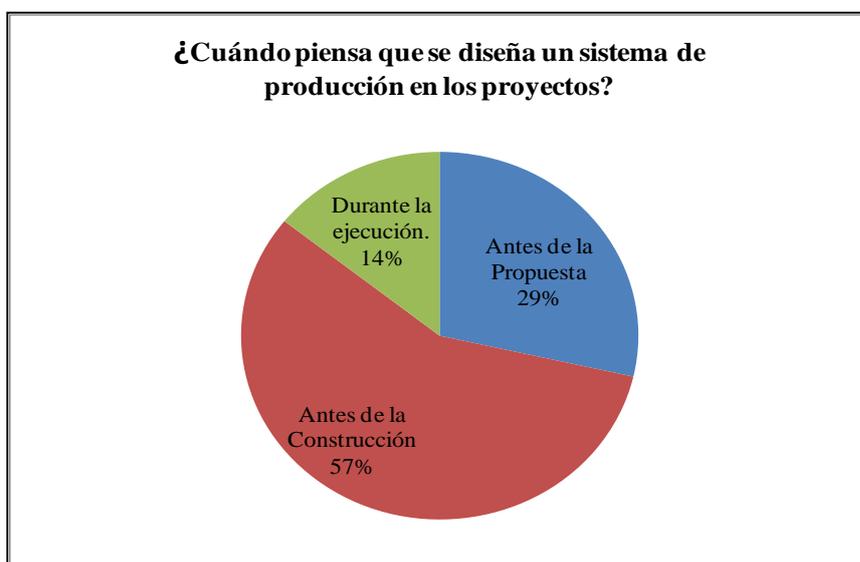


Figura 5-8: Entrevista desarrollo del DSP caso 1

Además, consideran importante realizar el Diseño de Sistema de Producción antes del inicio de la construcción. Cabe señalar que algunos participantes indicaron que realizar el diseño durante la construcción podría ser mejor ya que van los problemas van apareciendo poco a poco.

Al ser consultados acerca de la participación en el Diseño de Sistema de Producción, se puede decir que el 43% de los encuestados no ha participado alguna vez en el proceso de planeación el proyecto del que formó parte.

Otro punto importante, es la percepción de los entrevistados acerca del tiempo que se emplea para el diseño de un Sistema de Producción, ya que piensan que se necesita mucho mas de un mes para poder realizar el análisis respectivo, así mismo señalan que este debiera estar listo en 1 mes como máximo.

Finalmente, las personas reconocen la ausencia de un sistema formal de Producción antes del inicio de la Construcción y consideran que aún cuando se diseña no se realiza con la rigurosidad debida. Además piensan que el tiempo que se le asigna al diseño es insignificante.

¿Cuánto tiempo piensa que se le asigna al Diseño de Sistema de Producción?	%	¿Cuánto tiempo piensa que se le debe asignar al Diseño de Sistema de Producción?	%
Menos de 1 mes	29%	Menos de 1 mes	14%
1 mes	29%	1 mes	71%
Más de 1 mes	71%	Más de 1 mes	14%

¿Considera que el diseño un sistema de producción en los proyectos que ha participado, ha sido un proceso formal?	%	¿En cuál de estas etapas de Diseño de Producción ha participado?	%
NO	86%	Antes de la Propuesta	14%
SI	14%	Antes de la Construcción	14%
NO SABE	0%	Durante la ejecución.	29%
		No ha participado	43%

Figura 5-9: Entrevista percepción caso 1

- b) Involucramiento real e ideal percibido durante el Diseño de Sistema de Producción (Adaptado de Cruz, 1996).

Se utilizaron tablas de involucramiento, para conocer el pensamiento de cada uno de los entrevistados, acerca del grado de involucramiento propio y de los demás.

Se utilizaron entrevistas, siendo las principales preguntas:

¿Cuál es el grado de involucramiento real propio y de los demás participantes del proyecto?

¿Cuál debería ser el grado de involucramiento ideal propio y de los demás participantes del proyecto?

MUY ALTO GRADO DE INVOLUCRAMIENTO	5
ALTO GRADO DE INVOLUCRAMIENTO	4
GRADO MEDIO DE INVOLUCRAMIENTO	3
BAJO GRADO DE INVOLUCRAMIENTO	2
MUY BAJO GRADO DE INVOLUCRAMIENTO	1

Tabla 5-15: Involucramiento real del equipo de trabajo por área de mejoramiento caso 1

	a) Plan de Ataque	b) Materiales y Equipo	c) Mano de Obra	d) Org. del Proyecto	e) Diseño de Flujo de Trabajo:	f) Planif. del Proyecto	g) Control del Proyecto
Participantes							
Obra							
Administrador del Proyecto	3	1	3	2	3	3	2
Asistente del Administrador	1	1	2	3	2	3	1
Jefe de Obra	2	3	2	3	2	1	3
Oficina Central							
Coordinador del proyecto	1	1	1	1	1	1	3
sub.contratos							
Enfierradura	1	3	1	1	2	1	2
Terminaciones	1	1	3	2	3	1	1

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

Por otro lado, el Administrador de la Obra, quien es el profesional a cargo tiene un grado medio de involucramiento en el diseño, situación que favorece a la

incertidumbre en el que se encontraba este proyecto, además que al no tener un grado alto de involucramiento, son muchas las decisiones que tienen que tomar otras personas con menor experiencia por lo que los trabajos rehechos, los cambios en la secuencia constructiva y la deficiente comunicación al interior son algunos de los problemas causados por no considerar el tiempo necesario para el análisis previo del Sistema de Producción.

Existe también, una situación particular en los resultados de esta tabla, ya que en el área de planificación el Administrador de Obra y su asistente tienen un grado de involucramiento medio y el Jefe de Obra uno muy bajo, por lo que se puede concluir que las actividades de trabajo no fueron programadas en equipo.

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

Como parte de la metodología además, se procedió a evaluar el grado de involucramiento ideal que las personas entrevistadas tenían tanto propio como de los demás participantes y se comparó con lo percibido, siendo estos los resultados:

Tabla 5-16: Involucramiento real del equipo de trabajo caso 1

Participantes	Diseño de Sistema de Producción Actual	Diseño de Sistema de Producción Ideal
Obra		
Administrador del Proyecto	2	4
Asistente del Administrador	2	3
Jefe de Obra	2	4
Oficina Central		
Coordinador del proyecto	1	3
sub.contratos		
Enfierradura	2	4
Terminaciones	2	4

Tabla 5-17: Involucramiento ideal percibido del equipo de trabajo por área de mejoramiento caso 1

Participantes	a) Plan de Ataque	b) Materiales y Equipo	c) Mano de Obra	d) Org. del Proyecto	e) Diseño de Flujo de Trabajo	f) Planif. del Proyecto	g) Control del Proyecto
Obra							
Administrador del Proyecto	5	3	5	5	5	5	5
Asistente del Administrador	5	5	5	3	4	5	5
Jefe de Obra	4	4	5	3	4	5	5
Oficina Central							
Coordinador del proyecto	5	4	3	5	4	5	5
sub.contratos							
Enfierradura	1	3	5	1	1	3	5
Terminaciones	1	3	5	1	1	3	5

En todas las áreas que comprenden el Sistema de Producción, se puede apreciar importantes diferencias de involucramiento entre lo real y lo que debiera ser, de acuerdo a los encuestados.

Además se puede apreciar que el grado de involucramiento ideal percibido para los subcontratistas debe darse en las áreas de Mano de Obra y Planificación.

i. Plan de ataque

El involucramiento percibido ideal, debiera estar liderado por el Administrador de la Obra, sin embargo se resaltó que la participación activa del coordinador del proyecto debiera tener un alto grado de involucramiento, además se considera valioso el involucramiento de la Asistente del Administrador para el trabajo en gabinete y generación de documentación, adicionalmente no consideran importante el involucramiento en esta parte de los sub-contratos.

ii. Materiales y Equipos

En lo relacionado con este punto, el involucramiento real de los encuestados era mínimo, resaltándose el involucramiento medio del Jefe de Obra, sin embargo en lo percibido como ideal todos indicaron la importancia de que la Asistente de Obra lidere las decisiones relacionadas con materiales y equipos, situación que no contribuirá a mejorar el desempeño del proyecto.

iii. Mano de Obra

La planificación de la mano de obra era percibida como una actividad importante, sin embargo el principal responsable tiene un involucramiento medio, existiendo diferencia con lo percibido como ideal, donde todos los participantes presentan un involucramiento medio y muy alto.

iv. Organización del Proyecto

El involucramiento real, en el diseño de la estructura del equipo de trabajo del proyecto es liderado por el Jefe de Obra, sin embargo lo percibido como ideal es que sean el Administrador de la Obra y el Coordinador del proyecto quienes se involucren en un alto grado.

v. Diseño de Flujo de Trabajo

Existe un muy bajo involucramiento, por parte del Jefe de Obra y los subcontratos, y el involucramiento ideal percibido es de grado alto y muy alto para los participantes de la Obra y la Oficina Central, dejando de lado la oportunidad de involucramiento de los subcontratos, siendo claves en la elaboración del diseño de flujo.

vi. Planificación del Proyecto

De acuerdo a la percepción ideal percibida, son todos participantes del proyecto los que debieran tener un alto grado de involucramiento en el desarrollo de los planes a largo y mediano plazo.

vii. Control del Proyecto

La percepción ideal percibida, es que todos los participantes tengan un alto grado de involucramiento en el control del proyecto tomando las causas de no cumplimiento y midiendo el trabajo realizado de manera más responsable, ya que el involucramiento real percibido es de un grado de nivel muy bajo y bajo.

c) Caracterización de la reuniones de planificación y coordinación

Las reuniones realizadas, por el proyecto eran de planificación y coordinación y se traducían en una semanal, la cual era exigida por la oficina central.

No existieron reuniones antes de la ejecución del proyecto, y las realizadas carecían de rigurosidad, además que no documentaban ni analizaban las causas de no cumplimiento, dejando de lado la oportunidad de pensar en conjunto soluciones creativas y técnicas.

Tabla 5-18: Caracterización de reuniones caso 1

Tipo de Reuniones	Ocurrencia	Genera Registro	Etapas del Proyecto	Participantes
Coordinación Inicial	1 inicial	no	Antes de la Ejecución	Administrador de Obra, Jefe de Obra, Capataces, Previsionista de Riesgo
Planificación	1 semanal	si	Ejecución	Administrador de Obra, Jefe de Obra, asistente, Subcontratos
Gerenciales	1 mes	si	ejecución	Gerentes de la Empresa, Administradores de Obra

d) Formalidad de las actividades que comprenden los Sistemas de Producción

Se puede apreciar, que todos los elementos considerados dentro de un Sistema de Producción, son realizados de manera informal no realizándose un

trabajo coordinado y ordenado al respecto, lo que repercute en el desorden e incumplimiento de plazos.

Tabla 5-19: Formalidad de actividades del Sistema de Producción caso 1

Actividades del Sistema de Producción	Realización Formal	Realización Informal
Toma de Decisiones	no	si
Diseño de Flujo de Trabajo	no	si
Identificación de procesos críticos	no	si
Plan de Ataque	no	si
Soporte Logístico	no	si

5.6.3.4 Problemas detectados para la realización del Diseño de Sistema de Producción

Se evaluaron los principales problemas detectados por los participantes del proyecto, de acuerdo a lo propuesto en la metodología, de donde se obtuvieron los siguientes resultados.

- Definición y configuración del equipo de trabajo: Debido a que los profesionales de terreno, no tienen establecidas o definidas sus funciones no existe mayor claridad acerca de las responsabilidades y alcance de trabajo de cada uno de ellos, por lo para ellos el tiempo de trabajo debe ser dedicado en forma íntegra a producir en terreno, por lo que analizar el proyecto de manera formal antes de la ejecución, es considerado por ellos una pérdida de tiempo, a

esto se suma la inexistencia de un ingeniero planificador o una oficina técnica encargada de realizar en forma conjunta con los trabajadores los planes de trabajo y realizar el respectivo seguimiento.

- **Clima de Incertidumbre en Aspectos Técnicos:** De acuerdo a los entrevistados, existió en este proyecto una deficiente estrategia de ejecución, ya que el proyecto se inicio vertiginosamente por lo que este aspecto no fue definido con mayor análisis, por lo que se definía en forma paulatina de acuerdo al avance que se presentaba al inicio, por tal motivo no existió una visión general conocida por todos los involucrados acerca de cómo se abordaría la obra desde el inicio al fin.
- **Interés y Motivación del equipo de trabajo:** En este proyecto, existía poco interés por fomentar el trabajo en equipo ya que el Jefe de Obra tenía que liderar solo al personal de terreno, y en las reuniones que se realizaban programas en conjunto, estos no se cumplían ya que no existía mayor compromiso con el proyecto, generando el desinterés.
- **Coordinación del Equipo de Trabajo:** Esto se debe a la deficiente configuración organizacional, que se presenta en este tipo de proyectos ya que la jerarquía se ve muy marcada haciéndose difícil la comunicación entre los trabajadores lo que claramente impide la adecuada coordinación, además de que los objetivos del proyecto no son conocidos por todos lo que origina que cada empleado vele por sus propios intereses y no por un objetivo común.

Se pudo analizar que el problema más importante de acuerdo a la percepción de los involucrados fue la configuración del equipo de trabajo lo

que no permitió el diseño de un adecuado Sistema de Producción, ya que hace falta el tiempo necesario para la generación de planes de trabajo.

- Experiencias y Competencias de los participantes del Proyecto: En base a la Observación directa y las entrevistas realizadas, se pudo constatar que existía una situación de desorden generalizado en la obra, ya que a pesar de que el Administrador de Obra era una persona con más de 5 años de experiencia en terreno, era la primera vez que asumía la dirección de un proyecto de edificación, lo que trajo como consecuencia que no se consideren detalles importantes y que no controle en forma rigurosa.

5.7 Estudio de Caso 2

Este punto comprende la aplicación de la metodología previamente diseñada. A diferencia que en el caso 1, la evaluación se inicio con una presentación a los profesionales del proyecto, acerca de las necesidades y beneficios de un adecuado Sistema de Producción, así como de las falencias existentes recogidas de la literatura.

Esta evaluación fue realizada mediante talleres, visitas a terreno y procesamiento de la información.

El tiempo destinado al estudio de este caso fue de 4 meses, iniciados en Abril del 2006 y finalizados en Julio 2006.

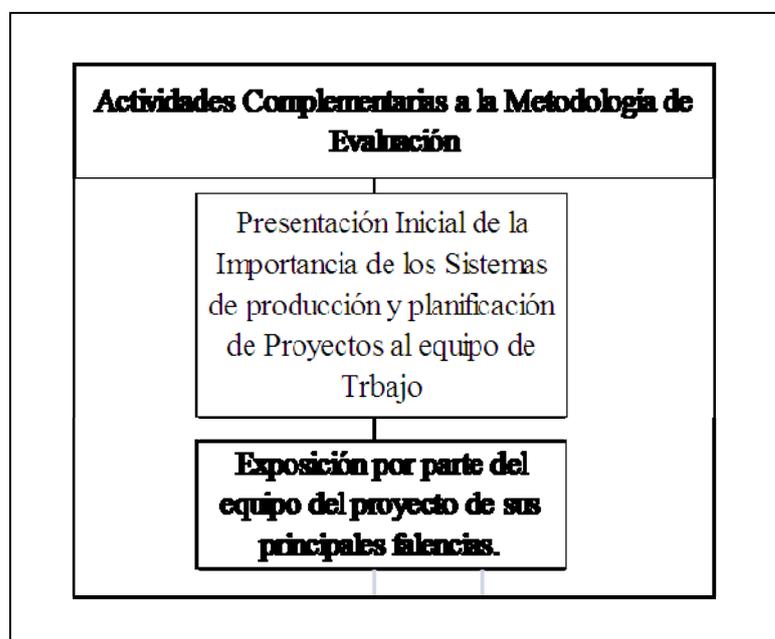


Figura 5-10: Actividades previas a la evaluación caso 2

5.7.1 Etapa 1: Descripción de la Empresa y Descripción del Proyecto

Esta empresa constructora tiene 25 años de funcionamiento, ejecutando obras de edificación y viviendas tanto sociales como residenciales, actualmente están relacionados con una empresa nacional de Desarrollo Inmobiliario. Esta empresa se contactó con Gepuc hace 4 años, ya que decidieron conocer mediante un diagnóstico el desempeño del proceso de planificación al interior de uno de sus proyectos con la finalidad de mejorar la gestión de sus procesos.

5.7.1.1 Antecedentes en Gestión de la Producción

En esta empresa, han desarrollado un sistema de gestión de calidad el cual los ayuda a mejorar y controlar sus principales proyectos, sin embargo no trabajaban bajo alguna certificación.

5.7.1.2 Antecedentes Generales del Proyecto

Esta empresa, decidió implementar el Último planificador ya que el proyecto se encontraba atrasado, capacitando en su mayoría a todos los profesionales y mandos medios. Se debe mencionar que el Administrador de la Obra tenía una participación muy baja en el proceso.

El proyecto se encontraba ubicado en el sector de San Carlos de Apoquindo y San Damián, en la comuna de las Condes, el cual estaba integrado por dos condominios lo que hacía un total de 105 viviendas de aproximadamente 250 m² de área cada en una superficie total de 138.834,22 m².

Este proyecto presentaba diferenciación, debido a que era importante dentro de la empresa, pero a la vez singular, debido a que normalmente el rubro de esta constructora era la construcción de viviendas sociales y no exclusivas como estas.

El plazo contractual era de 14 meses, habiendo comenzado la ejecución de los trabajos en Agosto del 2005, el inicio del estudio de este caso empezó en Abril 2006, en el décimo mes de ejecución del proyecto, esta la obra fue finalizada en Febrero del 2007 ya que tuvieron 6 meses de atraso.

La empresa que realizaba este proyecto, era consciente de las deficiencias en cuanto al proceso de planificación se refería, sin embargo no contaba con un personal capacitado y comprometido con el tema.

Junto al equipo de trabajo del Gepuc, se realizó un diagnóstico del proceso de planificación al interior de la obra, para así de este modo establecer las principales falencias del proceso y proponer medidas de mejoramiento.

El total de la investigación de este caso se dio en dos etapas, tanto en gabinete como en terreno en un total de 4 meses, dedicándose a la investigación en terreno 50 horas dentro del horario de trabajo normal. La obra estudiada estaba conformada por 1 Administrador de Obra, 2 profesionales Jefes de Terreno, 1 encargado de calidad de Obra, 1 Ingeniero Prevencionista de Obra, 2, Jefes de Obra y 1 Bodeguero.

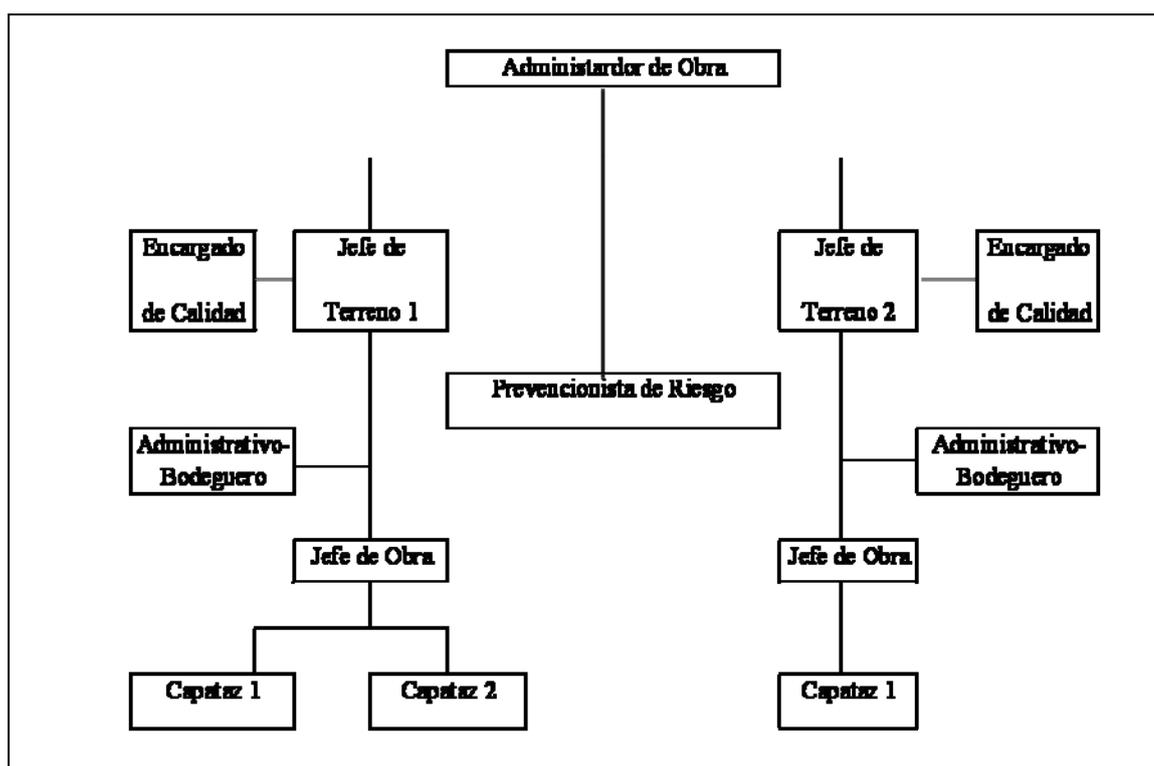


Figura 5-11: Organigrama proyecto caso 2

5.7.2 Etapa 2: Estudio Preliminar de los Sistemas de Producción

Se levantó la información referente a las cinco variables descriptivas propuestas en la metodología siendo estos los resultados.

a) Variable 1: Administración de la Producción

Después de aplicar las entrevistas no estructuradas del tipo enfocadas y de evaluar mediante la observación directa en terreno pudimos obtener la siguiente información:

El administrador del proyecto diseño, la estrategia de ejecución en forma independiente y una vez establecida se informó a los jefes de terreno ciertas decisiones estratégicas.

Se pudo observar en terreno, que los integrantes del proyecto no compartían con el Administrador de la Obra la forma de gestionar el proyecto, ya que este no tenía una presencia mayor en la Obra.

Tabla 5-20: Administración de la producción caso 2

Decisiones Tomadas	Resultados
Secuencia de Ejecución del Proyecto	Obra Dividida en 2 condominios
Maquinaria a utilizar	Retroexcavadora
	Motoniveladora
	Minicargadores
	Grúa
Forma de Contratación de la Mano de Obra	Por la casa / Semanal y Mensual
Planificación	Tradicional
Control	Mensual

Se pudo comprobar que estas decisiones tomadas al inicio del proyecto, no tuvieron mayor análisis ya que durante la ejecución del proyecto se tuvieron que dividir en lotes de trabajo los sectores inicialmente designados, no estableciéndose el flujo de trabajo para cada sector, por lo que se tenían que coordinar la ubicación de materiales, la contratación de mano de Obra por tratos y subcontratos, la utilización de equipos propios y arrendados situaciones que trajeron mayor pérdida de mano de obra y productividad impactando en el no cumplimiento de plazos.

b) Variable 2: Actividades de Producción

Después de aplicar las entrevistas enfocadas a los integrantes y de evaluar mediante la observación directa en terreno pudimos obtener la siguiente información:

Tabla 5-21: Actividades de producción caso 2

Actividades de Producción	Forma de Planificación	Integrantes en el Análisis	Momento en que se analizan
Estudio de la interdependencia de las operaciones	Construcción de Carta Gantt	Oficina Central	Estudio de Propuesta
Confeción de la secuencia	Construcción de Carta Gantt	Oficina Central	Estudio de Propuesta
Provisión de las fechas de inicio, término y los buffers aceptables	No se planifica		
Evaluación de los recursos y materiales q se usaran	Construcción de Carta Gantt	Oficina Central	Estudio de Propuesta
Determinación de las operaciones críticas	Construcción de Carta Gantt	JEFE DE TERRENO 1 Y 2	Ejecución del Proyecto

Podemos señalar al respecto que la oficina central del proyecto, realiza una planificación y diseño del Sistema de Producción con la finalidad de obtener un valor económico promedio del proyecto, para el proceso de licitación, y que este estudio es realizado por un equipo de trabajo el cual no participa finalmente en la construcción, sin embargo es esta la información que se entregó al momento de iniciar las actividades de ejecución.

c) Variable 3: Suministro y Utilización de Recursos

Después de aplicar las no estructuradas del tipo enfocadas a los integrantes y de evaluar mediante la observación directa en terreno pudimos obtener la siguiente información:

En la obra estudiada, la utilización eficiente de los recursos era una tarea asignada al encargado de calidad en conjunto con el jefe de Obra, quienes determinaban la disposición de los diversos recursos que ingresaban al proyecto.

Sin embargo, no se realiza un análisis para evaluar las cantidades exactas de material o mano de obra que se requería, ni tampoco los plazos para la adquisición.

Además, cuando es necesario algún material específico o mayor dotación de mano de obra, son los jefes de terreno quienes realizaban en forma apresurada e informal el requerimiento en función de la experiencia y del tiempo dispuesto a cada faena.

Tabla 5-22: Suministro y utilización de recursos caso 2

Suministro y Utilización de Recursos	Responsable	Momento en que se analizan	Forma de análisis
Abastecimiento de materiales	Jefes de Terreno/Encargado de Calidad	De acuerdo al avance	Reactivo
Abastecimiento de equipos y maquinaria	Jefe de Obra	De acuerdo al avance	Reactivo
Utilización de mano de obra	Jefe de Obra	De acuerdo al avance	Reactivo

d) Variable 4: Rigurosidad y Cumplimiento de las Actividades del Último Planificador

Los entrevistados comentaron que el Sistema Último Planificador les ayudaba mucho a controlar la parte operativa del proyecto ya que se fijaban metas semanales y se hacían compromisos los cuales aun cuando no se cumplían en su totalidad constituían un avance en la programación, sin embargo también asumieron que la falta de tiempo los desmotivaba a realizar todas las etapas del Sistema, ya que la planificación intermedia no se realizaba no liberándose ni gestionándose las restricciones existentes.

Con respecto a la planificación superior como Plan Maestro, tampoco se realizó en la obra, ya que lo único que se tenía era una carta Gantt que representaba un programa maestro, sin ningún análisis ni estudio previo. Además los entrevistados reconocieron que existe una deficiencia en la preparación de los planes de trabajo y que aún cuando utilicen el Sistema Último Planificador, si estas deficiencias no son atacadas no se mejorarán los resultados.

A continuación se muestran las actividades que comprenden el Sistema Último Planificador y la rigurosidad con las que de efectuarse se realizaban.

Tabla 5-23: Principales actividades que comprenden el Sistema Último Planificador Caso 2

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

e) Variable 5: Organización del Proyecto

Las entrevistas no estructuradas del tipo enfocadas, fueron realizadas a los jefes de terreno durante 3 reuniones, así mismo la observación directa en terreno fue de 50 horas, ya que nos internalizamos como parte del equipo, por lo que también se actuó de manera participante, pudiendo observar actitudes y escuchar comentarios referentes a la administración del Proyecto.

Se pidió alguna documentación referente a la Organización del Proyecto antes del inicio de la recolección de datos como Plan de Calidad, Descripción de Funciones, Organigrama, Actas de Reunión, sin embargo la única información formal existente era el Plan de Calidad y las Especificaciones del Proyecto que eran exigidos por el mandante, así mismo como parte de las actividades de la observación participante se ayudó a desarrollar el Organigrama y descripción general de funciones así como a formalizar mediante actas, las reuniones.

Tomando como referencia la evidencia registrada, se pudo listar las funciones referentes a las variables descriptivas planteadas en la metodología de evaluación que realizaban cada uno de los integrantes del proyecto de acuerdo a cada uno de los procesos identificados.

Se realizó una matriz de responsabilidades, para establecer la como es llevado el proyecto en la realidad.

Los tipos de responsabilidades consideradas fueron:

Supervisa (S), es quien revisa, valida, desaprueba, modifica y controla.

Ejecuta (E), es quien elabora y participa

Informado (I), es quien debe conocer los resultados de las acciones y exigirlas en caso que fuese necesario para mantenerse al tanto.

Conoce (C), es quien apoya y ayuda a la ejecución.

Se puede concluir al respecto, que no se informaron las situaciones más relevantes al equipo de trabajo, ya que el Administrador de la Obra no consideraba importante compartir el análisis realizado por la Oficina Central de proyectos.

En este proyecto el Administrador de Obra, delegaba todas las responsabilidades importantes en los Jefes de terreno, quienes confían en las decisiones de los jefes de obra, no evaluando en equipo las necesidades de los recursos ni tampoco la utilización adecuada de los mismos.

Dentro de las actividades de control de la planificación, se observó que son los encargados de calidad los responsables de la detección de las causas de no cumplimiento y estas son revisadas por los Jefes de terreno, quienes finalmente analizan la situación y piden ayuda al Administrador de la Obra.

Adicionalmente, se puede decir que las responsabilidades no fueron asignadas de acuerdo al cargo que cada profesional o empleado ya que existen actividades que deberían ser revisadas por los jefes de terreno así mismo el Administrador de la Obra, al no estar presente en el lugar de trabajo no tenía el liderazgo correspondiente.

Tabla 5-24: Organización del proyecto caso 2

Variables	Funciones Intrínsecas Observadas	Oficina Central	Administrador de Obra	Jefe de Terreno 1	Jefe de Terreno 2	Jefe de Obra	Asistente Jefe de Terreno 1	Bodeguero-Administrativ	Previsionista de Riesgo
Administración de la Producción	Definición de la Secuencia de Ejecución del Proyecto	E	C						
	Maquinaria a utilizar	E	C						
	Forma de Contratación de la Mano de Obra	E	C						
	Definición del Control y los Indicadores que se medirán	E	C						
Actividades de Producción	Confeción de la secuencia			E					
	Evaluación de los recursos y materiales q se usaran								
Suministro y Utilización de Recursos	Abastecimiento de materiales			C	C	E	E		
	Abastecimiento de equipos			C	C	E	E		
	Utilización de mano de obra			C	C	E	E		
Actividades del último Planificador	Detección de causas de no cumplimiento			S	S		E		
	Planificación de corto plazo			S	S		E		

5.7.3 Etapa 3: Diagnóstico

Para la realización del Diagnóstico se evaluaron las variables propuestas con sus respectivos criterios.

5.7.3.1 Identificación de Oportunidades de Mejoramiento

Para identificar las principales oportunidades de mejoramiento en este proyecto, se analizó exhaustivamente toda la evidencia registrada durante el tiempo dedicado al estudio de caso. Se realizó entonces un análisis de la situación encontrada y este proyecto presentó algunas deficiencias así como situaciones que no fueron contempladas al inicio de la obra y que fueron importantes.

- **Plan de Ataque:** El terreno de emplazamiento del proyecto era de 138.834,22 m² una superficie bastante grande lo que originó la contratación de dos jefes de terreno, los cuales dividieron la obra en dos etapas o condominios situación que generó grandes inconvenientes ya que ambas obras compartían al inicio equipos como Cargadores, Placa compactadora, alzaprimas etc. Otro punto importante fue la instalación de faena, ya que se pudo apreciar que el desplazamiento de los trabajadores hacia los puntos donde estaban ubicados los materiales era muy lejano, lo que originaba tiempos muertos poco productivos.
- **Materiales y Equipos:** En cuanto a la planificación del abastecimiento de materiales y la gestión de compras anticipada, estas no eran actividades consideradas dentro de la planificación, en el proyecto existía una sola bodega donde se guardaban las diversas herramientas y materiales que llegaban a terreno sin embargo no eran acopiados por tipo ni por condominio es decir, se mezclaban lo que originaba atrasos en las faena, ya que se confundían materiales de un condominio hacia otro.

Además, existía una inadecuada distribución de las instalaciones en la obra, como por ejemplo los servicios higiénicos que se encontraban en medio de ambos condominios y los largos recorridos hacia la zona de

almacenamiento de materiales y bodega, lo que contribuía al deficiente flujo de materiales.

Otro de los problemas fue la ausencia de un programa de materiales, ya que los materiales eran pedidos a la Oficina Central con 1 semana de antelación no realizándose un listado de materiales por tipo e importancia por lo que muchas veces se tenía lista la partida de alguna actividad y tenía que paralizarse por la falta de material que en promedio demoraba en llegar a Obra 3 semanas.

- Mano de Obra: No se realizaba en el proyecto una planificación de la mano de obra necesaria, para garantizar la continuidad de los trabajos, cabe señalar que existía mucho ausentismo por parte del personal debido a la ubicación del proyecto, lo que no aseguraba un flujo continuo de trabajo, ya que la cantidad de trabajadores requerida no era constante lo que significaba que una semana se requieran 100 trabajadores y a la próxima 200, llegando a la obra unos 80 obreros en promedio y por otro lado hubieron ocasiones en las que se tenían las 200 personas y no había “*cancha*” lo que obviamente no significaba ningún avance.

Los subcontratos, eran quienes mayormente no podían dar cumplimiento con el programa establecido por falta de mano de obra.

Los jefes de terreno, realizaban en forma apresurada e informal el requerimiento de la mano de obra en función de la experiencia y del tiempo dispuesto a cada faena.

- Organización del Proyecto: El proyecto estaba conformado por un Administrador de Obra, dos jefes de terreno, dos asistentes, Prevencionista de riesgo, un bodeguero y un administrativo, cabe señalar que no existía una

oficina técnica de proyectos, por lo que ambos jefes de terreno eran los encargados de cumplir con el programa establecido y llevar el control del avance, dificultándose la organización del tiempo de trabajo en la obra.

En el proyecto no se apreció instancias pertinentes para la coordinación y el aseguramiento del cumplimiento de compromisos. De acuerdo a las entrevistas con personal de terreno, muchas de las tareas no eran cumplidas de acuerdo a lo establecido por la falta de información ya sea en los planos y/o en las especificaciones así como cambios de último minuto, situación que desmotivaba y desalentaba a los trabajadores.

No existía en el proyecto una sinergia de esfuerzos para alcanzar un objetivo común, ya que se pudo apreciar una competencia entre ambos jefes de terreno, que no era saludable para la obra debido a que generaba un ambiente hostil para los trabajadores quienes no reconocían quien era el jefe. El Administrador por otra parte ejercía un control desde oficina central, ya que sus visitas a terreno eran de una o dos veces por semana para revisar la situación económica del proyecto, mas no los aspectos operativos.

- **Diseño de Flujo de Trabajo:** No se realizaba una planificación rigurosa de las actividades de producción, ya que se avanzaba en forma desordenada dentro de los sectores, situación que no contribuyó al avance del proyecto, tampoco se contempló la planificación de buffers, ni la distribución de recursos de acuerdo a los avances. Además, se trabajaba sin lograr los ritmos de producción y secuencia deseada en un principio.
- **Planificación del Proyecto:** De acuerdo al levantamiento de la información y la observación realizada, en esta obra se consideraba como plan maestro una carta Gantt la cual fue presentada a la licitación antes del inicio de la obra, habiendo sido desarrollado por el departamento de estudio de la empresa,

contemplando las partidas más importante del proyecto, este programa no tenía mucha lógica y ya había perdido trazabilidad, sin embargo aún estaba vigente en las oficinas de los profesionales de terreno.

Este programa de trabajo era únicamente para presentar al mandante y solo por cumplir con la oficina central. Se pudo observar además, que no existía un plan intermedio para el control de la producción y la generación de planes a corto plazo.

Durante el estudio de este proyecto, se intentó realizar una reprogramación haciendo el intento en cuatro ocasiones sin embargo, solo se pudo actualizar las partidas más inmediatas del programa maestro y se realizaron usando las planillas EXCEL y el Software MS Project, los cuales sirvieron como herramientas para poder visualizar las tareas programadas.

Con respecto al plan de trabajo semanal, este era preparado por los profesionales de terreno de acuerdo a las necesidades de avance para la semana, contemplando también los recursos disponibles para la ejecución de las actividades, sin embargo en la concepción de esta planificación no se contaba con la participación ni involucramiento de los profesionales de terreno, capataces, ni otras personas claves en la producción, por lo que resultaba un plan débil desde el punto de vista de compromisos confiables.

- Control del Proyecto: El control de avance del proyecto se hacía por falta de tiempo una vez al mes y por requerimiento de la oficina central, siendo realizado por los asistentes de los jefes de terreno en forma independiente quienes no coordinaban las tareas con los responsables de la ejecución del trabajo, ya sea el jefe de obra, subcontratistas, entre otros por lo que este programa también representaba una situación ajena a la realidad.

5.7.3.2 Indicadores de Control de Desempeño

Esta información fue obtenida por medio de análisis de la información del proyecto y observación directa. El periodo estimado para la evaluación fue de 5 semanas de trabajo.

a) **Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)**

Finalmente en este proyecto una vez implementado el Sistema Último Planificador, se realizó la evolución de las actividades comprometidas y completadas (PAC); pudiendo analizar que la variabilidad era mayor cuando se estaba trabajando en terminaciones ya que los trabajos resultaron ser más complejos que los de obra gruesa. Por otro lado se pudo verificar que las actividades que contenían los programas semanales no eran realistas, ya que no consideraban las restricciones en cuanto a mano de obra, materiales y equipos por lo que el cumplimiento del PAC no superaba el 50%, además las actividades que exigían coordinación por parte de ambos jefes de terreno, eran normalmente las que menos porcentaje de cumplimiento tenían.

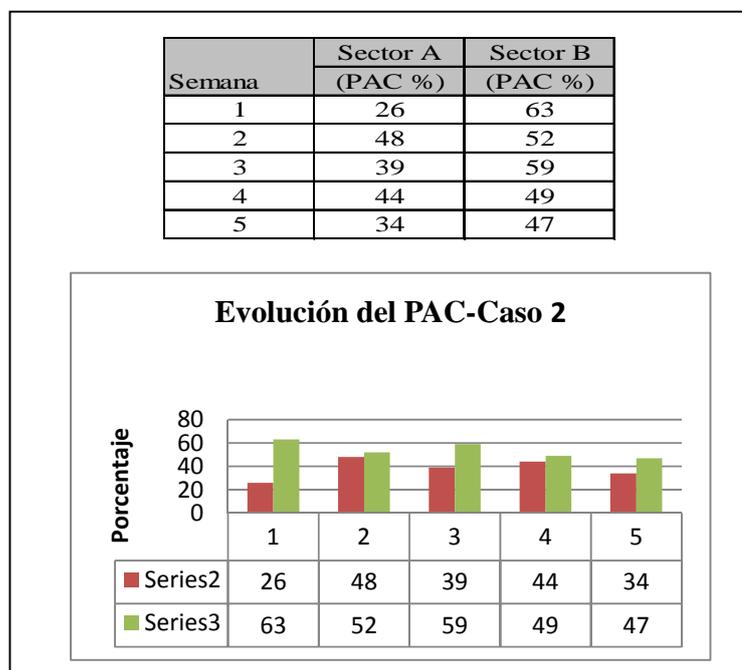


Figura 5-12: Porcentaje de actividades completadas caso 2

b) Desviación Final del Programa Inicial

Se analizaron las actividades correspondientes a la fase de terminaciones del sector A del proyecto.

Tabla 5-25: Desviación del programa caso 2

Actividad	Duración Propuesta	Duración Real	Variación
Impermeabilización Sobrecimiento	2	2	0%
Impermeabilización vanos	1	1	0%
Enchape Exterior	15	17	13%
Instalación de Alféizares	3	3	0%
Enlucidos de Losas	5	6	20%
Enlucido de Muros	4	6	50%
Estructura Tabiques y Volcopol	5	5	0%
Instalaciones en Tabiques	5	5	0%
Tapado de Tabiques y Volcopol	5	6	20%
Impermeabilización de baños y cocina	3	4	33%
Instalación de Ventanas	10	10	0%
Instalación de cerámicas y piedra pizarra	5	7	40%
Instalación de tinas	2	2	0%
Empaste muros y cielo	5	7	40%
Pintura de cielos y muro 1era mano	3	3	0%
Total	73	84	15%

c) Productividad

Se realizó el análisis de productividad de la actividad de Enlucido de muros y losas así como Impermeabilización de sobrecimientos, baños y cocinas de las casas correspondientes al Sector 2 en su fase de terminaciones, ya que obtuvieron mayor diferencia entre el tiempo proyectado y el ejecutado, el promedio de productividad final obtenido durante un mes de trabajo fue del 75%.

Tabla 5-26: Productividad caso 2

Actividad	H-H MES	M2	PRODUCTIVIDAD
			M2/H-H
Impermeabilización Sobrecimiento	144,0	120,96	84%
Impermeabilización vanos	64,0	60,50	95%
Impermeabilización de baños y cocina	166,4	126,00	76%
Enlucidos de Losas	2.419,2	1260	52%
Enlucido de Muros	2.086,6	1449	69%
TOTAL	4880,16	3016,46	75%

d) Reprogramación del Proyecto

De acuerdo a lo informado por el Administrador del Proyecto el programa, fue reformulado 4 veces en 9 meses de trabajo, y solo en 1 ocasión se trabajó en equipo, donde realizamos una observación participante.

Tabla 5-27: Reprogramación del proyecto caso 2

Actividades de Reprogramación del Proyecto	Frecuencia
Reuniones de Planificación y Programación	1 cada 15 días
Modificaciones al Programa Inicial	4 veces

e) Control de Avance y Cumplimiento

Al igual que en el caso 1, el control de avance para revisar la situación del proyecto era cada fin de mes junto con el estado financiero de la Obra, que exigía la Oficina central de la empresa.

Tabla 5-28: Indicadores de control revisados caso 2 (5 semanas de análisis)

Desviación del Programa Inicial	Prom. PAC	Plazo Contractual	Promedio de Variabilidad Utilización Mano de Obra entre semana	Reprogramación del Proyecto	Control de Avance y cumplimiento
4 meses	46%	14 meses	23%	4 veces	Mensual

5.7.3.3 Percepción del diseño de Sistema de Producción

Antes de iniciar esta evaluación así como en la identificación de oportunidades de mejoramiento, se realizó una introducción del tema acercando a las personas a la real situación.

Para obtener información al respecto, fueron entrevistados 5 personas del proyecto, contemplándose 2 niveles

- Nivel Directivo: 2 personas

Jefe de Terreno Sector 1 y Jefe de Terreno Sector 2

- Nivel Operativo: 3 personas

Encargado de Calidad Sector 1, Encargado de Calidad Sector 2 y Jefe de Obra Sector 1.

Para determinar la Formalidad del Sistema de Producción existente: Se evaluarán los 4 criterios establecidos en la metodología propuesta.

a) Desarrollo del Diseño de Sistema de Producción

Las personas entrevistadas, consideraron que el Diseño de un Sistema de Producción es un proceso informal, ya que se realiza en forma apresurada y sin mayor análisis.

Además, manifestaron que realizan el diseño del Sistema de Producción, durante la construcción en función de los requerimientos más importantes que aparecen en el momento y que no han participado en el estudio de las actividades de producción antes de la licitación.

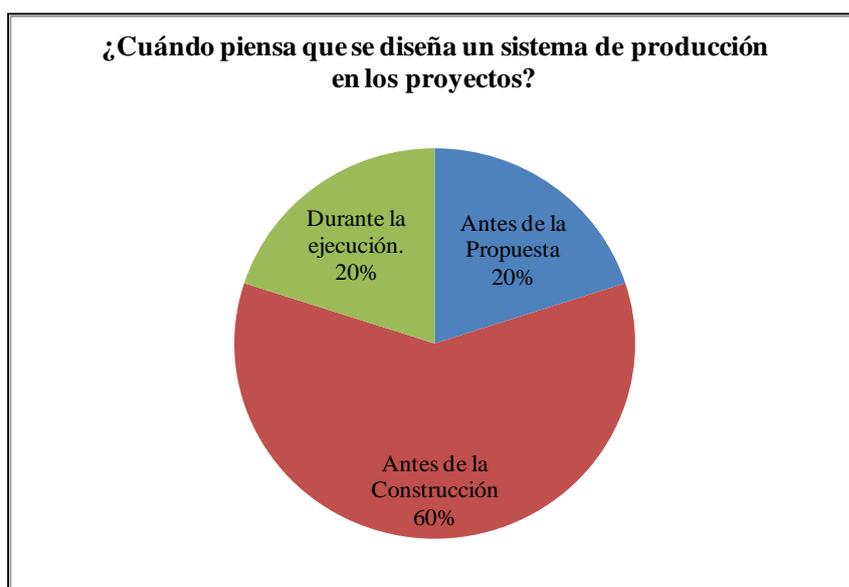


Figura 5-13: Entrevista desarrollo de Sistema de Producción Caso 2

La mayoría de los entrevistados piensan que se necesita mucho más de un mes para poder diseñar un adecuado Sistema de Producción, sin embargo dadas las características de la industria de la construcción consideran que si este

planeamiento dura más de 1 mes no podría ser realizado formalmente. Por otro lado, reconocen que el tiempo que se le asigna al diseño es insignificante.

Tabla 5-29: Entrevista percepción caso 2

¿Cuándo piensa que se diseña un sistema de producción en los proyectos?	Porcentaje
Antes de la Propuesta	20%
Antes de la Construcción	60%
Durante la ejecución.	20%
Diseño de Producción ha participado?	Porcentaje
Antes de la Propuesta	0%
Antes de la Construcción	14%
Durante la ejecución.	40%
No ha participado	40%
¿Cuánto tiempo piensa que se le asigna al Diseño de Sistema de Producción?	Porcentaje
Menos de 1 mes	20%
1 mes	20%
Más de 1 mes	60%
¿Cuánto tiempo piensa que se le debe asignar al Diseño de Sistema de Producción?	Porcentaje
Menos de 1 mes	20%
1 mes	60%
Más de 1 mes	20%

- b) Involucramiento real e ideal percibido durante el Diseño de Sistema de Producción

Se utilizaron tablas de involucramiento, para conocer el pensamiento de cada uno de los entrevistados, acerca del grado de involucramiento propio y de los demás.

MUY ALTO GRADO DE INVOLUCRAMIENTO	5
ALTO GRADO DE INVOLUCRAMIENTO	4
GRADO MEDIO DE INVOLUCRAMIENTO	3
BAJO GRADO DE INVOLUCRAMIENTO	2
MUY BAJO GRADO DE INVOLUCRAMIENTO	1

Tabla 5-30: Involucramiento real del equipo de trabajo por área de mejoramiento caso 2

Participantes	a) Plan de Ataque	b) Materiales y Equipo	c) Mano de Obra	d) Org. del Proyecto	e) Diseño de Flujo de Trabajo	f) Planif. del Proyecto	g) Control del Proyecto
Obra							
Administrador del Proyecto	3	2	1	1	1	2	3
Jefe de Terreno 1	2	3	3	4	3	2	2
Jefe de Terreno 2	2	2	3	4	3	2	2
Jefe de Obra 1	2	4	3	4	2	2	2
Jefe de Obra 2	2	4	3	4	2	2	2
Asistente Jefe de Terreno 1	2	4	1	3	4	2	4

Los valores obtenidos dejan entender que no existe mayor involucramiento en el desarrollo de las áreas del Diseño de Sistema de Producción siendo los valores máximos de involucramiento medio.

Se puede diagnosticar a partir de esta tabla que entre todos los participantes el que reconoce menor involucramiento es Administrador del proyecto, ya que no considera importante su participación en los temas de producción debido a que su principal función es velar por los factores económicos del proyecto sin embargo debiera estar más comprometido con la ejecución de la obra y velar por los aspectos no solo económicos sino también técnicos y operacionales.

Se pudo verificar, que el asistente del jefe de terreno que además cumple la función de encargado de calidad es el que más involucrado se siente en el

proyecto, participando de muchas las decisiones y tomando otras que no debería dada su poca experiencia en terreno.

Además el área que muestra un involucramiento medio es la de Mano de Obra, debido a lo difícil que fue desde el inicio en este proyecto la contratación de personal y mano de obra, dada la lejanía en la que se encontraba la construcción.

Así mismo, el área que muestra un involucramiento bajo es el Plan de ataque, ya que no solamente no fue realizado en equipo sino que no se puso énfasis en la decisiones a tomar y como abordar el proyecto.

Como parte de la metodología además, se procedió a evaluar el grado de involucramiento ideal que las personas entrevistadas tenían tanto propio como de los demás participantes y se comparó con lo percibido, siendo estos los resultados:

Tabla 5-31: Involucramiento real del equipo de trabajo caso 2

Participantes	Diseño de Sistema de Producción Actual	Diseño de Sistema de Producción Ideal
Obra		
Administrador del Proyecto	2	4
Jefe de Terreno 1	3	5
Jefe de Terreno 2	3	4
Jefe de Obra 1	3	4
Jefe de Obra 2	3	4
Asistente Jefe de Terreno 1	3	3

Tabla 5-32: Involucramiento real del equipo de trabajo por área de mejoramiento caso 2

Participantes	a) Plan de Ataque	b) Materiales y Equipo	c) Mano de Obra	d) Org. del Proyecto	e) Diseño de Flujo de Trabajo	f) Planif. del Proyecto	g) Control del Proyecto
Obra							
Administrador del Proyecto	4	3	3	5	3	5	5
Jefe de Terreno 1	5	4	5	5	5	5	4
Jefe de Terreno 2	5	4	5	5	5	5	4
Jefe de Obra 1	5	4	4	3	3	5	3
Jefe de Obra 2	5	4	4	3	3	5	3
Asistente Jefe de Terreno 1	3	3	3	3	3	5	3

Se puede apreciar que en este caso, los participantes consideran un involucramiento medio en el diseño de Sistema de Producción, notando que de cierta manera no son indiferentes al tema a pesar de no tener mayor capacitación en el área de gestión de proyectos. Sin embargo el Administrador de la Obra, es quien refleja la mayor indiferencia al cambio de mentalidad y quien menor involucramiento ha tenido en el desempeño del proyecto.

Además se puede apreciar que el grado de involucramiento ideal percibido por los integrantes del proyecto no difiere mucho de lo real.

i) Plan de ataque

El involucramiento percibido fue de bajo grado ya que el equipo del proyecto casi no tuvo oportunidad de participar en esta etapa del proyecto.

ii) Materiales y Equipos

Se pudo ver que el grado de involucramiento real de los mandos medios fue alto en comparación con el que tuvieron los jefes de terreno y administrador de obra, sin embargo en lo percibido como ideal indicaron que para que este punto funcione mejor, es valiosa la participación de los jefes de terreno.

iii) Mano de Obra

La planificación de la mano de obra era una actividad crítica en el proyecto, sin embargo, sin embargo el involucramiento percibido tuvo un grado medio, existiendo diferencia con lo percibido como ideal, donde todos los participantes presentan un involucramiento medio y muy alto.

iv) Organización del Proyecto

El involucramiento real en el diseño de la estructura del equipo de trabajo del proyecto tiene un alto grado y están involucrados los jefes de terreno y jefes de obra, sin embargo lo percibido como ideal refleja que los jefes de obra no sienten como parte fundamental este punto para el desempeño del proyecto.

v) Diseño de Flujo de Trabajo

Existe un grado involucramiento medio, por parte de los jefes de terreno y bajo por los Jefes de Obra, sin embargo el grado de involucramiento ideal percibido es muy alto.

vi) Planificación del Proyecto

El grado de involucramiento real percibido es bajo, a pesar de que la percepción ideal percibida por participantes del proyecto tiene un alto grado de involucramiento en el desarrollo de los planes a largo y mediano plazo.

vii) Control del Proyecto

El control del proyecto es percibido por los integrantes como una actividad donde el asistente debiera tener mayor involucramiento, dejando de lado la responsabilidad a los jefes y mandos medios.

c) Caracterización de la reuniones de planificación y coordinación

Las reuniones realizadas por el proyecto eran de planificación, de coordinación y de calidad.

No existieron reuniones antes de la ejecución del proyecto, y las realizadas carecían de rigurosidad además que no documentaban ni analizaban las causas de no cumplimiento, dejando de lado la oportunidad de pensar en conjunto soluciones creativas y técnicas.

Tabla 5-33: Caracterización de las reuniones de planificación Caso 2

Tipo de Reuniones	Ocurrencia	Genera Registro	Etapa del Proyecto	Participantes
Coordinación Inicial	1 inicial	no	Antes de la Ejecución	Administrador de Obra, Jefes de Terreno, Jefes de Obra, Capataces, Encargado de Calidad
Planificación	1 cada 15 días	si	Ejecución	Jefes de Terreno, Jefes de Obra, Capataces, Encargado de Calidad, Sub-contratos.
Gerenciales	1 mes	no	ejecución	Administrador de Obra, Jefes de Terreno

d) Formalidad de las actividades que comprenden los Sistemas de producción

Se puede apreciar, que todos los elementos considerados dentro de un Sistema de Producción, son realizados y conocidos por el equipo de trabajo, no obstante de manera informal por lo que no se obtiene un trabajo coordinado y documentado al respecto.

Tabla 5-34: Formalidad de actividades de Sistema de Producción Caso 2

Actividades del Sistema de Producción	Realización Formal	Realización Informal
Toma de Decisiones	no	si
Diseño de Flujo de Trabajo	no	si
Identificación de procesos críticos	no	si
Plan de Ataque	no	si
Soporte Logístico	no	si

5.7.3.4 Problemas detectados para la realización de DSP

Se evaluaron los principales problemas detectados por los participantes del proyecto, de acuerdo a lo propuesto en la metodología, de donde se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 5-35: Principales problemas que inciden en el desarrollo del diseño de Sistemas de Producción Caso 2

Factores que inciden en el desempeño de los Proyectos de Construcción (Ashley et al.1987)	Principales problemas que inciden el Desarrollo de un Sistema de Producción en Proyectos de Construcción
1 Esfuerzos de Planificación	1 Definición y Configuración del equipo de trabajo
2 Compromiso de la Dirección Superior	2 Clima de Incertidumbre en Aspectos Técnicos
3 Interes y Motivación del Equipo de Trabajo	3 Interes y Motivación del Equipo de Trabajo
4 Definición y Configuración del equipo de trabajo	4 Experiencia y competencias de los participantes del proyecto
Experiencia y competencias de los participantes del proyecto	5 Coordinación dentro del equipo de Trabajo
6 Seguridad	
7 Sistemas de Control	
Administración de la interface entre Diseño y construcción	
8 Identificación de Riesgos y Gestión	
9 Clima de Incertidumbre en Aspectos Técnicos	
10 Entorno Político	

- Definición y configuración del equipo de trabajo: Este proyecto por su magnitud, tuvo que improvisar en múltiples actividades y fueron los jefes de terreno quienes asumieron el control del proyecto, delegando en forma espontánea y de acuerdo a los requerimientos que aparecieron en el camino distintas responsabilidades las cuales no fueron asumidas con total dedicación, no existía una oficina de proyectos con un responsable donde pudiesen planificarse en forma exhaustiva las actividades más críticas, por lo que esto tenía que ser realizado por los jefes de terreno al final de la jornada de trabajo cuando el personal de obra ya se había retirado.

- **Clima de Incertidumbre en Aspectos Técnicos:** De las entrevistas realizadas y la observación directa y participante, se pudo constatar que la principal preocupación era el tema de la utilización de la mano de obra ya que había gran demanda de contratación y poca oferta, dejándose de realizar algunas faenas por falta de mano de obra, ya que no existía un orden establecido de avance con el que se pudiera programar cierta cantidad de trabajadores por día.
- **Interés y Motivación del equipo de trabajo:** En este proyecto, existía un ambiente gobernado por la competencia, ya que al existir 2 jefes de terreno, se dividió el proyecto en 2 equipos de trabajo donde el objetivo era cumplir con el trabajo aún cuando se perjudicaba el otro equipo. Existía además poco compromiso por parte de los trabajadores, quienes comentaban que la empresa no los consideraba y querían retirarse.

6 METODOLOGÍA DE MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

6.1 Introducción

Como ya está definida la situación actual referente a los Sistemas de Producción en los proyectos de construcción y teniendo como referencia la revisión de investigaciones anteriores, como la realizada por Schramm (2004) y Nakagawa et al. (2004) así como los lineamientos planteados por Ballard et al. (2001), podemos decir que todos estos antecedentes significan una plataforma para desarrollar un adecuado Diseño de Sistema de Producción ya que se conocen los aspectos con mayor problemática, por lo que se propone aplicar una serie de mejoramientos por medio de una propuesta metodológica, de manera que se resuelvan las deficiencias y la informalidad encontradas en la ejecución de los Sistemas de Producción habitualmente y de esta forma contribuir al mejor desempeño de los proyectos maximizando el valor y minimizando las pérdidas.

6.2 Objetivos y Alcances de la Metodología

6.2.1 Objetivos

La metodología de mejoramiento, tiene como objetivo general lograr convertir un proyecto con condiciones no repetitivas en lotes de trabajo de similar característica (Guio, 2001) bajo el enfoque *pull* y no *push* (encontrado en la evaluación de casos de estudio realizados) asignando el trabajo solo cuando es necesario y optimizando el uso de recursos, además se busca generar un programa de trabajo detallado el cual ejerza un control proactivo para disminuir el control reactivo el cual involucra mayor supervisión y control, ya que con los planes de

trabajo detallados se asegura que las tareas a ejecutar tengan sus pre-requisitos listos cuando se inicie el trabajo evitando trabajos rehechos o demoras que afecten el flujo continuo.

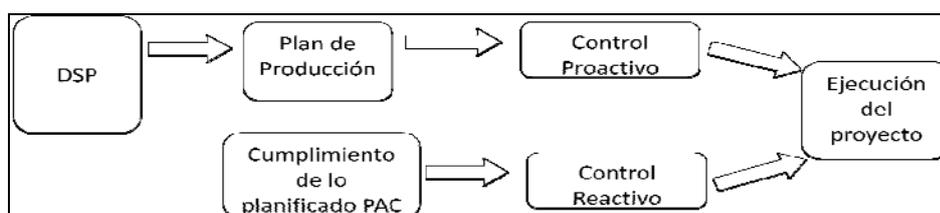


Figura 6-1: Control proactivo y reactivo
(Adaptado de Kankainen y Sandvik, 1999)

Además, dentro de los objetivos específicos la metodología se tiene el siguiente propósito:

1. Reducir la improvisación existente en el proceso de planificación.
2. Controlar la incertidumbre a lo largo de la etapa de ejecución.
3. Visualizar el proceso de ejecución en forma estratégica mejorando el nivel de diseño de las actividades.
4. Incrementar la competitividad de la Organización, identificando oportunidades de mejoramiento oportunas.

6.2.2 Alcances de la Metodología

La metodología propuesta, está dirigida básicamente a empresas constructoras, las cuales pueden estar en el rubro de edificación, infraestructura, montaje industrial o minería que cuenten con la implementación previa de algún

sistema de gestión ya sea: Último Planificador, Sistema de Gestión de Calidad, Sistema de Gestión de Proyectos entre otros.

Además de acuerdo a las características de cada empresa, la metodología no necesariamente debe ser implementada en su totalidad ya que es flexible y puede adaptarse en cualquier situación, dependiendo de las necesidades más concurrentes de cada proyecto siempre y cuando cumpla con los objetivos previstos.

Es necesario mencionar, que para el cumplimiento de los objetivos planteados, es necesario la colaboración y el apoyo de la dirección superior de la empresa donde se planea aplicar la metodología.

6.3 Descripción de la Metodología

Los principales aspectos que se quieren mejorar con esta metodología son el poco interés en el proceso de pre-planificación, desarrollo de plan maestro de baja calidad, la inexistencia de un grupo de trabajo ad hoc que se encargue de realizar el seguimiento a los programas en el proceso de planificación existente.

La metodología fue desarrollada, teniendo como base los lineamientos *Lean Construction*, la aplicación de estos puntos en un proyecto de construcción son esenciales para lograr el mejoramiento deseado.

Cabe destacar que algunas actividades de esta metodología, se realizan en forma aislada y otras no se realizan aún cuando aparentemente son obvias.

La metodología de mejoramiento, se presenta en la figura 6.2, y será desarrollada a detalle.

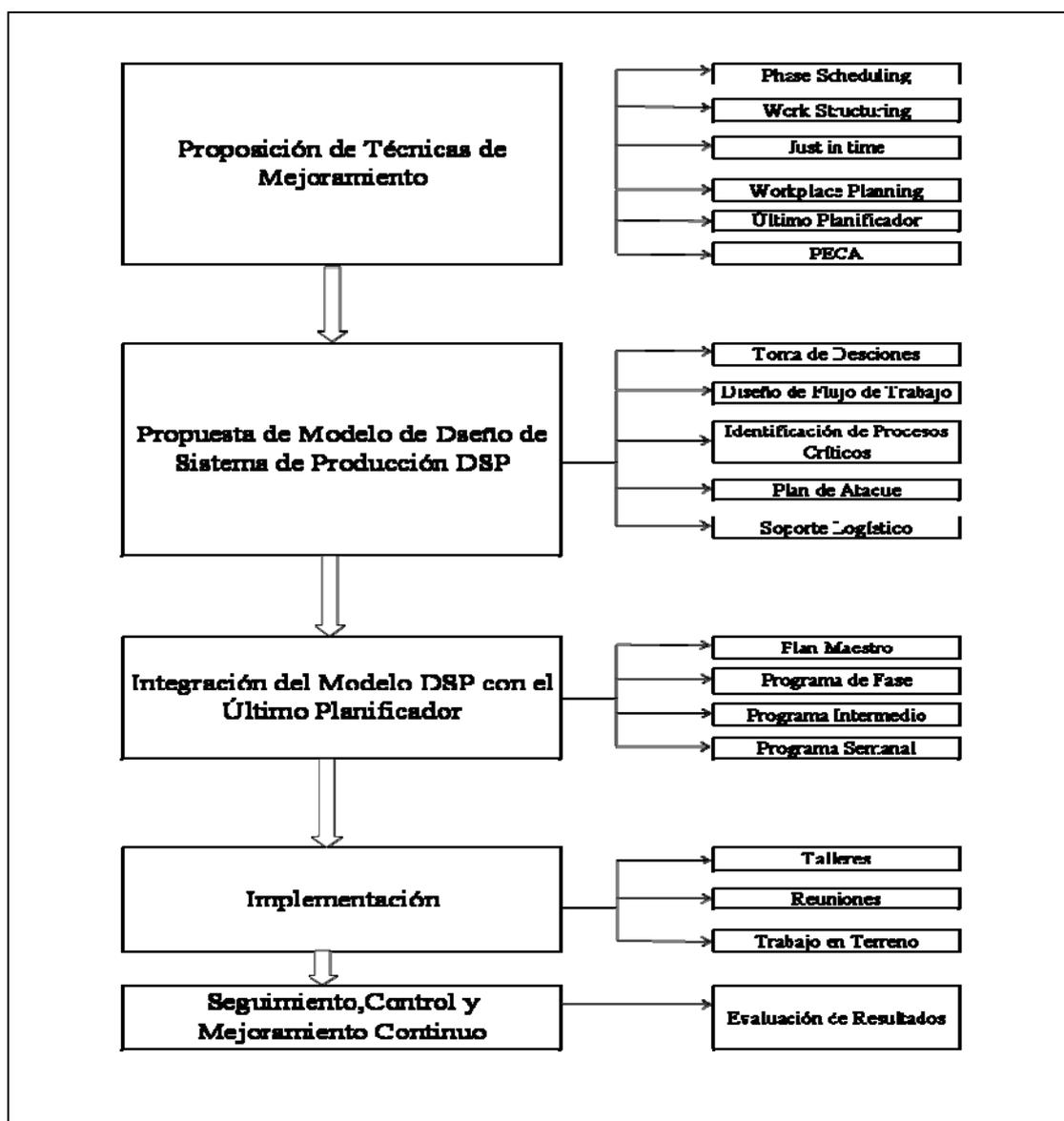


Figura 6- 2: Metodología de mejoramiento propuesta

Estas etapas, son secuenciales y cada una entrega cierta información que debe retroalimentar a otra.

Esta metodología de Mejoramiento de Sistemas de Producción, está orientada a potenciar en forma eficiente las áreas de mejoramiento identificadas en el Diagnóstico así como disminuir los problemas más recurrentes descritos anteriormente.

Si bien, esta investigación presenta varios temas relacionados con cada una de las etapas de diseño de un Sistema de Producción los cuales a su vez han sido estudiados además por varios autores, no pretende ser absoluta, por lo contrario intenta definir una propuesta que sea capaz de integrar varios puntos de vista y perspectivas que puedan ser aplicadas en forma estructurada y sistemática.

6.3.1 Proposición de Técnicas de Mejoramiento

Las técnicas de mejoramiento incluidas dentro de la metodología han sido probadas en anteriores proyectos en forma aislada mejorando el desempeño de los mismos. Las técnicas propuestas forman parte del *Lean Production* (Bicheno 2000) y tienen la finalidad de mejorar las áreas más débiles identificadas en la evaluación preliminar realizada y forman parte de la propuesta de

A continuación presentamos el aporte que hacen estas técnicas de mejoramiento a la metodología propuesta.

Phase Scheduling

De acuerdo con Ballard (2000), la aplicación de esta herramienta busca remover restricciones para realizar las actividades, además de poder eliminar creencias o limitaciones ficticias acerca de los prerrequisitos de las tareas.

La planificación por fases, agrupa representantes de todas las organizaciones que se encuentren involucradas en el proyecto, de manera que estos se sientan comprometidos con el programa y los compromisos que se adoptarán.

Con su utilización, se pueden lograr compromisos entre los subcontratos y la Administración del proyecto, ya que genera la instancia para el trabajo en equipo y posterior control, situación que genera un ambiente de trabajo donde los participantes se involucran y se sienten parte, ya que conocen que la ejecución de sus actividades en forma independiente, puede afectar el desempeño adecuado de otra tarea.

Work Structuring

Esta técnica desarrolla los procesos de un proyecto, alineando su ingeniería de diseño, la cadena de abastecimiento y los recursos de forma de entregar un flujo de trabajo confiable y rápido mientras se entrega valor al cliente (Betanzo, 2003).

Con la aplicación de esta técnica se pueden disminuir las actividades innecesarias, contribuir a la toma de decisiones, diseñar un flujo de trabajo continuo, así como determinar las actividades de un proceso crítico. Además busca el incremento de comodidad y seguridad de los trabajadores por lo que muchas veces los beneficios que se obtienen no son del todo cuantificables.

Just in time

El uso específico de esta técnica es mejorar y establecer una adecuada coordinación entre la obra y el área de adquisiciones, ya que como se ha podido ver la existencia de problemas por la falta de materiales así como por el deficiente acopio y capacidad de almacenamiento existente.

Se pretende que a la hora de tomar las decisiones importantes de planeación, se considere la coordinación de los diferentes recursos que se necesitaran así como se realice la programación de despachos de acuerdo a las necesidades reales de cada obra.

Workplace Planning

Teniendo en cuenta el escenario único donde se realiza la producción en la industria de la construcción, esta técnica agregará al diseño de Sistema de Producción la visión de administrar la complejidad del sitio de producción, disminuyendo la incertidumbre de los requerimientos de cada participante del proyecto ubicando los recursos en función de las estrategias adoptadas inicialmente. Además su utilización busca visualizar el comportamiento de los procesos, con lo que se pretende aumentar la transparencia.

PECA (Plan-Eject-Control-Act)

El aporte de esta técnica será la búsqueda constante de mejoramientos en los Sistemas de Producción, de tal manera de incluirse en la toma de decisiones así como en la planificación y el control del proyecto, contribuyendo a la mejora de la organización, ya que promueve la realización del análisis en equipo.

Último Planificador

El sistema Último Planificador, es de gran uso para el adecuado control de la producción así como la generación de compromisos semanales de planificación y su utilización dentro de los Sistemas de Producción es necesaria para la obtención de causas de no cumplimiento y la mejora en la coordinación de los diferentes trabajos proyectados disminuyendo la variabilidad de los procesos.

Tabla 6-1: Aporte de las técnicas de mejoramiento en la propuesta de mejoramiento

Técnicas de Mejoramiento	Aporte al Sistema de producción	Diagnóstico							Base Teórica								
		Áreas De Mejoramiento							Teoría TFV			Administración de Proyectos		Particularidades del Proyecto			
		Toma de decisiones	Diseño de Flujo de Trabajo	Procesos Críticos	Plan de Ataque	Soporte Logístico	Organización del Proyecto	Planificación	Control del Proyecto	Hacer el trabajo	Minimizar Pérdidas	Maximizar Valor	Diseño de Sistema de Producción	Planificación	Control	Organización	Espacio
Phase Scheduling	Lograr compromisos entre subcontratos y Administración.	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
	Trabajo en equipo	x					x	x	x	x	x	x	x	x	x		
	Mostrar la importancia y repercusión de las acciones tomadas	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Work Structuring	Disminuir actividades que no agreguen valor.	x	x	x			x			x	x	x	x	x		x	x
	Reducir tiempos innecesarios	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x			
	Crear flujo de trabajo confiable y rápido.	x	x				x	x	x	x	x	x	x				x
Just in time	Adecuada coordinación entre el proyecto y adquisiciones.	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x				
	Reducción de acopio de materiales innecesarios.(Reducir Inventarios).					x			x		x		x	x	x	x	x
Workplace planning	Reubicación de espacios temporales				x					x		x	x	x		x	x
	Ubicación de los recursos de acuerdo al entorno de trabajo.		x	x			x			x	x	x	x	x		x	x
	Identificación de espacios para la producción.				x					x	x	x				x	
	Compromiso por cumplir los requerimientos del cliente.	x					x			x	x						x
PECA	Búsqueda constante de algún mejoramiento al proceso.	x						x	x	x	x				x	x	
Last Planner	Mejorar la confiabilidad de los plazos y costos	x					x	x	x	x	x	x	x	x			x
	Disminuir las detenciones y retrasos de actividades	x	x	x	x	x	x				x	x					
	Disminuir la variabilidad de los procesos		x	x	x			x	x			x	x			x	x
	Mejorar la productividad	x	x			x	x			x			x	x	x		
	Balancear los recursos	x	x	x			x	x			x	x	x	x			x

6.3.2 Propuesta de Modelo de Diseño de Sistema de Producción

El Modelo de DSP propuesto, dentro de la metodología de mejoramiento busca dar un mayor énfasis en el análisis estratégico de la información necesaria para la planificación de la producción, incluyendo decisiones técnicas que por falta

de tiempo no se formalizan, además el cumplimiento de las tareas que contienen cada área definida deberán ser realizadas trabajando en equipo.

La importancia de un Sistema de Producción, debe ser comprendido como una necesidad antes del inicio de la ejecución de los trabajos y debe de mantenerse mediante una adecuada planificación de la producción, control del flujo, coordinación de materiales necesarios y definición del control (Slack et al, 2004).

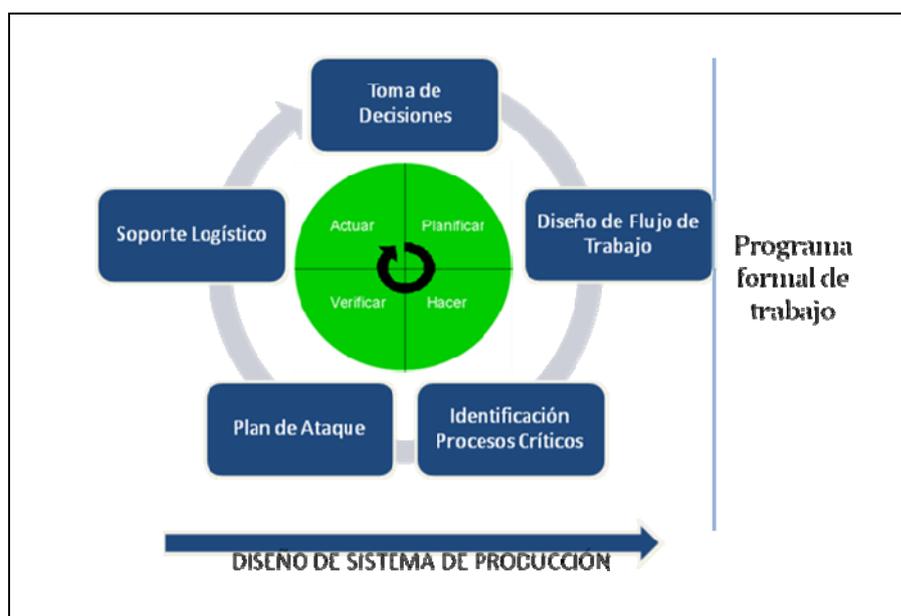


Figura 6-3: Propuesta de modelo de diseño de Sistema de Producción

a) Nivel 1- Toma de Decisiones

En esta etapa los integrantes del proyecto y actores claves, deberán reunirse con la finalidad de discutir y establecer en forma clara, objetiva algunos aspectos estratégicos y técnicos de la forma, además de establecer los objetivos como proyecto y la forma en cómo abordar la administración y ejecución del mismo.

En cuanto a las decisiones estratégicas deberá ser el Administrador de Obra quien ejerza el liderazgo en el proyecto, por lo que dicho profesional deberá tener un espíritu crítico e innovador y debe habituarse a cuestionar en forma constructiva lo que se va haciendo. También es importante que transmita dicha actitud a sus subordinados, es especial al personal de primera línea, como los jefes de terreno, jefes de obra y capataces. La forma de llevar a cabo lo anterior requiere de una dirección apropiada del personal (Serpell, 2002).

Este punto debe ser utilizado para determinar a priori cuales podrían ser los principales problemas que aparecerían durante la ejecución del proyecto, de manera de anticiparnos proponiendo alguna solución antes que dichas dificultades o restricciones impidan el cumplimiento de los objetivos trazados inicialmente.

La toma de decisiones se divide en dos aspectos estratégico y operacional:

i) Aspecto Estratégico

- Limitantes del Proyecto: El siguiente análisis requiere información acerca de las características propias del proyecto para poder identificar la existencia de alguna limitante que pudiera perjudicar o impedir el desarrollo normal de las actividades.

Tabla 6-2: Descripción de las limitantes del proyecto

Limitantes y/o Restricciones	Descripción
Alcance	Tipo de Proyecto: Edificación, vivienda social, saneamiento, carreteras.
	Tipo de construcción: obra nueva, remodelación, ampliación
Plazo de ejecución	Fecha de inicio y término establecido por el mandante o la constructora
Calidad	Desarrollo del Plan de calidad y definición de pruebas y/o certificaciones requeridas por el mandante y la constructora
Condiciones Geográficas	Clima: Lluvias, heladas, altura msnm
Seguridad	Uso de explosivos, derrumbes, trabajos de riesgo.
Medio Ambiente	Planificación de planes de mitigación : Ruidos, contaminación
Accesos	Ubicación del Proyecto: Zona Rural, Urbana, Ciudad, Comuna
Condiciones de terreno	Topografía, geología

- **Fuerza de Trabajo:** Este análisis está constituido de acuerdo a la necesidad de recursos humanos que se requerirá tanto en terreno como en oficina técnica, con la finalidad de organizar a los trabajadores evitando que la mano de obra sea itinerante y discontinua.

Tabla 6-3: Análisis de la fuerza de trabajo

Decisión	Descripción	Pauta
Tipo de Contratación y Relación con terceros (Sub-contratos y proveedores)	Analizar los aspectos positivos y negativos de los diversos tipos de contratación de acuerdo a las características del proyecto.	Por trato
		Por obra
		Sub-contratos
Planeación de la Organización del Proyecto (A nivel Profesional)	Analizar cuál será el tipo de organización del proyecto adoptado por la empresa contratista y los motivos de elección.	Estructuración por funciones
		Estructuración por tareas

ii) Aspecto Operacional

- **Descomposición del Proyecto:** Teniendo una concepción general del proyecto, se debe iniciar el trabajo de planificación con todo el equipo del proyecto, considerando las condiciones específicas establecidas.

La forma de iniciar la planificación será mediante un Plan de Fases/Hitos y la forma de trabajar será usando la Programación Rítmica o líneas de Balance, también en este paso se evaluará la factibilidad de usar alguna herramientas de Apoyo como 3D, 4D ó Simulación.

Además se acordará la forma de control operacional que se utilizará a lo largo de la ejecución del proyecto como planificación diaria, semanal o mensual.

- **Acopio de Materiales:** Analizar cuál será la forma adoptada por la empresa contratista de solicitar los materiales dígame por lote, por

partida, por hito, total considerando el espacio existente del almacén del proyecto o si se utilizará un almacén contiguo.

- Estrategia de ejecución: Se deberá analizar las estrategias generales a seguir, así como los procedimientos constructivos a utilizar para ejecutar el proyecto. La información a obtener de este análisis será:
 - ✓ Alternativas de Secuencia de ejecución.
 - ✓ Alternativas de tecnologías de Construcción.
 - ✓ Sistema Estructural
 - ✓ Instalaciones
 - ✓ Tabiquerías
 - ✓ Terminaciones

- Maquinaria y Equipos: Analizar cuál será la forma adoptada por la empresa contratista de adquisición de la maquinaria y equipos, considerando las distintas formas existentes en el mercado e.g.:
 - ✓ Adquisición vía compra
 - ✓ Propiedad de la empresa
 - ✓ Leasing

b) Nivel 2- Diseño del Flujo de trabajo

El diseño de flujo de trabajo tiene por finalidad mantener el ritmo continuo de las diversas tareas realizadas en faena, estableciendo una ventana de tiempo suficiente entre el trabajo de un equipo y de otro. Tratando de asegurar la capacidad de producción e instalación, logrando un impacto de tiempo positivo en la construcción final del proyecto.

Lo que se busca al diseñar un flujo de trabajo, no es planificar las actividades no solo en forma independiente sino planificar las actividades relacionadas con otras en forma paralela o continúa.

De acuerdo con Koskela (1992), el mejoramiento del Sistema de Producción se debe enfocar en la reducción o eliminación de actividades de flujo y en la búsqueda de una mayor eficiencia en las actividades de conversión, es por eso que el diseño del flujo de trabajo, contribuirá a enfocar las actividades del proyecto en forma integrada.

Los pasos que comprende este punto son los siguientes:

- Elaboración del plan inicial del proyecto, donde se verá el proyecto en general luego se realizará la descomposición en hitos, usando la técnica de Phase Scheduling y determinando el buffer de plazo necesario para la fase.
- Definición de la mejor estrategia de ejecución, lo cual deberá representarse mediante un diagrama de flujo, donde todos los participantes del proyecto puedan comprender la secuencia constructiva.
- Determinación de los sectores y áreas en las que estará dividido la fase del proyecto, lo cual se realizará dependiendo de la secuencia constructiva, disposición de equipos y/o frentes de trabajo que se planifiquen, dentro de este punto se deberá identificar la existencia de alguna unidad repetitiva como un grupo de vigas con un moldaje único o fundaciones de iguales dimensiones por ejemplo, luego se listarán todas las actividades que contenga el proyecto de acuerdo a la secuencia constructiva detallada anteriormente. Se deberá ubicar además las áreas resultantes de la división de fases o hitos para definir los volúmenes de trabajo, los rendimientos serán establecidos de acuerdo a la

experiencia del equipo participante con lo que finalmente se obtendrán los ritmos de trabajo adecuados.

- Con la información anterior se definirá la velocidad de producción, es decir el tiempo que demandará realizar una actividad para lo cual deberá diseñarse las cuadrillas respectivas, asignando recursos para ello.
- Finalmente se podrá nivelar los recursos de mano de obra, y realizar un histograma final, así mismo se calculará el tiempo total de ejecución de la fase es decir un programa definitivo.

Al finalizar la tarea de diseño de flujo de trabajo se deberían tener claro las siguientes sentencias:

- ✓ Orden lógico y secuencial de ejecución
- ✓ El tipo de trabajos que será realizado en forma paralela
- ✓ Los trabajos a realizar en forma aislada.
- ✓ El tamaño de los colchones o buffers
- ✓ Ubicación de los recursos por actividad

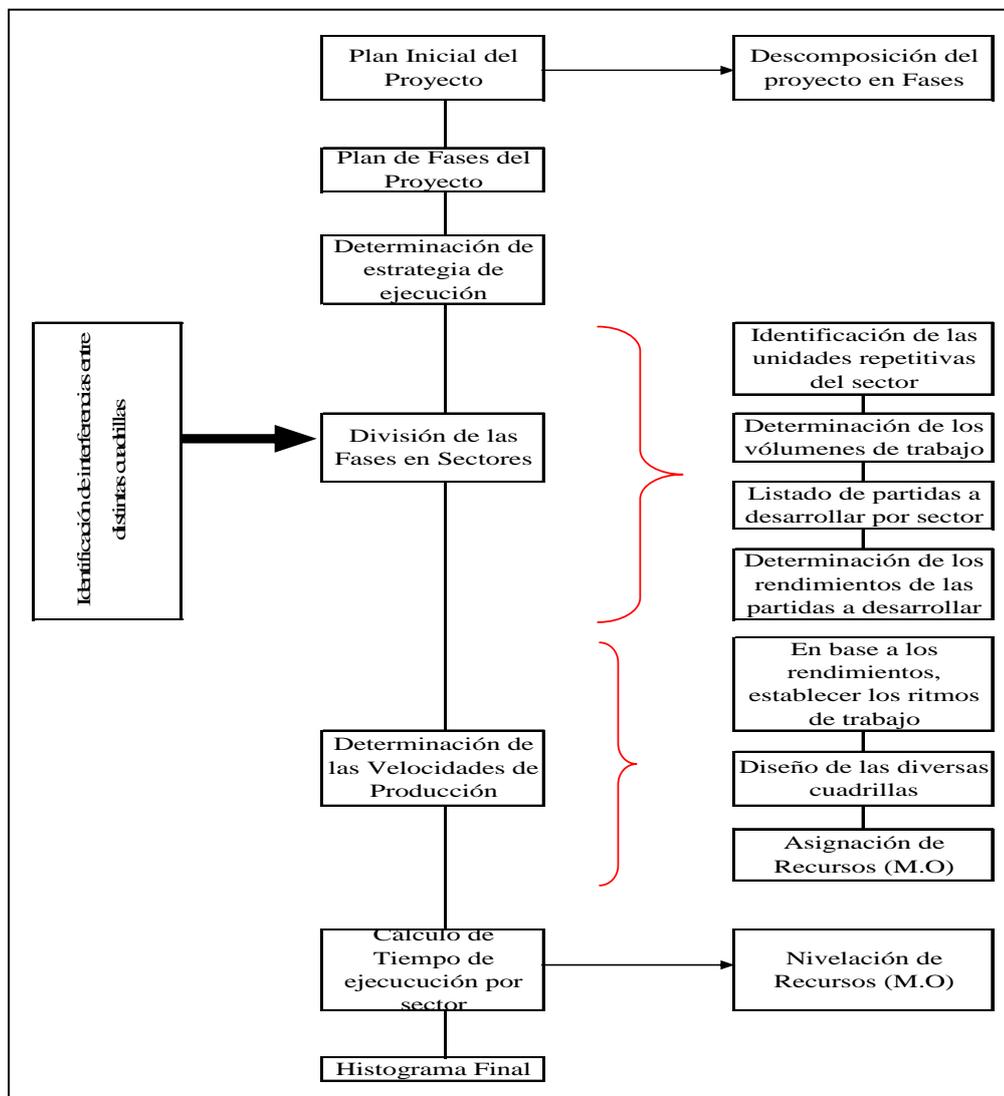


Figura 6-4: Actividades del flujo de trabajo

c) Nivel 3- Identificación de Procesos Críticos

Los procesos críticos son aquellos cuya capacidad individual, limita la capacidad de la producción de todo el sistema.

Este punto comprende la identificación de las actividades menos favorables existentes como las identificadas como cuellos de botella, interferencia en el flujo continuo, las que requieran mayor disponibilidad de recursos, las que tengan mayor impacto en el proceso o las que requieran algún tipo de material especial y de esta manera prevenir el retraso del proyecto y manejar la variabilidad e incertidumbre al respecto.

d) Nivel 4-Plan de Ataque (*Layout* del Proyecto)

Está constituido por la representación grafica, en dos dimensiones de las distintas decisiones tomadas en los puntos anteriores y tiene como principal función aumentar la transparencia y mejorar la coordinación en el equipo de trabajo.

El plan de ataque deberá incluir:

- Estrategia de ejecución
- Zonas de riesgo
- Ubicación de maquinaria

e) Nivel 5- Soporte Logístico

En función de la información analizada en los pasos anteriores, se procederá a identificar los materiales críticos y *comodities* cuantificándolos para el requerimiento, registrando la cantidad de horas maquina (H-M) de los equipos y maquinarias que se utilizarán a lo largo de la fase.

Después de este análisis se elaborará la programación de materiales y maquinarias en función del requerimiento y de acuerdo al programa, con lo que se busca reducir la entrega de materiales en forma general y acotarla a lo que

realmente se necesita es decir, exigir a los proveedores entregas frecuentes y en las cantidades programadas.

En muchas ocasiones, el área destinada al acopio de materiales es limitado no siendo lo suficientemente amplio para almacenar toda la cantidad y tamaño requerido por el proyecto, por lo que se busca con el soporte logístico lograr una adecuada coordinación entre los despachos y las necesidades reales del proyecto.

6.3.3 Integración del Modelo con el Último Planificador

Al diseñar el Sistema de Producción, es necesario conocer cuáles serán los indicadores de desempeño que se medirán con la finalidad de reducir la incertidumbre y la variabilidad existente en todo proyecto de construcción, por tal motivo esta propuesta se deberá integrar dentro de todas las fases del SUP, desde el inicio de la ejecución del proyecto.

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

El control de la producción, es concebido dentro de la perspectiva de administración de contratos con el propósito de minimizar la variabilidad de los presupuestos y programas, dedicándose a reducir las pérdidas sin embargo, su

función es más proactiva verificando que la secuencia sea ejecutada cumpliendo una adecuada coordinación para la realización de los flujos de trabajo y así incrementar la capacidad de cumplimiento de objetivos que agregan valor.

Mecca y Maserà (2000), afirman que la integración en el análisis de la planificación para obtener un adecuado plan de trabajo acorde con la administración de proyectos, conlleva a identificar las actividades críticas, a crear un plan de prevención y control así como mejorar el flujo de información para aumentar la transparencia de las decisiones tomadas.

Tomando como referencia las definiciones de Último Planificador, realizadas por Alarcón y Campero (1993), se puede ver como se integran con el modelo propuesto.

Plan Maestro

“La planificación inicial genera el presupuesto y el programa del proyecto, proporcionando un mapa de coordinación de actividades, que llevan a la realización del mismo.”

Por lo que apuntamos a que durante la realización del Programa Maestro se desarrolle el nivel 1, del modelo de Sistema de Producción propuesto y desarrollarse en forma estratégica la Toma de Decisiones, tanto a nivel estratégico como operacional.

Programa de Fase

“Los programas de Fase representan una subdivisión más detallada del programa Maestro, preparada por las personas que administran el trabajo en la fase.”

De acuerdo con Ballard y Howell (2003), es en el programa de Fase que se debiera realizar la técnica del *Phase Scheduling*, involucrando a los especialistas

para la coordinación y diseño del flujo de trabajo, además de que tomando esta premisa, se propone que en el programa de Fase se incorporen las técnicas de mejoramiento tales como *Work structuring*, *Workplace planning* y *Just in Time* y así tener en esta instancia un programa de trabajo descompuesto en hitos o fases y el desarrollo del Diseño de Flujo, la identificación de procesos críticos, el Plan de Ataque y el estudio del Soporte logístico necesario para pasar al Programa Intermedio.

Programa Intermedio

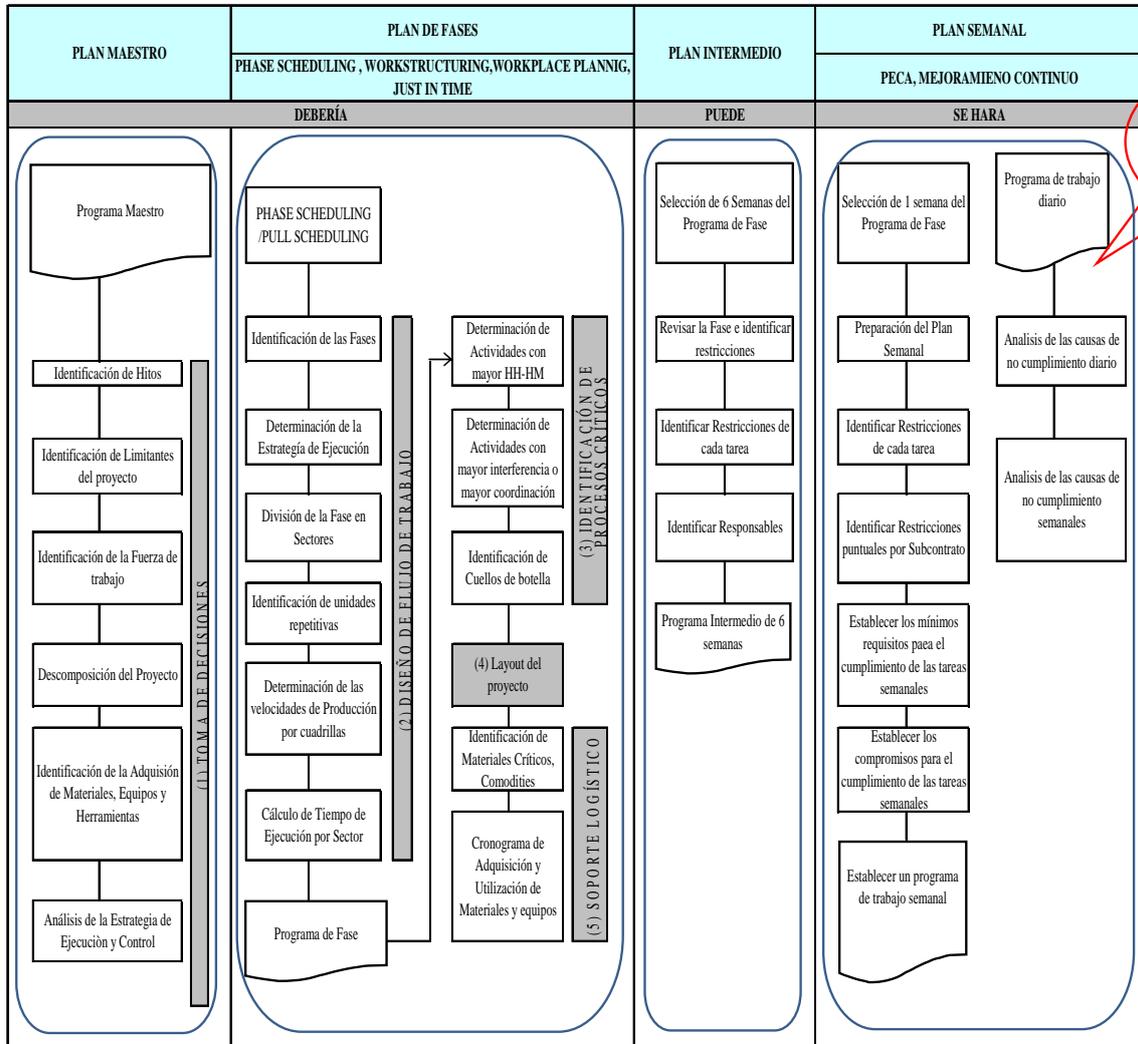
“La planificación producto del Programa Intermedio, es la encargada de asegurar que se cumplan todos los requerimientos para llevar a cabo la producción y abarca intervalos de 5 a 6 semanas.”

Es entonces, que el Programa intermedio debe realizarse teniendo terminado el Programa de Trabajo confiable producto de un adecuado Diseño de Sistema de Producción y tiene que estar compuesto por las actividades que deben hacerse.

Programa Semanal

“El programa semanal, es aquel que presenta el mayor nivel de detalle y contiene las actividades que deben hacerse.”

Como parte del modelo propuesto, se contempla la verificación y el control de los indicadores de desempeño, mediante las distintas mediciones en terreno, de donde se debe obtener la desviación del ritmo de trabajo, la Productividad, el PAC entre otros.



CONTROL DIARIO:
Mediciones en Terreno,
Desviaciones de ritmo,
Productividad

Figura 6-5: Integración del diseño de Sistema de Producción propuesto con el sistema Último Planificador

6.3.4 Implementación

En esta etapa, se debe llevar a cabo la propuesta de mejoramiento, generando las instancias y mecanismos necesarios para la realización.

Además, se sabe que la implementación de mejoramientos al interior de la organización es en el mundo actual un proceso inevitable, que si bien genera beneficios y ventajas competitivas a las empresas, también las somete a fuertes conflictos y grandes encrucijadas (Alarcón y Seguel, 2002).

Como es sabido existen muchos factores que dificultan la implementación de mejoras al interior de las empresas, ya que las organizaciones no se comprometen ni involucran con los nuevos desafíos.

La implementación de metodologías de mejoramientos *Lean* al interior de la organización, necesita de altos niveles de compromiso e involucramiento de las personas (Coffey, 2000).

Una de las grandes problemáticas consiste en cómo lograr que las personas de la organización consideren importante el proceso de mejoramiento y sean y se sientan parte importante de él (Cirey, 2000).

De acuerdo con Alarcón y Diethelm (2001), los antecedentes claves para facilitar y potenciar la implementación de nuevos desafíos son:

- Una metodología clara, con estrategias definidas y rigurosas.
- Señales claras y un alto compromiso de la administración superior.
- Establecer una organización especial, con un funcionamiento claro y riguroso.

- Los administradores de proyecto o jefes de departamento son funcionarios claves, tanto por el liderazgo y compromiso que deben ejercer como por la remoción de barreras a la implementación que deben promover.
- Es fundamental para las personas de las empresas tener conocimiento del marco teórico que comprende la propuesta como del programa de implementación.
- Es importante la definición de funciones, responsabilidades y atribuciones de autoridad de los administradores de proyectos y/o profesionales de la empresa.

6.3.4.1 Requerimientos para la Implementación

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

Los requerimientos necesarios por parte de las empresas constructoras serán:

- a) Aprobación del Proceso de Implementación por la Dirección Superior.
- b) Desarrollo de la Implementación en función de la metodología actual de planificación y estado de avance de cada proyecto.
- c) Involucramiento y Compromiso de agentes claves en el proceso de planificación.
- d) Un adecuado y efectivo nivel de Participación
- e) Liderazgo para el correcto trabajo en equipo y toma de decisiones.

6.3.4.2 Participantes Claves en la Implementación

Los participantes de esta implementación serán los actores claves de un proyecto ya que serán quienes tomen las decisiones trascendentes para lograr cumplir todo los objetivos y metas establecidas inicialmente.

- Gerente de Proyecto
- Administrador de Obra
- Jefe de Terreno
- Jefe de Obra
- Jefe Área Logística o personal de Adquisiciones. (en la reunión donde sea requerido por el líder del equipo).
- Proveedores Claves y Subcontratos (en la reunión donde sea requerido por el líder del equipo).

6.3.4.3 Etapas de la Propuesta de Mejoramiento

Los pasos propuestos son 9 (nueve), los cuales están agrupados en actividades de interacción directa, con la participación de un equipo de estudio del Gepuc y de los integrantes claves del proyecto.

Para llevar a cabo la validación de la metodología propuesta, se deberán realizar diversas reuniones y un arduo trabajo en terreno, además los 9 pasos se han clasificado en Etapa Previa, Etapa de Diseño y Etapa Puesta en Marcha, para facilitar la comprensión.

Se debe mencionar, que una vez implementada esta propuesta en un proyecto, la empresa deberá asignar a un responsable que actúe realizando las tareas del equipo de estudio del Gepuc en sus próximos proyectos, ya que el Know

How del tema, será parte de las competencias que el líder de este primer proyecto adquiera.

El tiempo propuesto para la implementación no será superior a 1 mes o su equivalente a 4 semanas.

Etapa Previa

Paso 1: Obtener el compromiso de la empresa

El primer paso para lograr que la implementación de la propuesta sea exitosa, es lograr que la Administración Superior ya sea Gerentes de Área o la Administración del Proyecto, se comprometan con el estudio a realizar con la finalidad de buscar el entendimiento del tema, involucramiento y colaboración con la implementación ya que si se logra el apoyo, los integrantes del proyecto participaran de una manera más activa y preocupada.

Para lograr esta situación, es necesario convencer a la empresa, de que el Diseño de Sistema de Producción es una actividad importante antes del inicio de la ejecución de una obra, ya que permite formalizar las decisiones tomadas y analizar en equipo la mejor estrategia para abordar el proyecto, lo que permitirá cumplir los plazos establecidos. Además, se deberá mostrar los resultados de la etapa de evaluación de los sistemas de producción realizada y exponer que la utilización de la intuición en la construcción, contribuye a incrementar la variabilidad todo esto para sensibilizar a los gerentes acerca de tema.

Se deberá realizar una reunión explicativa con la Administración Superior ya sea Gerente de Proyecto y la Administración de Proyecto, con la finalidad de buscar el entendimiento del tema, involucramiento y colaboración con la

implementación para lo cual se realizarán presentaciones para transmitir el marco teórico de la propuesta y compartir experiencias previas relacionadas con el tema.

De no existir entendimiento entre las partes, será necesario realizar otra reunión explicativa con la intención de establecer en forma clara la propuesta de mejoramiento, determinando cuales serán los objetivos planteados y el requerimiento de recursos necesarios para llevar a cabo la implementación.

Paso 2: Conocer al equipo del proyecto

El segundo paso necesario para comenzar a desarrollar el estudio, es darse a conocer al equipo de trabajo del proyecto. Esta etapa es fundamental dada la interacción que el equipo del estudio tendrá con el personal del proyecto durante la etapa de implementación de la propuesta.

Se deberán programar reuniones con la administración del proyecto y los niveles de mando de terreno. Las reuniones con la administración del proyecto tienen la finalidad de establecer la importancia del estudio que se realizará y lo que se requerirá de ellos en cada una de estas etapas.

Las reuniones con los mandos de terreno del proyecto, deben de propiciar un ambiente de colaboración, donde las ideas y experiencia ayudarán a realizar un estudio para mejorar la administración actual.

Se deberán realizar en primera instancia reuniones únicas, y posteriormente incluirán ambos grupos para lograr la integración adecuada como equipo.

Será necesario solicitar un organigrama del proyecto, así como la descripción de cargos de las diferentes personas y de esa forma establecer acuerdos confiables en función de las responsabilidades de cada uno.

Paso 3: Conocer la Situación Actual de la Empresa

Tiene como objetivo principal encontrar la situación actual de los Sistemas de Producción al interior de la empresa, para lo cual se debe realizar una evaluación concisa inicial interna que permita ver las fortalezas y/o debilidades que podría tener la empresa y así determinar los posibles problemas o barreras existentes que puedan derivar en una deficiente implementación, para esto es necesario realizar entrevistas del tipo no estructuradas y conocer así el funcionamiento de los procesos al interior de la empresa.

Se deberán entrevistar a los jefes de proyecto, jefes de oficina técnica y mandos medios y tomar una visión general del Proceso.

Estas entrevistas deben realizarse en todos los niveles del proyecto, ya que el personal de terreno (o niveles más bajos) conoce de mejor manera los detalles de cada operación, y la administración (o niveles superiores) conoce mejor los flujos de información y tiene una visión más general del sistema.

Paso 4: Informar el Estudio que se realizará

Teniendo claro en que escenario nos encontramos, se procederá a desarrollar una reunión informativa donde asistan todos los integrantes del proyecto, esta reunión puede darse como taller, donde se discutan temas referente a *Lean Construction*, Sistema Último Planificador y las técnicas de mejoramiento de procesos que se desea trabajar, con el objetivo de que el equipo de trabajo conozca, refuerce, aprenda y se familiarice con el marco teórico necesario para realizar en forma independiente el diseño de Sistema de Producción .

Además, se entregarán detalles del estudio a realizar y serán contestadas las dudas referente a:

- Objetivos del estudio
- Herramientas a utilizar
- Tiempo que demorará el estudio
- Etapas que la metodología propuesta
- A esta reunión asistirá todo el equipo del proyecto

Se deberá explicar que el estudio busca: Reducir y/o controlar la incertidumbre, mejorar la utilización de recursos, mejorar la productividad, incrementar la transparencia en los procesos, mejorar continuamente los procesos y potenciar la utilización del Sistema Último Planificador.

Etapa de Diseño

Paso 5 - Trabajo de Terreno

El equipo de estudio, realizará el esfuerzo de recolección de datos y observación directa en el análisis y desarrollo del Diseño de Sistema de Producción, apoyando y participando con los integrantes del Proyecto, realizando un seguimiento constante para obtener finalmente un programa de trabajo confiable el cual pueda ser controlado.

El trabajo en terreno, constará de 8 visitas al proyecto durante el horario de trabajo por parte del equipo de estudio, durante aproximadamente cuatro (4) semanas, tiempo que se considera necesario para la elaboración de un Sistema de Producción. El tiempo requerido para este trabajo será flexible y dependerá de la complejidad del Proyecto a abordar.

Paso 6: Análisis, Estudio y Generación del Programa Formal de Trabajo

Esta etapa es operativa, y demandará el estudio de la información existente ya sean Planos, Especificaciones Técnicas, Procedimientos de Trabajo entre otros, por parte del equipo encargado de implementar la propuesta de mejoramiento y los participantes del proyecto.

Se deberá evaluar en equipo, las medidas tomadas tanto estratégicas como Operacionales y se formalizarán estableciendo las actividades correspondientes a la Toma de decisiones, con lo que se tendrá un Plan Maestro conocido y elaborado por todos.

Se realizará el Programa de Fase, descomponiendo el proyecto y estableciendo los hitos principales de acuerdo a lo evaluado, utilizando el *Phase Scheduling*. Posteriormente usando los principios *Work Structuring*, *Workplace Planning* y *Just in Time* explicados anteriormente, se confeccionarán las actividades referentes al Diseño de Flujo, Identificación de Actividades Críticas, Plan de Ataque y Soporte Logístico. Este análisis deberá ser formal, además siguiendo el esquema del Último Planificador, como las planificaciones con un horizonte demasiado largo no se cumplen, con la información y detalle realizado, se tendrá la base para la realización de la planificación Intermedia con una ventana de tiempo de 6 semanas, donde se puedan visualizar las actividades que cuenten con todos los recursos necesarios para que puedan cumplirse impulsando la utilización de la Gestión de restricciones. Finalmente, se tendrá un programa semanal el cual pueda ser controlado diariamente dado el detalle del análisis realizado.

Este trabajo deberá realizarse en terreno, en forma conjunta con el equipo de trabajo, y se realizarán sesiones de trabajo diarias durante 2 semanas como máximo.

Paso 7: Revisión del Programa De Trabajo

Se realizará una reunión, con la finalidad de revisar el plan final establecido y aprobarlo para la ejecución, de no ser aprobado por todos los integrantes será revisado hasta su aprobación pudiéndose cambiar algunos aspectos estratégicos, operativos, de flujo o de soporte logístico.

La reunión tendrá una duración promedio de 2(dos) horas.

Etapa Puesta en Marcha

Paso 8: Difusión de Programa de Trabajo a la Gerencia

Tendrá como finalidad, mostrar los resultados a la gerencia mediante una presentación indicando las experiencias de la implementación, las observaciones iniciales y los objetivos a alcanzar.

En esta presentación, estarán presentes la administración superior del proyecto y el equipo de estudio.

Se deberá poner en marcha el Programa de trabajo establecido y se difundirá a todo el personal del proyecto.

Paso 9: Visitas a Terreno

Estas visitas serán realizadas en forma semanal al proyecto por parte del equipo de estudio, con la finalidad de obtener información acerca del cumplimiento de lo planificado en el Sistema de Producción.

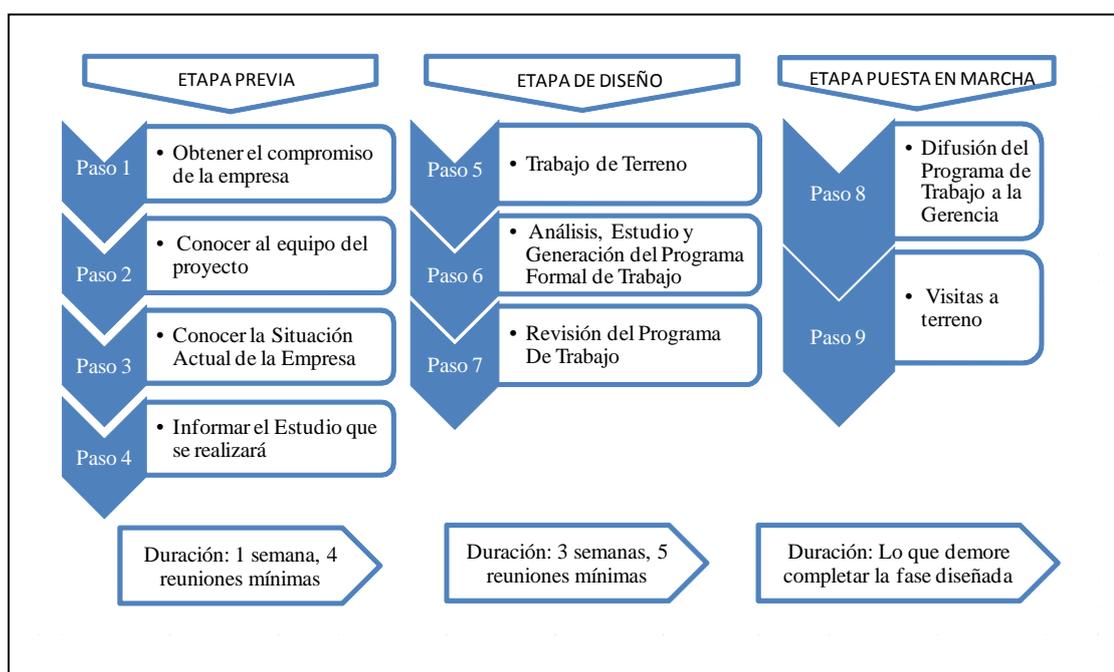


Figura 6-6: Etapas de la implementación en terreno

6.3.5 Seguimiento, Control y Mejoramiento

Todo proceso hoy en día debe asegurar un estándar de administración que garantice la efectividad, por lo que se propone utilizar el ciclo PECA,

originalmente propuesto por Shewhart en la década del 20 y modificado por Ishikawa (Shuldt, 1998).

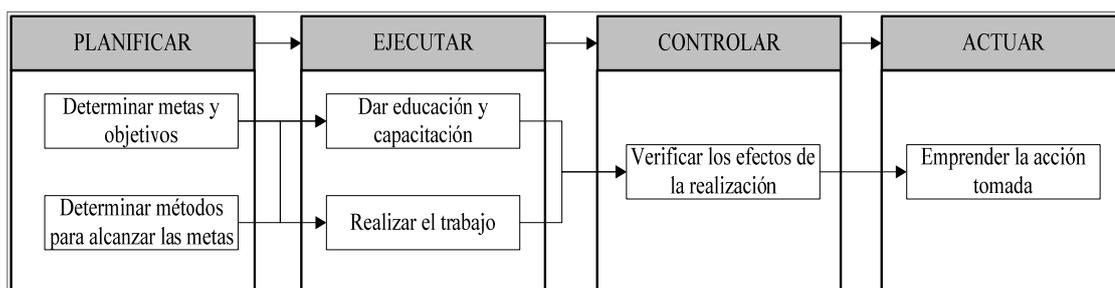


Figura 6-7: Ciclo de mejoramiento continuo modificado de Ishikawa, 1998

Este ciclo comienza con la preparación previa del proceso de planificación y la búsqueda de los inputs necesarios para ejecutar el trabajo, la verificación de la realización en terreno comprende el controlar identificando cualquier desviación o alteración en lo planificado con la finalidad de actuar para corregir y/o mejorar la ejecución de los trabajos.

En esta etapa se deben de evaluar los resultados obtenidos y compararlos con lo planteado, además se deben de analizar los indicadores de desempeño obtenidos finalmente.

Es muy importante, llevar un control adecuado sobre los resultados de tal forma de conocer si se está cumpliendo lo planificado, o si es necesario modificar alguna decisión que afecte la ejecución del proyecto.

Se deberá documentar las determinaciones más importantes una vez terminado el Diseño de Sistema de Producción, para difundirlo así mismo al realizar el seguimiento de los indicadores de control, establecidos inicialmente se

podrá detectar cualquier desviación en los rendimientos establecidos que puedan alterar el programa propuesto.

La puesta en marcha del Sistema de Producción, requiere como parte del control las verificaciones en terreno en forma diaria, semanal y mensual para mejorar y/o verificar el tiempo y los recursos empleados para completar las actividades establecidas.

Dentro de las actividades recomendadas como parte del proceso de seguimiento y control están:

1. Estudiar y verificar el cumplimiento de los ritmos establecidos y en caso de no ser satisfactorio, estudiar sus causas.
2. Verificar la utilización de cuadrillas de acuerdo a las tareas establecidas, en caso de no ser adecuadamente utilizadas, estudiar sus causas.
3. Verificar la utilización de los distintos recursos, de acuerdo al avance establecido y en caso de de no ser satisfactorio, estudiar sus causas.
4. Complementar el seguimiento en terreno, con la medición periódica de productividad, así como la realización de muestreos de utilización del tiempo en terreno. Se pueden utilizar fichas de control como herramienta de toma de datos.

La metodología propuesta termina cuando los objetivos iniciales fueron cumplidos sin embargo, se debe pensar en el mejoramiento continuo como parte del proceso de diseño de Sistema de Producción.

Además una vez realizado el seguimiento y control, se puede tener claridad acerca de los resultados, por lo que si son satisfactorios y se está cumpliendo con los objetivos iniciales, la propuesta de mejoramiento llega a su fin, sin embargo si

se evalúa la posibilidad de mejorar lo planificado se deberían realizar los cambios correspondientes, así mismo si se encontrase una situación negativa se deberá realizar en equipo nuevamente un análisis donde se planteen acciones correctivas en forma oportuna.

Como todo análisis se realiza en equipo, será necesario que durante las reuniones se evalúen diversas soluciones posibles a las desviaciones encontradas, para luego decidir las más adecuadas y factibles de realizar.

Posteriormente, se pasa a la fase actuar donde alguna oportunidad de mejora se debe implementar en la (s) próxima (s) fase (s).

6.4 Implementación Caso Real

La construcción del casino del colegio Everest, fue el proyecto escogido como caso de estudio para validar el modelo de Diseño de Sistema de Producción propuesto y evaluar sus beneficios en la ejecución del proyecto.

Se trabajó y colaboró en forma directa con el equipo del proyecto interactuando con equipo de trabajo formado por profesionales y algunos subcontratistas.

El gerente general y el gerente de proyectos de la empresa constructora estaban convencidos de las mejoras obtenidas, bajo el marco de la implementación de herramientas basadas en el concepto de *Lean Construction*, ya que la empresa venía trabajando en forma eficiente hace 5 años con el Gepuc en diversos proyectos, por lo que las facilidades para el desarrollo de esta investigación fueron favorables.

El compromiso de la alta dirección fue comunicada a los profesionales del proyecto, generando mucha expectativa por los resultados lo que fue asumido con

mucha responsabilidad por parte del jefe de oficina técnica, quien lideró finalmente la aplicación del modelo de Diseño de Sistema de Producción propuesto.

6.4.1 Descripción de la empresa

El proyecto descrito anteriormente fue construido por la empresa constructora LyD, cuyas instalaciones se encuentran ubicadas en Palacio Riesco 4387, comuna de Huechuraba.

Esta empresa fue creada en el año 1988 y actualmente tiene presencia en todas las regiones de Chile, destacando en los rubros de edificación tanto de viviendas sociales, edificios habitacionales, colegios, obras civiles y edificio industriales.

Además esta empresa está certificada ISO 9001:2000 y pertenece al grupo de empresas del Programa de Empresa Competitiva de la Mutual de Seguridad de la Cámara Chilena de la Construcción.

6.4.2 Descripción del Proyecto

El proyecto de la primera etapa del casino del colegio Everest, consistió en la construcción de un edificio de un solo nivel, con una superficie de 1970 m².

La obra gruesa, estaba conformada en su mayoría por una estructura de hormigón armado conformado por una base de pilares, losa de fundación y losa superior correspondiente al techo del casino.

El proyecto contemplaba las instalaciones de electricidad, iluminación, audio, telefonía y citofonía, así como las referentes al aspecto sanitario, gas y climatización.

El casino estaba diseñado para albergar a 2300 alumnos, por lo que estaba compuesto por una nave central que corresponde al sector de los comedores de profesores y alumnos diseño del casino tiene una capacidad.

El plazo de ejecución era de seis (6) meses y el presupuesto de 49.579 UF.

Este tipo de proyecto es considerado como un proyecto de edificación porque se encuentra dentro de la categoría de construcción con fines sociales y comerciales (Serpell, 2002).

6.5 Aplicación de la Propuesta de Mejoramiento

Las actividades de investigación, en este caso de estudio se iniciaron en Marzo 2007 y culminaron en Junio del mismo año, con la presentación de la experiencia por parte de la empresa en un plenario de la Cámara Chilena de la Construcción en Julio 2007.

6.5.1 Etapa Previa

Cabe señalar que la metodología propuesta, fue ajustada de acuerdo a la realidad de cómo se abordó en terreno la implementación.

- Paso 1: Obtener el Compromiso de la Gerencia: Reuniones

Tal como expusimos en la metodología, se realizaron las reuniones explicativas a la gerencia acerca de los objetivos y el marco teórico de los Sistemas de Producción, así mismo se indagaron los principales problemas existentes en el proceso habitual del diseño de los Sistemas de Producción y se mostró lo que se pretendía con la propuesta de mejoramiento, así mismo se resaltó la importancia de contar con el apoyo y compromiso de la gerencia.

Es así como la Gerencia de la empresa, da su visto bueno para iniciar el estudio en uno de sus proyectos.

Es importante mencionar, que esta situación no fue fácil ya que aún cuando la empresa trabajaba bajo la Filosofía *Lean* y mejoramiento continuo, la propuesta inicialmente no les parecía adecuada por lo que atendiendo las inquietudes de los gerentes, se fue mejorando la propuesta inicial hasta su aprobación. El primer acercamiento que se tuvo con la empresa fue en Noviembre 2006, cuando la propuesta de mejoramiento estaba en análisis y requería de retroalimentación de los principales involucrados, por lo que ya en Marzo 2007, se tenía una propuesta más robusta, con la cual se identificaron y accedieron a trabajar rápidamente.

- Paso 2: Conocer el Equipo de Trabajo: Reuniones

El trabajo en equipo jugó, un rol muy importante en el proceso de la implementación ya que era necesaria una adecuada cohesión de los integrantes para el éxito de la ejecución.

Se realizaron 2 reuniones para llevar a cabo el encuentro con el equipo de trabajo, en una estuvieron presentes los gerentes y el administrador del Proyecto y en la segunda reunión el administrador del Proyecto, jefe de oficina técnica y jefe de terreno. Las reuniones duraron en promedio 2 horas cada una, además se analizó el organigrama del proyecto que se abordaría.

- Paso 3: Conocer la Situación actual de la empresa: Entrevistas

Al iniciar los primeros acercamientos al proyecto, se pudo notar que los profesionales se mostraron un tanto reacios a la idea de la utilización de esta propuesta de mejoramiento, sin embargo fue el apoyo de la gerencia lo que contribuyó y dio facilidades para la implementación.

Dada la configuración de la obra, el equipo de trabajo estaba compuesto por un Administrador de Obra, un Ingeniero de Oficina Técnica, un Jefe de Obra, un Previsionista de riesgo y un administrativo.

Acerca de las funciones en terreno, se tenía con claridad las funciones que desarrollarían durante la ejecución, ya que la empresa es bastante ordenada y tenía registros de las funciones del personal, sin embargo el jefe de obra no conocía dicha documentación a pesar de existir un registro de aceptación de entrega de funciones.

Por otra parte el Administrador de Obra, era un profesional muy avocado a sus funciones administrativas y financieras, ya que en todo momento velaba por el interés económico del proyecto aún cuando debía ser él, la persona responsable de liderar cualquier cambio en el esquema de trabajo propuesto, se pudo ver posteriormente que el Ingeniero Jefe de oficina Técnica, fue el más comprometido con el tema.

Se realizaron entrevistas no estructuradas al Administrador de Obra, Jefe de Oficina técnica y Jefe de Terreno, personas que ya tenían trabajando en la empresa en promedio 2 años y que conocían como se desarrollaban los trabajos de producción.

Del resultado de las entrevistas, se pudo conocer como realizaban tradicionalmente el planeamiento de la obra, y los integrantes manifestaron que utilizaban el Sistema Último Planificador para el control de la producción, sin embargo solo se utilizaba este sistema en forma parcial, ya que no se hacía un plan maestro, intermedio ni control de las restricciones existentes.

La forma de diseñar un Sistema de Producción, usualmente comenzaba cuando oficina central le entregaba los planos, especificaciones técnicas, el

presupuesto y programa base de la licitación al Administrador de la Obra, quien a su vez los revisaba y entregaba dicho programa al Jefe de Oficina Técnica para que establezca un Plan Maestro de la información recibida, es decir ingresaba los datos a un Software de programación y establecía los plazos actuales, de esa manera se iba controlando el proyecto en general como un todo.

Por lo que dicho, proceso no era generado por un equipo de trabajo, sino por una sola persona, no analizando alternativas de ejecución sino por lo contrario tratando de adivinar cuál fue la estrategia de la persona que desarrollo la carta Gantt inicial, lo que finalmente daba como resultado un programa poco realista alejado de la realidad el cual debía ser reprogramado utilizando muchas horas para ello, por lo que finalmente la programación de la obra se realizaba solo en forma semanal sin tener una ventana de tiempo que permita visualizar alguna restricción.

La forma en cómo se iniciaba la ejecución de las diversas actividades, estaba regida por el máximo avance diario que se podría tener, sin mayor análisis del uso de recursos de mano de obra y materiales.

Por lo que la programación de mano de obra, equipo y materiales se generaba sin mayor anticipación, no analizándose formalmente aspectos estratégicos como el tipo de contratación, la cantidad de horas-maquina ó el estudio de los materiales críticos en función del avance del proyecto, por lo que muchas veces oficina central demoraba la compra y el proyecto tenía que reducir su producción.

Cabe destacar que usualmente los aspectos estratégicos y operacionales son decididos únicamente por el Administrador de la obra, no documentándose dicha información por lo que el acceso a estas decisiones son inaccesibles para el conocimiento del proyecto por parte del resto de integrantes del equipo de trabajo.

Se pudo observar además, que esta empresa tenía como objetivo registrar las causas de no cumplimiento de todas las obras, siendo dichos problemas discutidos en oficina central, por lo que dicha información forma parte de la empresa y no de las personas como en otros proyectos estudiados, es por ello que la gerencia de la empresa decide aceptar el plan de trabajo que se propone.

Se pudo concluir con este análisis, que si bien el equipo de proyecto conocía acerca de gestión, el diseño de Sistemas de Producción no ha sido abordado con mayor rigurosidad ni control, dejando actividades fuera del análisis lo que respalda, la investigación realizada y mostrada en el capítulo 5.

- Paso 4: Informar el estudio que se realizará: Reunión Informativa y Taller

Se programó una jornada de trabajo de un día, donde se desarrolló un taller en el cual participaron todos los integrantes del Proyecto y un equipo de estudio del Gepuc, con la finalidad de reforzar los conocimientos del Sistema Último Planificador, así como difundir conceptos de las técnicas de mejoramiento propuestas tales como *Work structuring*, *Workplace Planning* y *Phase Scheduling* y así discutir la importancia de su utilización en los Sistemas de Producción.

Durante este taller también, se compartió algunos resultados de la evaluación realizada en los casos reales, así como se mostraron experiencias extranjeras y se recalcó la importancia de la colaboración y el trabajo en equipo.

El equipo de trabajo, paralelamente una semana anterior había comenzado los trabajos de instalación de faena, por lo que este taller se dio inicialmente en Oficina Central con el apoyo del Gerente Técnico y posteriormente se replicó uno de media mañana en terreno.

6.5.2 Etapa de Diseño

Para culminar esta etapa, se realizaron en general 7 reuniones con todo el equipo de trabajo, sin embargo el Jefe de Oficina Técnica y el equipo de estudio del Gepuc, participaron activamente en forma independiente, estableciendo largas jornadas de trabajo de entre 8 y 10 horas, lo que mantuvo 15 días de trabajo in situ durante 3 semanas, como si fuéramos parte del equipo de oficina técnica.

- Paso 5: Trabajo en Terreno

El equipo de estudio se integró al equipo de trabajo en su fase inicial, es decir antes de iniciarse los trabajos de planeación y ejecución por lo que como primera actividad se realizó la revisión de antecedentes del proyecto, con la finalidad de interiorizarse y conocer el tipo de proyecto a afrontar.

Cabe destacar, que se realizó un arduo trabajo, recolectando información y ejerciendo tanto la Observación directa y participante, por lo que este paso se inició en la semana 2.

- Paso 6: Análisis, Estudio y Generación del Programa Formal de trabajo

La realización de este paso, es una actividad operativa ya que requiere de mayor cantidad de horas hombre, analizando y estudiando el proyecto.

Desarrollo del Nivel 1: Toma de Decisiones

Para cumplir con este nivel propuesto, se desarrollaron reuniones donde se discutieron los principales aspectos estratégicos y técnicos del proyecto, siendo el Administrador de Obra el que finalmente tomó las decisiones más importantes recibiendo el apoyo de su equipo de trabajo.

Aspectos estratégicos abordados:

Dentro de las principales limitantes del proyecto se estudiaron el plazo de ejecución, la calidad establecida por el mandante, las condiciones geográficas, la seguridad, los accesos y las condiciones de terreno de esta manera se estableció que las situaciones menos favorables serían el poco espacio existente para el acopio de materiales, así como el difícil acceso a la obra, ya que esta estaba situada en una zona lejana para los trabajadores, por lo que se estableció la necesidad y factibilidad de tener un bus de acercamiento así como requerir los materiales con antelación y en función de la utilización que tendrían.

Se analizó las ventajas de la subcontratación y se definió la necesidad de recursos como personal de faena y subcontratos los cuales serían contratados por obra y como política de la empresa a “tratos”.

Se realizó una descomposición del proyecto en Hitos, estableciéndose 2, Obra Gruesa y Terminaciones debido a las pocas actividades que conformaban el proyecto y se acordó que el control de la producción sería diario y semanal.

Paralelamente a este encuentro se iniciaron los trabajos de instalación de faena de acuerdo a las decisiones estratégicas abordadas, haciéndose los cálculos necesarios para determinar la dotación de servicios higiénicos y áreas de comedores y vestidores.

Además se analizaron las posibles estrategias de ejecución, considerando los procesos constructivos determinados en las Especificaciones Técnicas, así como se trató de entender la secuencia establecida en el plan inicial entregado por la Oficina Central, en donde todos los integrantes aportaron con ideas incorporando actividades que no estaban consideradas así como eliminado otras, se pudo observar la manera en que los integrantes del equipo se cuestionaban la

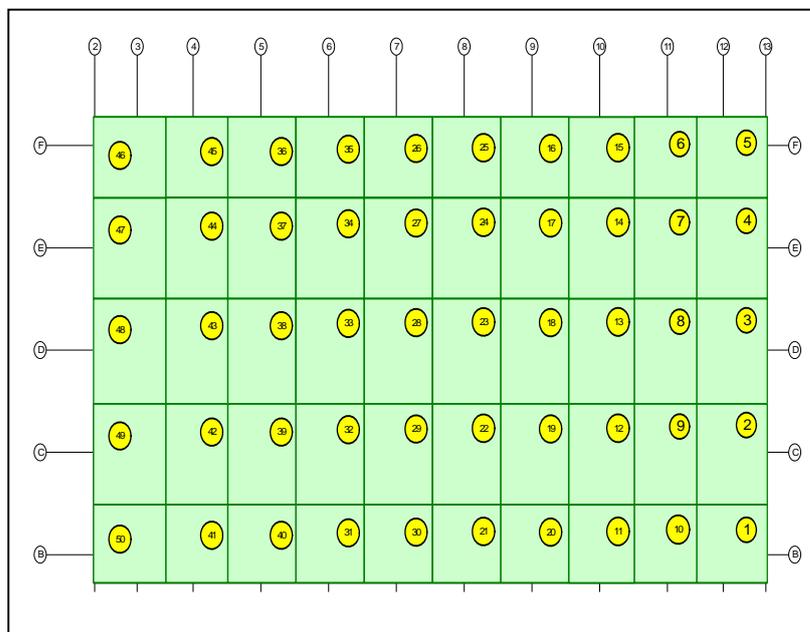


Figura 6- 9: Nueva secuencia constructiva del hito 1

Además, los pilares que conformaban el proyecto serían prefabricados lo que contribuirá a reducir los plazos y mano de obra.

Con respecto a las maquinarias, estas serían patrimonio de la empresa constructora y demandaría una programación precisa, ya que la empresa se encontraba ejecutando otras obras en distintos sectores de la ciudad.

Fue establecida una secuencia de trabajo donde el jefe de obra tuvo mucha injerencia debido a su experiencia en terreno. Lo que dio como resultado del análisis un programa con 24 actividades repetitivas.

En el desarrollo de este nivel 1, no intervinieron los subcontratos ni tampoco los proveedores. Se realizaron 3 reuniones de aproximadamente 3 horas,

uno en el que el equipo de estudio del Gepuc, en conjunto con el Jefe de Oficina Técnica y las otras 2 reuniones donde participaron los demás integrantes.

Cabe señalar que después de cada reunión efectuada, se entregaban las tareas a realizar para la próxima reunión y se firmaban los acuerdos respectivos en las actas de reunión.

Desarrollo del Nivel 2: Diseño de Flujo de trabajo

El Diseño de flujo de trabajo, tiene por finalidad mantener el ritmo continuo de las diversas tareas realizadas en faena, estableciendo una ventana de tiempo suficiente entre un equipo de cuadrillas y otro. Tratando de asegurar la capacidad de producción e instalación, para lograr un impacto de tiempo positivo en la construcción final del proyecto.

En el primer encuentro se revisaron las decisiones establecidas anteriormente, así como algunas tareas pendientes notándose que no se pudieron cumplir a cabalidad, ya que el Jefe de Oficina Técnica tuvo que realizar otro tipo de actividades para la oficina Central, lo que atrasó el desarrollo normal de lo programado, además nos resaltó la carga de trabajo que significaba realizar las tareas previas a la ejecución del proyecto, dadas estas condiciones a partir de este punto el equipo de estudio del Gepuc, trabajó en conjunto con el Jefe de Oficina Técnica, hasta la obtención del programa final.

Posteriormente, se estableció la descomposición del proyecto en Hitos, estableciéndose 2, Obra Gruesa y Terminaciones debido a las pocas actividades que conforman el proyecto.

Una vez realizada la descomposición se determinó ejecutar el *Phase Scheduling* o técnica de tiro en donde se planteó darle tiempo a las actividades

elegidas dentro del hito 1, para lo cual planificamos las actividades de atrás hacia delante considerando condiciones ideales.

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

Tabla 6-4: Plazos del Proyecto

Plazo General	165 días
Plazo Empresa	150 días
Buffer 10%	14 días
Plazo DSP	136 días

Cabe destacar que este programa fue analizado por el equipo y estando todos de acuerdo se estableció como oficial.

Se desarrollaron las actividades correspondientes al diseño de flujo, por lo que se identificaron 3 zonas de trabajo y se listaron las cubicaciones por sector, determinándose los volúmenes de trabajo en forma independiente asignándole a las actividades de cada zona rendimientos esperados, de acuerdo a las respectivas cuadrillas de trabajo.

Tabla 6-5: Estimación de rendimientos

Actividades Obra Gruesa	Rendimiento Esperado	
Compactación de sello	296	M2/día
Excavación de drenes	15	M3/día
Tapado de drenes	30	M3/día
Excavación de inst.	1,5	M3/día
Instalaciones bajo losa fund.	15	ML/día
Excavación de drenes	15	M3/día
Tapado de drenes	30	M3/día
Excavación de inst.	1,5	M3/día
Instalaciones bajo losa fund.	15	ML/día
Cámaras alcantarillado	1	UN/día
Moldaje pilares	25	M2/día
Hormigón pilares	1,9	M3/día
Descimbre pilares	25	M2/día
Moldaje fondo de vigas	26	ML/día
Enfierradura vigas	250	KG/día

Tabla 6-6: Cubicación unidad repetitiva por sector

Sector	Actividad	Cantidad	Unidad
1	Compactación de sello	665	m2
2	Compactación de sello	888	m2
3	Compactación de sello	665	m2
1	Emp. vigas y dados fund.	22	m3
2	Emp. vigas y dados fund.	29	m3
3	Emp. vigas y dados fund.	22	m3
1	Emplantillado vigas y dados	22	m3
2	Emplantillado vigas y dados	29	m3
3	Emplantillado vigas y dados	22	m3
1	Enfierradura de losa	12260	kg
2	Enfierradura de losa	16873	kg
3	Enfierradura de losa	12260	kg
1	Enfierradura vigas	7.740	kg
2	Enfierradura vigas	9.445	kg
3	Enfierradura vigas	7.740	kg
1	E° doble malla losa fund.	10.207	kg
2	E° doble malla losa fund.	13.243	kg

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

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

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

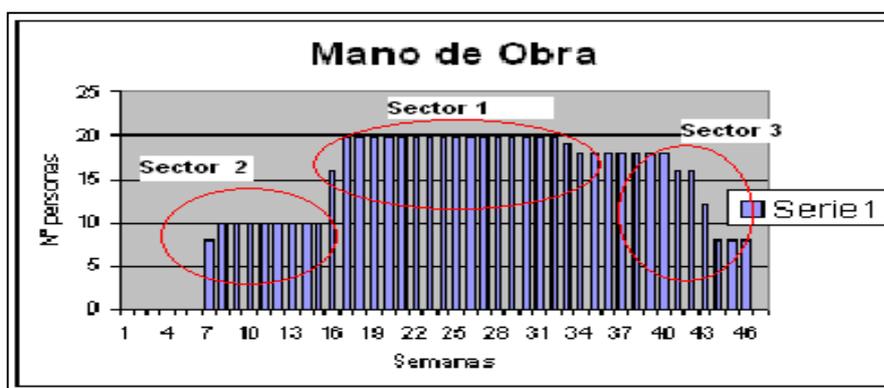


Figura 6-10: Histograma nivelado de recursos

Desarrollo del Nivel 3: Identificación de Procesos Críticos

Identificamos como proceso crítico a aquellas actividades que muestran alguna interferencia en el flujo continuo o las actividades cuyos procedimientos demanden mayor coordinación.

Se identificaron de esta forma la construcción de la losa de fundación, cuyo procedimiento demandaba mayor coordinación, siendo las actividades relacionadas con su ejecución:

1. Excavación de dados y Vigas de Fundación
2. Instalación moldaje para emplantillado
3. Instalación enfierradura de fundación
4. Instalación enfierradura malla dados de fundación
5. Pre-armado enfierradura de pilares

Además, se estimó en general que la enfierradura sería una de las actividades más críticas por lo que se realizó un análisis exhaustivo del proceso de colocación in situ, considerando la producción necesaria y con el ritmo de trabajo establecido se acordó que este material debía ingresar a la obra cada 4 días, para asegurar el cumplimiento de las actividades involucradas, dicha situación fue comunicada al departamento de adquisiciones de oficina central, obteniendo buenos resultados.

Cabe señalar que fue en esta etapa donde se planificaron las listas de chequeo que se emplearían para el control de los procesos.

Desarrollo del Nivel 4: Plan de Ataque

Así mismo, una vez realizado el análisis anterior se obtuvo como resultado una visión detallada de la ejecución de actividades paralelas y aisladas lo cual se representó en un diagrama, adicionalmente se analizó la posible ubicación de la grúa por lo que se determinó ubicarla en la parte central de emplazamiento del proyecto es decir en el sector N ° 2.

Se definieron además las zonas de riesgo con el apoyo del profesional encargado, determinándose zonas de tránsito seguro publicándolas para mayor información.

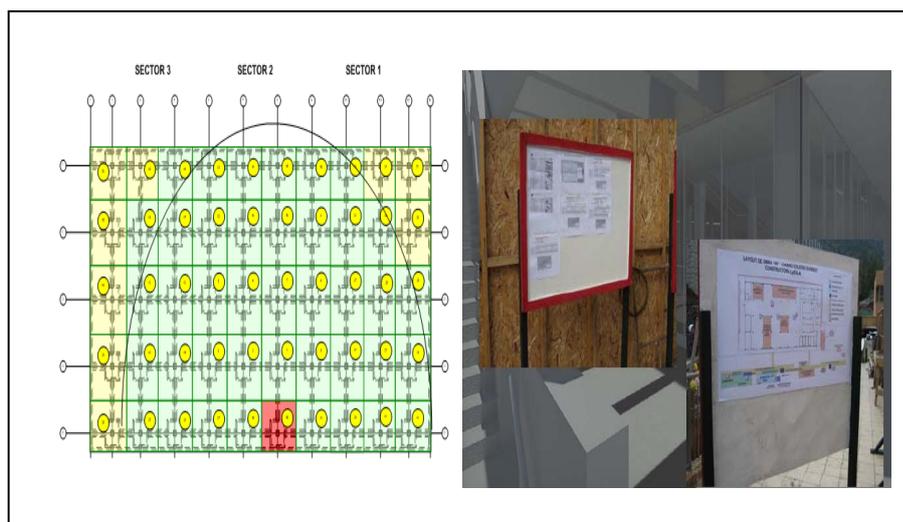


Figura 6-11: Layout de obra

Desarrollo del Nivel 5: Plan de Ataque

En función de la información analizada en los pasos anteriores, se procedió a identificar los materiales críticos como fierro y los *comodities* como el cemento

entre otros, cuantificándolos para el requerimiento, además registrando la cantidad de horas maquina (H-M) de los equipos y maquinarias que se utilizaría a lo largo de la fase.

Se elaboró la programación de materiales y maquinarias en función del requerimiento, criticidad y preservación, llegando a obra el material que realmente se necesitaba es decir, se exigió a los proveedores entregas frecuentes y en las cantidades programadas.

Logrando una mejora en la coordinación entre los despachos y las necesidades reales del proyecto.

- Paso 7: Revisión del programa de Trabajo

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

					PLANIFICACION PRODUCCION DIARIA - OBRA GRUESA OBRA CASINO COLEGIO EVEREST														
ACTIVIDAD	Cubicación	Unidad	Vol. obra programado x recurso	Tipo actividad dep.	SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3						
					L	M	X	J	V	L	M	X	J	V	M	X	J	V	
					08-may	09-may	10-may	11-may	12-may	13-may	14-may	15-may	16-may	17-may	18-may	19-may	20-may	21-may	22-may
					dia 1	dia 2	dia 3	dia 4	dia 5	dia 6	dia 7	dia 8	dia 9	dia 10	dia 11	dia 12	dia 13	dia 14	
Montaje de Crúe																			
Presamado E* de pilares	26904	KG	300.0	K Gola	ENF								2768	3448	3448	3448	3448	3448	2069
Compensación de suelo	998	M2	300.0	M2Mfa	RPO	295	295	295											
Excavación de drenes	42	M3	15.0	M3Mfa	EXC				14	14	14								
Tapado de drenes	42	M3	30.0	M3Mfa	BOB						14	14	14						
Excavación de inst.	14	M3	1.5	M3Mfa	SAN				6	6	3								
Instalaciones bajo losa fund.	28	M3	15.0	M3Mfa	SAN						13	13							
Cámaras acentralizado	1	UN	1.0	UMfa	SAN						1								
Tapado de instalaciones	14	M3	3.5	M3Mfa	JOR						7	7							
Exc. vias y dados fundación	62	M3	10.0	M3Mfa	BOB				7	7	7	7	7	7	7	7			
Emp. vias y dados fund.	20	M3	5.0	M3Mfa	JOR						8	8	3	3	3	3			
Moldaje emparrillado	690	ML	20.0	MLMfa	CAR							84	84	84	84	84	84	84	
Emparrillado vias y dados	20	M3	4.0	M3Mfa	JOR							4	4	4	4	4	4	4	4
Ripio bajo losa fundación	67	M3	5.0	M3Mfa	JOR										15	15	15	15	15
E* malla dedo fundación	4,736	KG	300.0	K Gola	ENF														1184
E* pilares	11,624	KG	1.0	K Gola	ENF														
E* vias de fundación	12,076	KG	200.0	K Gola	ENF														
E* doble malla losa fund.	13,263	KG	300.0	K Gola	ENF														
Hormigón losa de fundación	Sector 2				JOR														
Moldaje pilares	144	M2	20.0	M2Mfa	CAR														
Hormigón pilares	202	M3	1.0	M3Mfa	JOR														
Desmoldaje pilares	144	M2	20.0	M2Mfa	CAR														
Moldaje fondo de vias	328	ML	25.0	MLMfa	CAR														
Enjambres vias	9,485	KG	200.0	K Gola	ENF														
Moldaje losa	993	M2	30.0	M2Mfa	CAR														
Enjambres de losa	10623	KG	300.0	K Gola	ENF														
Hormigón de losa	Sector 2				JOR														

Figura 6-12: Programa de producción diaria por sector

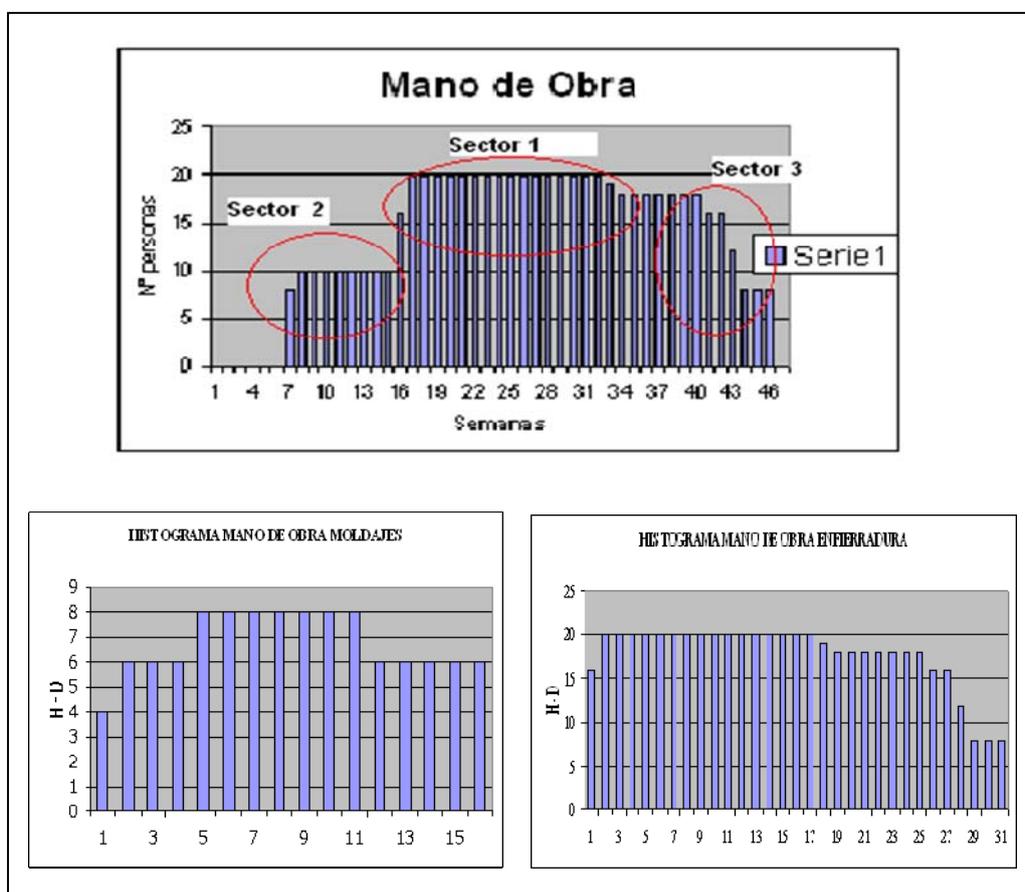


Figura 6-14: Distribución de la mano de obra

6.5.3 Etapa Puesta en Marcha

- **Paso 8: Difusión del Programa a la Gerencia**

Terminado el diseño de Sistema de Producción, se realizó una presentación a la gerencia de la empresa, donde estuvieron presentes el Gerente Técnico, Administradores de Obra de la Empresa, Equipo de Trabajo del Proyecto,

instancia que sirvió para comentar la experiencia vivida y los objetivos alcanzados con la realización de este esfuerzo por parte del equipo del proyecto. Con esta aprobación por parte de la gerencia, el proyecto dio inicio a las actividades de ejecución del programa formal de trabajo.

- **Paso 9: Visitas a Terreno**

Posteriormente, se realizaron visitas a terreno durante 4 semanas para monitorear y recoger información del cumplimiento del programa establecido, de esta manera se pudo verificar en terreno el cumplimiento del ritmo, la productividad y el PAC diario.

Cabe señalar, que uno de los objetivos planteados en esta obra era el de incrementar la productividad por lo que se le puso mucho énfasis y se contrató los servicios de una empresa dedicada a medir la utilización de los tiempos en terreno.

El monitoreo en el proyecto, también tuvo como finalidad verificar la forma en que el Sistema de Producción se integraba al Sistema Último Planificador, por lo que se exhortó a cumplir las decisiones adoptadas inicialmente durante la toma de decisiones.

6.6 Seguimiento y Control

Establecido el programa de Trabajo, el cual tenía 29 días menos presupuestados, se hizo mucho énfasis en la importancia del cumplimiento del plazo contractual ya que no se debía pagar multas por este concepto.

Finalmente el encargado del control de la producción y de realizar el seguimiento de la planificación fue el Jefe de Oficina Técnica, quien se dedicó enteramente a estas funciones, por lo que fue este el responsable de actualizar el

plan en forma diaria, examinar lo establecido en el programa y compararlo con la realidad así como fomentar en reuniones de planificación la proposición de medidas de mejoramiento del proceso.

Del análisis realizado a las actividades críticas se pudo observar, que los rendimientos planificados fueron superados por la ejecución real, lo que trajo como consecuencias reducir la mano de obra y aumentar la producción diaria, una persona fue asignada para verificar en terreno esta situación, es importante señalar el énfasis que se le puso a lo planificado diariamente ya que esta situación generó revertir cualquier condición que dificulte el flujo continuo.

Tabla 6-7: Avance programado por cuadrilla

ACTIVIDAD	Cubicación	Vel. diaria promedio	Promedio compon. x cuadrilla	N° de cuadrillas estimadas	Duración (días)	Avance Diario promedio
Montaje Grúa						
Prearmado PI	6606	350,0 KG/día	6,0	1	3	2100 KG/día
COMP.SELLO	886	300,0 M2/día	1,0	1	3	300 M2/día
EXC. DRENES	42	15,0 M3/día	1,0	1	3	15 M3/día
TAPADO DREN	42	4,0 M3/día	4,0	1	3	16 M3/día
EXC. INST.	14	1,5 M3/día	3,3	1	3	5 M3/día
INST. SANIT.	25	15,0 ML/día	1,0	1	2	15 ML/día
CAMARAS ALC.	1	1,0 UN/día	1,0	1	1	1 UN/día
TAPADO INST.	14	3,5 M3/día	2,0	1	2	7 M3/día
EXC.D.F y V.F.	58	1,5 M3/día	5,0	1	8	7,5 M3/día
EMP.Base D.F y V.F.	29	7,0 M3/día	0,6	1	6	4,5 M3/día
M° D.F. y V.F.						
EMP.D.F y V.F.	29	7,0 M3/día	0,5	1	8	3,5 M3/día
RIPIO.L.F	87	5,0 M3/día	3,0	1	6	15 M3/día
MDF	4.735	300,0 KG/día	4,0	1	4	1200 KG/día
M.PI	11.524	1440,6 KG/día	2,0	1	4	2881 KG/día
V.F.	12.075	250,0 KG/día	8,0	1	6	2000 KG/día
M.L	13.243	300,0 KG/día	7,3	1	6	2200 KG/día
H° LF	Sector 2					

Tabla 6-8: Número de trabajadores proyectados vs reales por actividad crítica

Actividades Críticas	Rendimiento Planificado	Rendimiento Real	Producción diaria Planificada	N° de trabajadores proyectados	N° de trabajadores reales
Prearmado enfierradura de pilares	350 Kg H-D	468 Kg H-D	3000 kg	9	8
Instalación enfierradura malla dados de fundación	300 Kg H-D	562 Kg H-D	1200 kg	4	2
Instalación enfierradura de fundación	250 Kg H-D	492 Kg H-D	2000 kg	8	4
Excavación de dados y Vigas de Fundación	15 MD	15,6 m3 MD	7,5 m3	1	1
Instalación moldaje para emplantillado	40 Kg H-D	37,4 Kg H-D	160 ml	4	4

Tabla 6-9: Producción diaria ejecutada vs planificada

Actividades Críticas	Rendimiento Planificado	Rendimiento Real	Producción diaria Planificada	Producción diaria Ejecutada
Prearmado enfierradura de pilares	350 Kg H-D	468 Kg H-D	3000 kg	4011 kg
Instalación enfierradura malla dados de fundación	300 Kg H-D	562 Kg H-D	1200 kg	2248 kg
Instalación enfierradura de fundación	250 Kg H-D	492 Kg H-D	2000 kg	3936 kg
Excavación de dados y Vigas de Fundación	15 MD	15,6 m3 MD	7,5 m3	8 m3
Instalación moldaje para emplantillado	40 Kg H-D	37,4 Kg H-D	160 ml	150 ml

Adicionalmente, se elaboró la planificación Intermedia para una ventana de tiempo de 6 semanas, lo que permitió listar las restricciones existentes y asignar responsables para su liberación.

		REGISTRO DE PLANIFICACIÓN INTERMEDIA						REVISIÓN		
		OBRA: CASINO COLEGIO EVEREST						FECHA:	26-abr	
								LIBRILLO N°	1	
PERIODO DE ANÁLISIS:		SEMANA 1 a SEMANAS								
ITEM	ACTIVIDAD DE PLANIFICACION	TIPO RESTRICCIÓN						RESTRICIONES	RESPONSABLE	FECHA GESTION
		MANO DE OBRA	MATERIALES EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	DISEÑO	PREEXISTENTES	INFORMACIÓN TÉCNICA	CALIDAD PREVENCIÓN DE RIESGOS			
1	Compactación de sello					X		Solicitud toma muestra y granulometría material sello	A.E	26-abr
2	Compactación de sello						X	Llegada elementos de protección personal obreros	LP.	26-abr
3	Compactación de sello		X					Llegada de cortador de pedriscos en obra	J.A	27-abr
4	Compactación de sello						X	Obtener licencia operador boicot y papales minicargador	E.B	27-abr
5	Compactación de sello						X	Verificar que minicargador cuenta con accesorios seguridad (foco, retrocesos, luces etc.)	LP.	27-abr
6	Compactación de sello		X					Llegada minicargador a obra	E.B	27-abr
7	Compactación de sello	X						Llegada de ripio para etapa compactación sello	J.A	27-abr
8	Compactación de sello				X			Coordinar toma de densidades sello fundación losa	A.E	27-abr
9	Excavación de zanjas alcantarillado	X						Coordinar mano de obra para excavaciones e instalaciones alcantarillado	E.B	27-abr
10	Moldaje enplantillado, pilares, vigas y losa				X			Controlo con EFCO (fijar precios, etc.)	E.B	27-abr
11	Tapado de drenes		X					Llegada de packard y drenajes a obra	J.A	27-abr
12	Tapado de drenes		X					Llegada de madera para anclaje de zanja dren	J.A	27-abr
13	Tapado de instalaciones alcantarillado / Compactación de ripio bajo losa de fundación			X				Llegada placa compactadora a obra	J.A	27-abr
14	Moldaje enplantillado			X				Llegada pedido de moldaje EFCO (para enplantillado)	J.A	02may
15	Moldaje enplantillado		X					Llegada de madera para moldaje de enplantillado	J.A	02may
16	Enferradura losa fundación, pilares, muros y losa	X						Controlo subcontrato enerradores	E.B	02may
17	Enferradura losa fundación, pilares, muros y losa		X					Pedido N° 1 de enerradura (Grúa y pilares prefabricados)	A.E	02may
18	Excavación de fundaciones / Tapado de zanjas drenes y excavaciones	X						Contratar jornales por la casa para faenas de excavaciones y rellenos. (7 jornales mínimo)	C.O.I.T.	03may
19	Moldaje enplantillado, pilares, vigas y losa	X						Contratar subcontrato carpintería metálica (moldaje)	E.B	03may
20	Montaje de enplantillado				X			Enviar programación de IP para enplantillado	J.A	03may
21	Montaje grúa	X						Contratar operador grúa y coordinar fecha inicio	C.O.	04may
22	Montaje grúa		X					Llegada de generador eléctrico para grúa	E.B	04may
23	Tapado de zanjas drenes e instalaciones alcantarillado			X				Llegada arrando vibración a obra (tapado zanjas instalaciones alcantarillado)	J.A	04may
24	Montaje grúa		X					Llegada de derrames para apoyo grúa	J.A	06may
25	Tapado de zanjas drenes e instalaciones alcantarillado	X						Contratar jornales adicionales por la casa para faenas de excavaciones y rellenos. (14 jornales totales)	E.O.H.T.	07may
26	Enferradura losa fundación		X					Llegada de Plastilina 0,4 mm bajo losa de fundación	J.A	08may
27	Enferradura pilares pasados	X						Pedido N° 2 de enerradura (pilares prefabricados)	A.E	08may

Figura 6-15: Registro planificación intermedia

Durante las primeras semanas de trabajo, existieron algunas actividades que retrasaron el cumplimiento total del programa, pero estas actividades no fueron responsabilidad de la empresa, ya que se debe destacar que no hubo retrasos por falta o demora de materiales o equipos, sin embargo fue la falta de mano de obra tanto por parte de los subcontratos como de la empresa lo que no permitió el avance esperado, ya que aún cuando se tomaron medidas al respecto, la mayoría de días fue muy difícil la contratación de la mano de obra, así mismo el factor climático jugó un rol importante debido a las lluvias que impidieron y redujeron la ejecución de actividades planificadas diarias, de todos modos la utilización del tiempo durante la etapa de Obra gruesa demostró que la planificación detallada produjo que el porcentaje de las actividades que agregan valor fuera del orden del 63,5%.

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

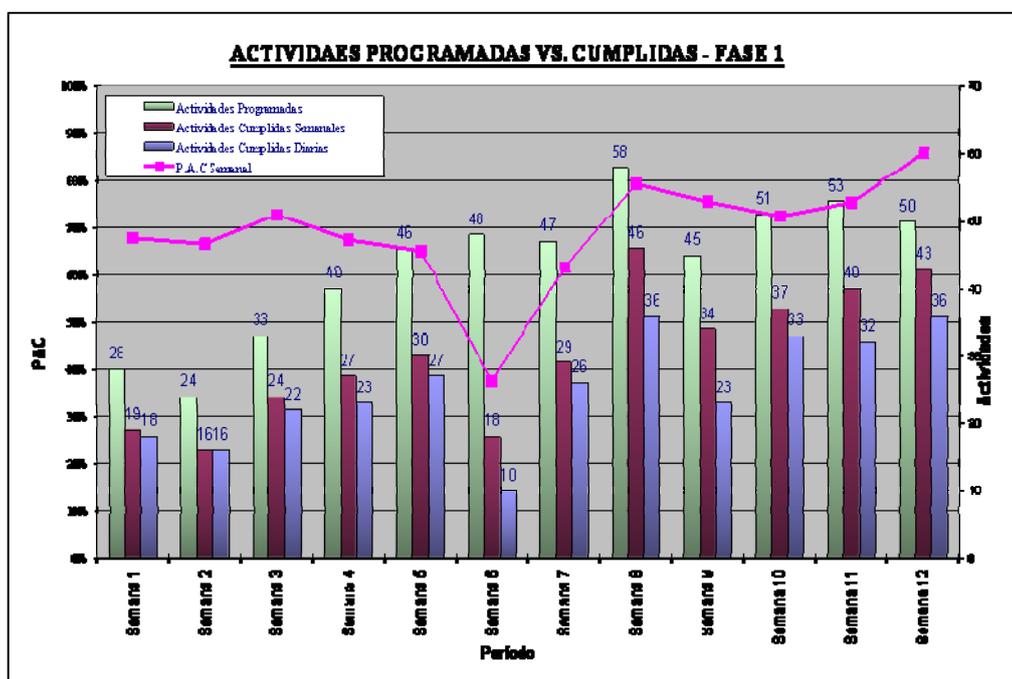


Figura 6-16: Cumplimiento de actividades diarias y semanales vs programadas

La planificación semanal, fue realizada semana a semana en forma rigurosa y puntual involucrando a todos los subcontratos y equipo, el jefe de oficina técnica entregaba los programas en las reuniones de planificación, para la nueva semana y se revisaba el cumplimiento de la semana anterior, se usaron *layouts* para explicar la información ya que la obra siempre estuvo dividida en sectores y como en algunas reuniones se incorporaban nuevos subcontratos era justo entregarles más claridad.

Las reuniones de planificación, se realizaban todos los jueves a las 9:00 am y tenían una duración aproximada de 2 horas, no obstante algunos subcontratos eran liberados en menor tiempo en ciertas ocasiones ya que en ese momento su presencia era fundamental en terreno.

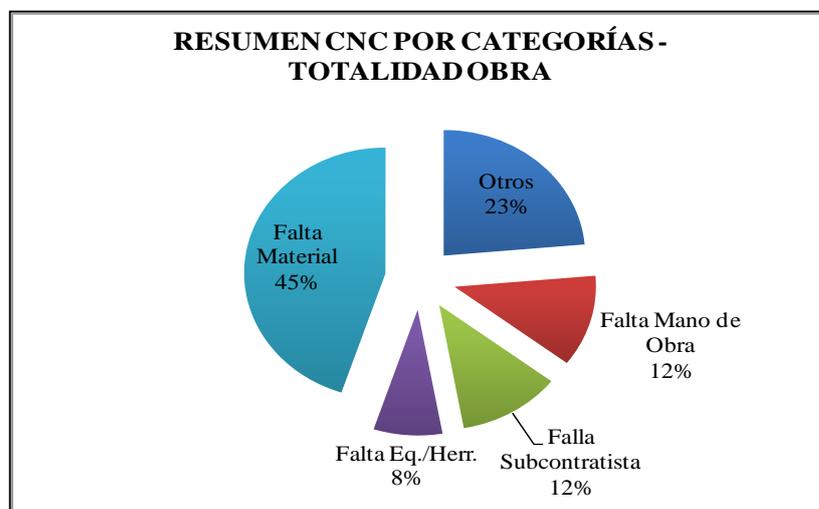


Figura 6-18: Causas de no cumplimiento más frecuentes

Haciendo un análisis de las causas de no cumplimiento, se puede ver que los resultados demuestran que los principales problemas de producción del proyecto se dieron por factores fortuitos climáticos, ya que el proyecto fue ejecutado en invierno, siendo afectada por la lluvia y la nieve.

Se pudo verificar además, que existieron atrasos en el inicio de ciertas actividades como emplantillado y fundaciones por falta de mano de obra aún cuando se previno con antelación, esta fue una variable que no se pudo controlar totalmente, debido a que la lejanía de la obra hacia que los recursos tales como jornales, no vieran el proyecto de manera atractiva de igual modo, esta situación no generó incertidumbre en el proyecto ya que las causas de no cumplimiento por este factor fueron puntuales en 3 semanas.

Adicionalmente, lo que sí generó el incumplimiento de partidas importantes, fue la lenta contratación que se hizo de los subcontratos, así como las reiteradas ausencias de mano de obra por lo que en algunas ocasiones, fue personal

de la empresa quien apoyo al subcontrato especialmente en el término de las instalaciones de alcantarillado del sector N°1, ya que se produjo el atraso en el inicio de las actividades de excavación, emplantillado y moldaje del mismo sector.

Con respecto a la falta de materiales, esto se dio debido a una demora existente por parte de oficina central, y fue algo puntual con el proveedor de los materiales de las instalaciones sanitarias

Las causas de no cumplimiento, registradas por motivos de equipos se debieron a las fallas en los mini cargadores, durante las primeras semanas de ejecución de la obra.

Este proyecto, no generó atrasos por cambios en el proyecto, ya que la estrategia de ejecución siempre estuvo definida, así mismo no existieron problemas por mala estimación de los recursos debido a que como el control era diario, si se detectaba esto se revertía inmediatamente la situación por lo que no generaba un atraso.

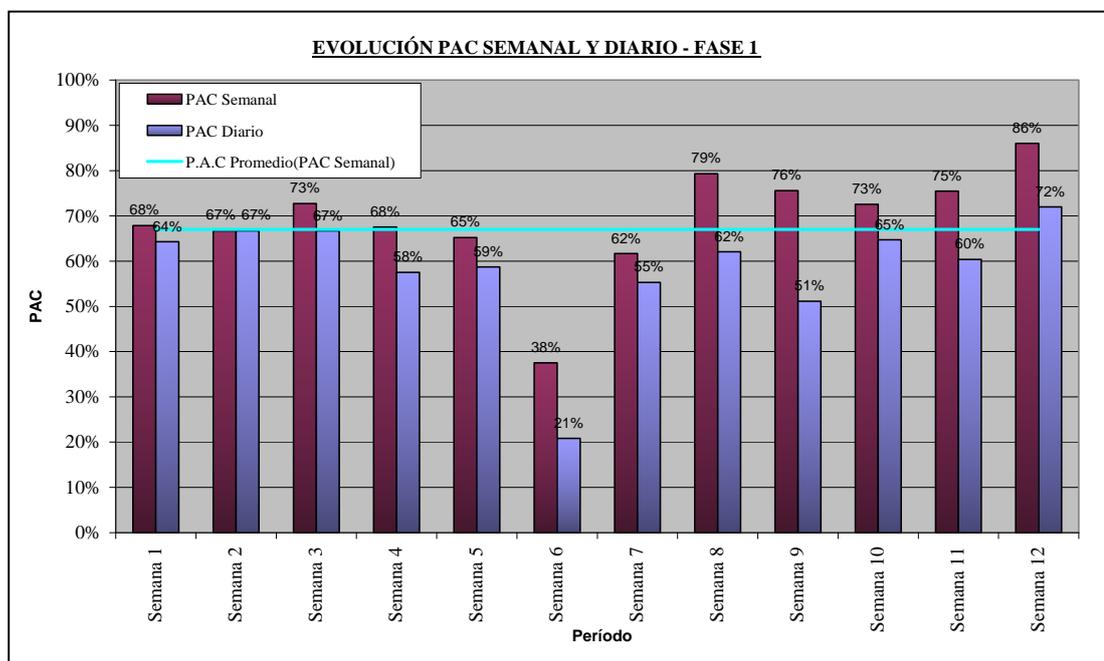


Figura 6-19: PAC Promedio Fase 1

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

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

Finalmente, la fase 1 no fue cumplido de acuerdo a los plazos establecidos en el programa de trabajo producto del DSP, sin embargo se cumplió de acuerdo al plazo contractual. El porcentaje promedio de PAC diario, de la fase de Obra gruesa fue de 67% y el PAC diario de 60% esta fase concluyó en 87 días y estaba planificado en 77 días siendo el plazo contractual de 90 días, por lo que no los resultados fueron satisfactorios.

Tabla 6-10: Evaluación de los plazos definidos inicialmente

Plazo Contractual	90 días
Plazo Programa Inicial	90 días
Plazo Programa DSP	77 días
Término Real	87 días
Atrazo Programa Inicial	No hubo
Atrazo Programa DSP	10 días
Cumplimiento del Plazo	Si

De los resultados obtenidos tenemos que la Fase 1: Obra Gruesa, constituía el 41,96% del total del Proyecto, por lo que dada la experiencia inicial se tuvo mayor control al momento de diseñar la Fase 2, donde se ajustó mas la planificación y se estableció un Buffer del 20% al inicio, obteniéndose un PAC semanal promedio igual a: 71% y un PAC diario de 56%.



Figura 6-20: Control final del programa de producción

Con respecto a los niveles de productividad alcanzados, esta obra presentó niveles de actividades que agregan valor del orden del 63,5 % superior a lo encontrado en otros proyectos de la misma empresa, donde se manejan porcentajes entre 40% y 55%.

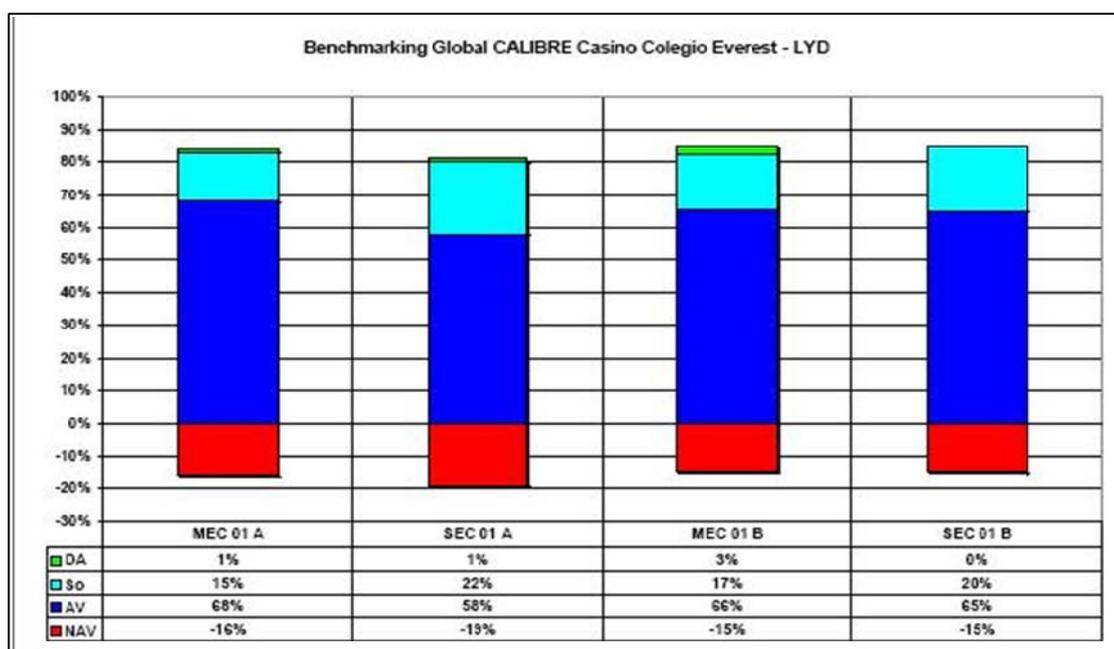


Figura 6-21: Porcentaje de distribución de actividades en terreno

Cabe señalar que el hito 1, concluyó en forma exitosa cumpliendo en general los plazos y objetivos establecidos.

7. VALIDACIÓN Y ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA DE MEJORAMIENTO

7.1 Análisis de los resultados de la Implementación

Cabe destacar que en la Empresa Final donde se trabajó, no existieron mayores problemas en la implementación, ya que la gerencia colaboró con el equipo de estudio del Gepuc, además que esta empresa tenía claro el buen resultado que lograría una mejora en la Gestión de Producción.

Sin embargo, al inicio el Administrador de la Obra mostró desinterés en el tema, ya que no asistía a las reuniones programadas de coordinación, no obstante nos repetía el gran apoyo que nos entregaba, por lo que se comentó esta realidad a la gerencia revirtiéndose la situación, motivo por cual se realizaron nuevamente los primeros encuentros con la presencia de dicho profesional.

Se pudo verificar en terreno, que la implementación fue llevada a cabo en forma rigurosa con todos los trabajadores de la empresa, cumpliendo a cabalidad los compromisos asumidos tanto día a día como semana a semana.

La existencia de un jefe de oficina técnica, fue un factor importante en el desarrollo de las actividades de la implementación, debido a que este se posicionó como el líder del proyecto en cuanto a control y planificación se refiriese.

La propuesta de trabajo, fue adoptada por la empresa constructora como parte fundamental de la gerencia de proyectos.

Además, durante la ejecución del proyecto se pudo complementar la realización de las tareas correspondientes al Último Planificador debido a que se generó un plan maestro que fue un programa formal de trabajo lo que facilitó la ejecución de un plan intermedio y la introducción de la gestión de restricciones, de

manera que la planificación de la producción fue representada en terreno, como la ejecución de las decisiones establecidas y desarrolladas en un diseño previo de la producción.

Adicionalmente, existió una limitante importante que fue la gestión de los subcontratos, ya que se puede decir que estos no formaron parte de la planificación inicial, como se había propuesto en la metodología, esto debido a la tardía contratación y rotación que existió en el proyecto, lo que impedía garantizar el compromiso con el programa diseñado.

Por otro lado, se pretendió utilizar la misma metodología en otros proyectos de construcción, no teniendo ninguna oportunidad de éxito, ya que en ambos no existió un compromiso ni interés real en el mejoramiento de la gestión de la producción, por parte de la gerencia ni de la Administración de los proyectos.

Se pudo comprobar además, que no existía una claridad acerca de lo que significaba el desarrollo de una estructura formal de trabajo. Los profesionales de terreno no consideraban de mucha utilidad la aplicación de las técnicas de mejoramiento de los procesos planteados, a pesar de conocer el éxito del uso del Sistema Último Planificador, situación que no era desconocida para nosotros después de realizar el diagnóstico de la situación real de los Sistemas de Producción.

No existió un real compromiso por ejecutar el proyecto en menor tiempo o por cumplir los plazos, ya que una de las obras se encontraba en plena ejecución y mantenía un atraso equivalente al 30%, por lo que ya se había generado la filosofía de trabajar al día a día y no anticiparse ante alguna dificultad existente, priorizando el enfoque en la ejecución de la producción más que la administración de la misma.

Además ambas empresas no habían trabajado anteriormente con el Sistema Último Planificador, por lo que se complicó aún más encontrar apoyo de los profesionales, ya que no tenían experiencia en la planificación en equipo y el cumplimiento de compromisos. Sin mencionar el bajo nivel de conocimiento que tenían acerca de la filosofía *Lean*.

a) Empresa de Servicios- Área Minería

En la empresa de servicios de minería, se realizaron visitas de 8 horas durante 4 semanas sin embargo el gerente del proyecto no respetaba el trabajo realizado y semana a semana generaba un programa nuevo, por lo que era imposible continuar con la metodología de mejoramiento del diseño de Sistema de Producción y replantear el programa existente. Se debe mencionar también que la entrega de información por parte de la gerencia fue bastante limitada y restringida. A pesar de ello se realizó un programa de trabajo, el cual nunca fue validado por la gerencia.

Se debe añadir que la implementación del sistema Último Planificador se estaba dando en forma paralela, situación que gatilló la implementación, ya que esta situación causó un impacto mayor.

b) Empresa Contratista- Área Construcción

En esta empresa constructora, se realizaron visitas durante 6 semanas entregándoles a los profesionales de terreno, diversas herramientas para el desarrollo del flujo de producción, ya que dadas las circunstancias no se aplicaría la propuesta de mejoramiento en su totalidad, adicionalmente se establecieron las tareas a desarrollar como por ejemplo, cubicaciones detalladas o rendimientos esperados de ciertas actividades concebidas como críticas, a pesar de ello el equipo

no entregó ningún tipo de información solicitada para el mejoramiento su Sistema de Producción.

7.1.1 Barreras en la Implementación

- En ambos proyectos descritos, como casos fallidos, no existió un compromiso ni interés real en el mejoramiento del proceso de planificación de la producción, por parte de la gerencia ni de la Administración de los proyectos.
- Se estableció una situación inicial, proponiendo medidas correctivas sin que se tuviera una respuesta adecuada.
- Dichas empresas, tenían como prioridad el enfoque en la producción, dejando de lado la gestión del proyecto.
- La entrega de información por parte de estos proyectos era limitada y restringida.
- Ambas empresas, no habían trabajado anteriormente con el Sistema Último Planificador,
- Presentaban bajo nivel de conocimiento acerca de la filosofía *Lean*.
- Se realizó la implementación del sistema Último Planificador en forma paralela, situación que gatilló la implementación del DSP, ya que esta situación causó un impacto mayor impacto.
- Incumplimiento de tareas por parte de los profesionales de los proyectos.
- Inexistencia de un profesional a cargo de la planificación y liderazgo del proceso.

Por otro lado, la implementación de la metodología propuesta en el caso de estudio final, mejoró el desempeño del proyecto, y aún cuando inicialmente existieron barreras tales como la falta de confianza, cumplimiento por parte del

equipo de trabajo, se puede decir que la implementación cumplió sus objetivos y se demostró la gran utilidad de la planeación anticipada de actividades.

A continuación, se muestra el cambio de visión inicial de los integrantes del equipo de trabajo del caso de estudio final, notándose los profesionales de terreno cambiaron la percepción acerca del proceso de planificación y control.

Tabla 7-1: Visión inicial vs visión final del DSP

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

7.1.2 Costos de la Implementación

Para llevar a cabo esta propuesta de mejoramiento, existieron algunos costos asociados al tiempo invertido en capacitación y dedicación que se demandaron, por lo que la presencia de un ingeniero de Planificación y Control de Producción a tiempo completo durante el Diseño de Sistema de Producción fue fundamental.

Para replicar esta experiencia, sería necesaria la contratación de un equipo de trabajo, con un mes de anticipación a la ejecución de los trabajos en terreno.

Se utilizó la información referente a los costos HH de los profesionales involucrados, de acuerdo a la fecha de presentación de esta investigación, considerando el valor de UF para el día 15 de Enero del 2010.

Tabla 7- 2: Costos del Proceso de Diseño de Sistema de Producción

Personal Involucrado	Competencias y Funciones	Costo Mensual (UF)	HH Diarias	Cant. de Días	Costo HH (UF)	Costo Total (UF)
1 Coordinador de Proyecto	Ingeniero Civil, con mención en Gestión de la Construcción con al menos 5 años de experiencia, que pueda capacitar al equipo en temas relacionados con la planificación y las técnicas de mejoramiento de procesos.	143,5389	9	20	0,7974	143,54
1 Jefe de Oficina Técnica	Ingeniero Civil con al menos 5 años de experiencia en Planificación y Control de la Producción, que sea capaz de liderar el proceso en funcionamiento.	71,7694	9	20	0,3987	71,77
1 Asistente de Oficina Técnica	Ingeniero Civil o Constructor Civil, recién egresado que realice las cubriciones necesarias.	23,9231	9	20	0,1329	23,92
1 Administrador de Obra	Ingeniero Civil con al menos 5 años de experiencia, para que realice las tareas de gestión del Proyecto y analice de manera estratégica el inicio de las actividades.	119,6157	5	20	0,6645	66,45
1 Jefe de Obra	Constructor civil con al menos 5 años de experiencia, que participe en la toma de decisiones y factibilidad técnica de alternativas de construcción.	47,8463	5	20	0,2658	26,58
1 Prevencionista de Riesgo	Profesional o Técnico con al menos 2 años de experiencia, que participe en la toma de decisiones y factibilidad técnica de alternativas de construcción.	21,5308	4	20	0,1196	9,57
					Total UF	341,84
					Total PESOS	7.144.444,44

7.2 Lecciones Aprendidas

Se pudieron recopilar las lecciones aprendidas de la aplicación de este caso de estudio, con resultados positivos y de los intentos fallidos, los cuales ayudaron a identificar las condiciones necesarias para la aplicación de la metodología propuesta.

- Para que las personas se sientan involucradas con el proyecto, es necesario explicarles lo fundamental que es su aporte y hacerlos intervenir en la toma de decisiones.
- La actitud de los profesionales, ante un nuevo enfoque de gestión de proyectos debe ser amplia.
- Se debe capacitar a las personas antes de iniciar con la implementación de la propuesta de mejoramiento.
- El compromiso y liderazgo frente al proceso de planificación de la producción, debe ser visible y conocido por todo el equipo.
- El nivel de detalle de la planificación inicial desarrollada, causa en un primer momento molestia e incomodidad.
- Se debe asignar funciones de planificación a la oficina técnica del proyecto, y no al administrador.
- Existen distintas motivaciones en el equipo, respecto a la utilidad de realizar un adecuado Sistema de Producción ya que se prioriza el trabajo independiente y no se vela por el cumplimiento de los objetivos del proyecto, por ello es necesario crear una sinergia antes del inicio de la ejecución de las diversas actividades.

- El interés y apoyo de la gerencia fue un motor fundamental, para que los integrantes del equipo inviertan su atención y tiempo en la obtención de resultados positivos.

7.3 Análisis estratégico de la Propuesta de mejoramiento

Habiendo finalizado el proceso de implementación de la propuesta de mejoramiento del Sistema de Producción se pretende analizarlo, determinando cuales fueron las fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades encontradas.

Tabla 7-3: Fortalezas vs Debilidades

Fortalezas	Debilidades
Puede ser implementado en distintos proyectos de ingeniería.	Es indispensable que la empresa, posea experiencia en la aplicación del Sistema Último Planificador.
Existen empresas interesadas en mejorar la administración de sus procesos.	Existe miedo al fracaso y resistencia al cambio.
Menores costos, asociados a la baja incertidumbre.	Inversión inicial de tiempo mucho mayor que lo tradicional.
Incrementa la coordinación y comunicación dentro del proyecto.	Necesaria Estructura organizacional que se dedique exclusivamente a la producción
Los resultados son alentadores.	Los resultados no se ven en forma inmediata.

Tabla 7-4: Amenazas vs oportunidades

Amenazas	Oportunidades
Algunas empresas consideran primordial un programa y no un plan de trabajo.	La implementación no genera mayores costos.
La deficiente formación de los profesionales en temas de planificación y gestión.	Demanda de profesionales calificados, capaces de abordar y controlar en forma eficiente un proyecto.
Puede perder la efectividad deseada, no cumpliéndose a cabalidad todos los pasos de la metodología propuesta.	La creación de una metodología que mejore el desempeño del proyecto, puede ser atractiva.
Empresas presentan otras necesidades y prioridades por atender.	Mejores estándares de trabajo y un valor agregado para las empresas.

		<p>¿Cuáles son los PUNTOS FUERTES?</p> <p>¿Diferencias Competitivas, ventajas de esta propuesta?</p>	<p>¿Cuáles son los PUNTOS DEBILES?</p>
		<p>Busca mejorar el sistema de planificación utilizando técnicas de mejoramiento de procesos</p> 	<p>Resistencia al cambio, Inversión inicial de tiempo mucho mayor que lo tradicional.</p> 
<p>¿Cuáles son las OPORTUNIDADES que podremos explorar?</p>	<p>Mayor demanda de transferencia del conocimiento generado en la Universidad a la sociedad. Existen empresas interesadas en mejorar la administración de sus procesos.</p>	<p>¿Cómo los PUNTOS FUERTES PUEDEN SER UTILIZADOS PARA DESARROLLAR OPORTUNIDADES?</p>	<p>¿Cómo podemos superar las DEBILIDADES para desarrollar OPORTUNIDADES?</p>
		<p>Difundiendo a las empresas los beneficios logrados implementando la metodología de Mejoramiento de los Sistemas de Producción.</p>	<p>Logrando que la gerencia se comprometa y establezca como prioridad mejorar el proceso de planificación.</p>
<p>Cuáles son los puntos que AMENAZAN a nuestras oportunidades de éxito en la implementación</p>	<p>No se ven los resultados en forma inmediata Empresas presentan nuevas necesidades por atender.</p>	<p>¿Cómo podemos utilizar los PUNTOS FUERTES para minimizar las AMENAZAS que nos impiden alcanzar nuestros objetivos?</p>	<p>¿Cómo superar las DEBILIDADES para minimizar las AMENAZAS que nos impiden alcanzar nuestros objetivos?</p>
		<p>Estableciendo que la necesidad de una adecuada planificación es la base para mejorar la Gestión de la producción.</p>	<p>Desarrollar un trabajo en conjunto paso a paso, implementando la metodología propuesta y siendo soporte para el cumplimiento de tareas asignadas.</p>

Figura 7-1: Análisis FODA

8. CONCLUSIONES

En este capítulo se presentan las conclusiones obtenidas durante el desarrollo de la investigación. Primero, la revisión de las hipótesis y objetivos planteados y finalmente se plantean recomendaciones.

8.1 Revisión de hipótesis y cumplimiento de objetivos

Durante el desarrollo de la presente investigación, se logró identificar la situación actual de los Sistema de Producción en Chile, teniendo como antecedente que diseñar eficientemente un adecuado Sistema de Producción y más aún cumplirlo en los proyectos de construcción, es un tema de interés a nivel mundial, por lo que existen diversas investigaciones que tratan en forma puntual de contribuir a mejorar este escenario, estudiando y proponiendo mejoras en la Gestión de proyectos, desarrollando metodologías aplicables y sustentables acordes con la realidad de la industria de la construcción.

Además, se pudieron comprobar las hipótesis planteadas al inicio de la investigación, llegando a la conclusión que en los proyectos de construcción, no existe de manera formal un diseño de Sistema de Producción así mismo, la aplicación de la propuesta de mejoramiento desarrollada, contribuyó a mejorar el desempeño y control de las actividades planificadas.

La metodología de evaluación diseñada, se enfocó en revisar los aspectos más importantes que debe de considerar un Sistema de Producción por lo que se analizaron cinco variables, que fueron: a) Administración de la Producción, b) Actividades de Producción, c) Suministro y Utilización de Recursos, d) Organización del Proyecto y finalmente para alinearnos con la filosofía *Lean*

Construction se analizó el cumplimiento de las actividades que comprende el Sistema Último Planificador.

Así mismo, terminada la descripción de los aspectos revisados, se procedió a realizar un diagnóstico para conocer la situación actual, por lo que se analizaron: a) las principales oportunidades de mejoramiento encontradas, b) los indicadores de control de desempeño, c) la evaluación de los Sistemas de Producción por parte de los involucrados y d) los problemas detectados para el diseño correspondiente.

De esta evaluación y diagnóstico, se pudo comprobar la inexistencia de un diseño formal de Sistema de Producción además, de que es una situación a priori conocida y aceptada por los participantes del Proyecto, de igual forma se pudo visualizar la baja productividad producto de una inadecuada organización así como la falta de rigurosidad en el control del cumplimiento de los programas de trabajo.

Se observó además, el bajo nivel de involucramiento del personal encargado de la ejecución del proyecto en el diseño de los Sistemas de Producción, lo cual difiere en la mayoría de los aspectos en más del 50 % de tiempo de dedicación que se entrega, así mismo otros problemas detectados fueron: a) la deficiente representación gráfica de la secuencia constructiva, b) la deficiente distribución de los materiales en terreno, c) los índices elevados de rotación de personal, d) la distribución de recursos por cancha disponible (enfoque *push*), e) la ausencia de un plan intermedio f) el plan maestro solo por cumplir y finalmente e) la falta de rigurosidad en el control de las actividades de producción.

La implementación de esta metodología de evaluación, no resultó ser fácil ya que el manejo de la información fue en muchas ocasiones de carácter confidencial, lo que generó atrasos en el procesamiento de los datos obtenidos (PAC, Presupuesto, Causas de No cumplimiento, programas iniciales, definición de funciones, entre otros).

Los casos de estudio analizados, nos dieron como antecedente que todavía algunos proyectos siguen trabajando bajo la filosofía tradicional de producción, y que son las personas quienes con sus paradigmas clásicos, dificultan todo proceso de cambio y mejoramiento.

Bajo este escenario, de resultados poco alentadores se analizó la forma de desarrollar una propuesta de mejoramiento a los Sistemas de Producción, tomando como base los resultados de los casos exploratorios y la teoría *Lean*, marco teórico de esta investigación, por lo que se buscó que el mejoramiento de los Sistemas de Producción se complemente con la utilización del Sistema Último Planificador.

En este contexto, se trabajó la definición de cuáles serían las técnicas de mejoramiento que se utilizarían, así como la modelación final de los elementos del Sistema de Producción, la integración con el último Planificador y cuál sería la estrategia de implementación.

La principal preocupación era desarrollar una metodología que fuera capaz de crear la base para el mejoramiento continuo, así como que pueda contribuir a optimizar el desempeño y control de las actividades planificadas, es así como surge la Propuesta de Mejoramiento.

Por lo que se implementó en un proyecto real de construcción, desde la etapa inicial, obteniéndose una serie de resultados satisfactorios, entre ellos se destacan:

1. Se pudieron visualizar algunos problemas potenciales y prevenir sus posibles consecuencias, porque se estudio la continuidad del flujo de trabajo.
2. Se pudieron identificar los objetivos reales del proyecto generando un impacto positivo ya que todo el equipo trabajaba con una meta en común.

3. Las técnicas de mejoramiento empleadas, contribuyeron a que el Sistema de Producción se integre al Sistema último Planificador potenciando el uso de la planificación intermedia y la gestión de restricciones.
4. La implementación de este modelo de DSP contribuyó a reducir la improvisación existente en el proceso de planificación y manejar la incertidumbre controlándola a lo largo de la etapa de ejecución.
5. La propuesta de mejoramiento, contribuyó a visualizar el proceso de planificación en forma estratégica mejorando el nivel de las tareas ejecutadas al diseñarlas considerando la repetitividad existente.
6. Se pudo comprobar que un adecuado Sistema de Producción crea la plataforma para incrementar y mejorar el nivel de control existente en un proyecto y proponer en forma efectiva medidas de mejoramiento.

Es importante mencionar, que se obtuvo éxito en la implementación de esta metodología, a pesar de las diversas barreras existentes, tal como se comentó en el capítulo 7, sin embargo se desarrolló para ello un trabajo colaborativo con el equipo del proyecto y la dirección superior, invirtiéndose mucho tiempo.

Los objetivos cuantitativos trazados inicialmente por el proyecto durante el Diseño del Sistema de Producción fueron alcanzados, siendo los más representativos el cumplimiento de plazo, PAC, disminución de trabajos rehechos y una acertada evaluación por parte del mandante.

Tabla 8-1: Resultados Cuantitativos Implementación Propuesta de Mejoramiento

OBJETIVO	META	INDICADOR	DATOS	RESULTADO FINAL FASE 1
Cumplir con plazo de ejecución contractual	≥ 1.0	Avance Contractual/Avance Real	Porcentaje de avance real según planificación maestra y avance planificado a la	1,03%
Disminuir los trabajos rehechos	$\leq 0.25\%$	Sumatoria de montos de trabajos rehechos (\$) / Costo Directo del Proyecto (\$)	Montos de trabajos rehechos (\$) y costo directo estudiado para el proyecto (\$)	22%
Lograr un PAC promedio mayor a 65%	$\geq 65\%$	Promedio PAC semanal de la obra (%)	PAC semanal de la obra	67%
Lograr una variabilidad del PAC menor a un 10%	$\leq 10\%$	Promedio de la desviación estándar del PAC de las últimas 5 semanas	Desviación estándar del PAC de las últimas 5 semanas	8%
Lograr una calificación de la ITO mayor a 65%	$\geq 65\%$	Encuesta satisfacción del cliente - representante del mandante (%)	Encuesta al ITO y/o al Jefe de Proyecto (si corresponde)	70%

La adecuada utilización del tiempo en terreno, superó positivamente en más del 10% los niveles normales de las obras que comúnmente ejecuta la empresa dando como resultados que las actividades que agregan valor superaban el 65%.

Se generó una participación más activa del equipo de trabajo, mejorando los flujos de comunicación, del mismo modo se logró que los subcontratos sean más eficientes y preocupados, situación que se demostró con la asidua asistencia a las reuniones de planificación, y las actitudes positivas para cumplir los plazos es decir que se formó una sinergia importante en el equipo del proyecto.

A pesar de la colaboración de los subcontratos, no podemos dejar de mencionar que los cambios constantes de contratación de estos en el proyecto causaron trabajos rehechos y pérdidas del ritmo adoptado en la ejecución de la obra.

Se eliminó la fuerte variabilidad de contratación de mano de obra, para la ejecución de los trabajos, reduciendo con eso pérdidas en el proyecto y actividades que no agregan valor.

Se mejoró la forma de adquisición de materiales, ya que se pidieron con mayor antelación que en proyectos anteriores, obteniendo una respuesta acertada de la oficina central por lo que la llegada a obra de los materiales se realizó en forma ordenada y puntual de acuerdo a lo realmente requerido.

Se eliminaron las causas de no cumplimiento por mala planificación, falta de cancha y cambios en la secuencia constructiva, situación que de acuerdo a la evaluación incidía en mayor valor al retraso del proyecto.

Uno de los factores más importantes, para la culminación satisfactoria del último caso de estudio tanto en el diseño como en el control, fue el compromiso y liderazgo frente al proceso que asumió por parte del Jefe de Oficina Técnica.

Se logró mejorar la forma habitual de atender un proyecto, ya que se estudió y analizó con detenimiento las diversas actividades que comprende un Sistema de Producción dejándose de lado la intuición, usándose la experiencia del equipo de trabajo para el desarrollo de soluciones proactivas.

Finalmente, la empresa observó que el trabajo desarrollado no era ajeno a sus actividades habituales de planeación no obstante reconocieron que el inicio vertiginoso de un proyecto ocasiona los problemas posteriores de ejecución y no

cumplimiento de los plazos, situación que puede ser revertida dedicándose como máximo 1 mes para el análisis y coordinación respectiva.

8.2 Recomendaciones

Considerando, este estudio como un acercamiento a los Sistemas de Producción en la construcción, se sugiere continuar investigando este tema y seguir proponiendo mejoras al diseño de los Sistemas de Producción.

En general para mejorar los Sistemas de Producción, se deben tomar siempre en consideración las condiciones iniciales y peculiaridades de la industria de la construcción.

Es importante iniciar el Diseño del Sistema de Producción en forma anticipada y por el equipo que estará ejecutando el proyecto, definiendo roles y tareas para una adecuada coordinación.

Así mismo se sugiere, complementar este trabajo con una metodología capaz de manejar la variabilidad en la contratación de los subcontratos, ya que se pudo comprobar que los cambios constantes generan pérdidas y atrasos en el desarrollo normal de los proyectos.

Además, incorporar de manera más detallada, los conceptos de gestión de calidad en la planeación inicial como proceso complementario, ya que podría generar un impacto mayor en el desempeño del proyecto.

Integrar el control del Sistema de Producción, con la entrega de incentivos por cumplimiento podría generar un clima de mayor participación por parte de los trabajadores.

Documentar y actualizar las experiencias de implementación de acuerdo a los resultados de ejecución, como parte de la Gestión del Conocimiento y crear un

documento operativo de trabajo, el cual pueda ser utilizado por cualquier equipo al asumir un proyecto, con la finalidad de no repetir técnicas y/o información fallida.

Finalmente, para incentivar el diseño de un Sistema de Producción es necesario, presentar a otras empresas los beneficios obtenidos con la implementación de la metodología de mejoramiento, además de promover la utilización de los principios y técnicas de mejoramiento *Lean*.

BIBLIOGRAFÍA

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

Alarcón, L.F. y Diethelm, S (2001) “Organizing to Introduce Lean Practices in Construction Companies”. *International Group for Lean Construction 9th Conference*, National University of Singapore, Singapore, August, 2001.

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

Arroyo, P., (2007). *Diseño de un sistema Web para optimización de procesos en la industria de la construcción mediante el uso de herramientas de simulación*. Tesis de Magíster en Ciencias de la Ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

Arbulu, R., Koerckel, A. y Espana F. (2005). Linking Production-Level Workflow With Materials Supply. *Proceedings of the 13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Sidney, Australia 18-20 July 2005.

Ashley, D., Lurie, O. y Jaselskis, E. (1987) Determinants of construction Project Success. ASCE, *Journal Constuction. Engineering and Management*. 28 (2) 69-79.

Adam JR. E y Ebert, R. (1991) *Administración de la Producción y las Operaciones*. Prentice-Hall Hispanoamericana, Cuarta edición. México.

Arbones, E. (1991). *Ingeniería de Sistemas*. Editorial Marcombo S. A. Barcelona, España.

Arnoletto, E (2007) *Administración de la producción como ventaja competitiva*. Edición electrónica gratuita. Texto completo en www.eumed.net/libros/2007b/299/

Ballard, G. (1997) Lookahead planning: the missing link in production control. *Proceedings 5th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Griffith University, Gold Coast, Australia. July, 1997.

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

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

Ballard, G. (2001) Cycle Time Reduction in Home Building. *Proceedings Of The 9th Annual Conference Of The International Group For Lean Construction*, National University Of Singapore, August, 2001

Ballard, G. y Howell, G. (1998a). Shielding production: Essential step in production control. *Journal of Management in Engineering* 11–17.

Ballard, G y Howell, G. (1998b) What Kind of Production is Construction. *Proceedings 6th Annual conference of international Group for Lean Construction*, Guarujá, Brazil, August 1998.

Ballard, G. y Howell, G. (2003). “Un update on Last Planner”. *Paper presented to 11th Annual Conference of International Group on Lean Construction*, Virginia, USA, July 22-24, 2003.

Ballard G. (1999b) Improving Work Flow Reliability. *Proceeding 7th Annual Conference International Group Of Lean Construction*. Berkley, C.A, July 26-28 -1999

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

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

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

Ballard, G., Koskela, L., Howell y G., Zabelle, T. (2001) Production System Design in construction. *Paper presented to nineth Annual Conference of International Group on Lean Construction*, Singapore, August 2001.

Betanzo, C. (2003) *Metodología de Reducción de Tiempos en Obras Repetitivas*. Tesis de Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

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

Bertelsen, S. y Koskela, L. (2004) Construction beyond lean: a new understanding of construction management. *Proceedings of the 12th Annual conference of international Group for Lean Construction*.Denmark August 2004.

- Carbajal, L. (1992) *La Lectura: Metodología y Técnica*. 8va Edición. FAID. Colombia.
- Chase, R, Aquilano, N. y Jacobs, R. (2000) *Administración de Producción y Operaciones*. Editorial Mc Graw Hill. Interamericana S.A. 2000.
- Chase, R., Aquilano N. y Jacobs R. (2004) *Administración de Producción y Operaciones*. Mc Graw Hill Interamericana, Octava edición, Bogotá, 2000
- Corbetta, P. (2007) *Metodologías y Técnicas de Investigación Social*. 1era Edición Mc Graw – HILL/Interamericana de España, S.A.U.
- Cruz, J.C. (1996) *Diagnóstico, evaluación y mejoramiento de procesos de planificación en proyectos de construcción*. Tesis de Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.
- Davis, M., Aquilano, N. y Chase, R. (2001) *Fundamentos de Dirección de Operaciones*. Tercera Edición, McGraw-Hill, Madrid
- El-Rayes, K. y Said, H (2009) Global Optimization of Dynamic Site Layout Planning in Construction Projects. *Proceedings of the 2009 Construction Research Congress*. ASCE.
- Faundez, R., (2007) *Metodología para facilitar el uso y ampliar el valor de las Visualizaciones en Operaciones y Proyectos de Construcción*, Tesis de Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.
- Formoso, C., Dos Santos, A., Powell, J. (2002) An exploratory study on the applicability of process transparency in construction sites. *Journal for Construction Research*, Vol. 3, No. 1, pp. 35-54.

Gaither, N. y Frazier, G. (2000) *Administración de Producción y Operaciones*. 8va edición. México: International Thomson Editores, S.A.

George, A y Bennett, A. (2005) *Case Studies And Theory Development In The Social Sciences*. MIT Press, Cambridge, MA.

Gepuc(2002) Phase Scheduling(Programación por Fases). Plenario Gepuc 23 de Agosto, 2002. Santiago de Chile.

Gray , C y Larson, E. (2002) *Project Management: The Managerial Process*. 2da Edición. McGraw-Hill/Irwin. New York.

Hayes, R y Wheelwright, S. (1984) *Restoring Our Competitive Edge: Competing through Manufacturing*. New York: John Wiley and Sons.

Hax, A y Candea, D. (1984) *Production an Inventory Management*. Englewood Cliffs, N.J. Prentice Hall.

Hallihan et al. (1997) JIT Manufacturing: The evolution to an implementation model founded in current practice. *International Journal of Production Research*, Volumen 35, N° 4.

Hopp. W y Spearman, M (1996) *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management*. Irwin/ Mc Graw-Hill, Boston, 668p.

Howell, G. (1999) What is Lean Construction?. *Proceeding 7th Annual Conference International Group Of Lean Construction*. Berkley, C.A, July 26-28 -1999

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

Howell, G. y Koskela, L. (2000) Reforming Project Management: The Role of Lean Construction. *Paper presented to 8th Annual Conference of International Group on Lean Construction*, Brighton, 2000.

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

Junnonen y Seppanen (2005) Task Planning as a Part of Production Control. *Paper presented to 12th Annual Conference of International Group on Lean Construction*, Copenhagen, Denmark, 2004.

Koskela, L., (2000) An exploration towards a production theory and its application to construction Ph.D. thesis, VTT Building Technology, Helsinki University of Technology, Helsinki, Finland.

Koskela, L.(1999) Management of production in Construction: A Theoretical View. *Proceedings of the 7th International Group for Lean Construction Conference*. Berkeley, USA, 26-28 July 1999.

Koskela, L., y Howell, G., (2001). "Reforming project management: the role of planning, execution and controlling", *Proceedings of the 9th International Group for Lean Construction conference*, Kent Ridge Crescent, Singapore, 6-8 August, 2001.

Koskela, L. (1992) Application of the New Production to Construction. Tech. Rep. No. 72, Center for Integrated Facility Engineering, Stanford Univ., Stanford, Calif. 1992.

Koskela, L., Ballard G. y Tanhuanpää, V. (1997) Towards Lean Design Management. *Proceedings 5th Annual conference of international Group for Lean Construction*, Griffith University, Gold Coast, July 1997.

Koskela, L. y Ballard, G. (2004) What should we require from a production system in construction? *Journal of Construction and Management (ASCE)*.

Krajewski, L y Ritzman, L. (1992) Operations Management Strategy And Analysis. 3era Edición. Addison Wesley Publishing.

Lin, F.R. y Shaw, M.J. (1998) “Reengineering the order fulfilment process in supply chain networks”. *International Journal of Flexible Manufacturing System* 10, 197–299.

Marin Et Al. (1999) Los Sistemas Productivos, el aprendizaje interno y los Resultados del Área de Producción de Baldosas-Cerámicas. *Revista Scielo* Vol.20 (1), 39-51 (2009).

Monden, Y. (1996) *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In Time*. 2da Edición. Industrial Engineering.

Nam, C. y Tatum, C. (1988) *Major characteristics of constructed products and resulting limitations of construction technology*. *Construction Management and Economics* Vol. 6, 133–148.

Nahmias, S. (1997) *Production and Operations Analysis*. Third edition, Ed. IRWIN, Chicago.

Naoum, G. (1998), Dissertation research and writing for construction students. Butterworth-Heinemann, Oxford, Inglaterra, 38-64

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

Ohno, T (1993). Production System: Beyond Large-Scale Production. Productivity Press, Portland, OR, 143 pp.

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

Pryke, S.(2002) Construction Coalitions and The Evolving Supply Chain Management Paradox: Progress Through Fragmentation. *Proceedings COBRA*. September 5, Nottingham.

Shaw I. (2003) *La Evaluación Cualitativa: Introducción a los Métodos Cualitativos*. Ediciones Paidós Ibérica S.A. España.

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

Skinner, W. (1974) *The focused Factory*. Harvard Business Review 52. (Mayo-Junio 1974).

Sanguinetti, J. (1994). *Lógica*. Ediciones Universidad de Navarra. Pamplona.

Slack N., Chambers S., Harland C., Harrison A. y Johnston R. (2004). *Operations Management*. 4th ed.: London Pitman Publishing.

Sjoberg, G. y Nett R. (1980) *Metodología de la Investigación Social*. 1era edición Editorial Trillas. México.

Schroeder, R. (1992) *Administración de operaciones: Toma de Decisiones en la Función de Operaciones*. McGraw-Hill. México.

Schonberger, R. J. (1982) *Japanese Manufacturing Techniques*, The Free Press.

Turner, J.R. (1993) *The handbook of project-based management*. McGraw-Hill, UK, 540 pp.

Slack, N., Chambers, S. y Johnston R. (2001) *Operation Management*. 3rd Edition Essex: Peason Education Limited.

Slack, N. y Lewis, M. (2001) *Operations Strategy, Financial-Times*. Prentice Hall, London.

Shingo, S. (1988) *Non-stock production*. Productivity Press, Cambridge, Ma. 454 p.

Slack, N., Lewis, M. A., Bates, H. (2004) The two worlds of operations management research and practice: can they meet, should they meet? *International Journal of Operations and Production Management*, v. 24, n. 4, p. 372-387, 2004

Santos, A., (1999). *Aplication of flow principles in the production management of construction sites*, Ph D Dissertation, School of Construction and Property Management, Salford University, Salford, UK.

Soares, M. Bernardes, M y Formoso C.(2002) Improving The Production Planning And Control System In A Building Company: Contributions After Stabilization. *Proceedings 10 th Annual conference of international Group for Lean Construction*, Gramado, August 2002.

Tsao, C, Tommelein, I, Swanlund, E. y Howell, G. (2000) Case Study for Work Structuring: Installation of Metal Door Frames. *Paper presented to 8th Annual Conference of International Group on Lean Construction*, Brighton, 2000.

Tsao, C. (2005) *Use of Work Structuring To Increase Performance of Project-Based Production Systems*. Doctoral Dissertation, University of California, Berkeley.

Thiollent, M. (2000) *Metodología de Pesquisa Ação*. São Paulo: Cortez, 2000.

Tommelein, I. y YI, A. (1999) Just-in-Time Concrete Delivery: Mapping Alternatives for Vertical Supply Chain Integration. *Proceedings of the 7th International Group for Lean Construction conference*, Berkeley, California, July 26-28, 1999.

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

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

Womack, J. y Jones, D. (1996) *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*.New York : Free Press.

Yacuzzi, E. (2005) *Estudio De Caso Como Metodología De Investigación: Teoría, Mecanismos Causales, Validación*. Documento de trabajo N° 296, Departamento de Dirección de empresas. Universidad del CEMA, Argentina.

Yin,R., (2001) *Case Study Research: Design and Methods*, Ed. Sage Publications, London. United Kingdom.

Yin, R. (2003). *Case Study Research: Design and Methods*, Ed. Sage Publications, London.United Kingdom.

Páginas en Internet

<http://www.eumed.net/> (Sierra, 1997; Ruiz, 1996, Cabrera, 2006)

ANEXOS

ANEXO A: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y GESTION DE LA CONSTRUCCION

PRESENTACIÓN

Esta entrevista forma parte de una investigación acerca de la existencia y de la situación real de los Sistemas de Producción, en proyectos de construcción en empresas chilenas, la cual está siendo desarrollada por la alumna Sheylla Pinto de la Sota Navarro, bajo la supervisión del Profesor de la escuela de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Luis Fernando Alarcón.

I) INFORMACIÓN PERSONAL

- 1.1 Nombre:
1.2 Teléfono Oficina : Celular :
1.3 Profesión/Ocupación :
1.4 Correo Electrónico :

II) INFORMACION DE LA EMPRESA

- 2.1 Nombre de la Empresa
2.2 Cargo
2.3 ¿Hace cuantos años trabaja en la empresa?

III) DE LOS PROYECTOS

- 3.1 ¿Qué tipo de proyectos son los que normalmente ejecuta la empresa?
-
-

3.2 **Con respecto a la planificación :**

3.2.1 ¿Cuántas Fases de planificación se distinguen en los proyectos?

3.2.2 ¿Se establece un plan Maestro?

3.2.3 ¿Qué tiempo de valides tiene?

3.2.4 ¿Cómo entiende el Plan Maestro?

IV) DE LA INFORMACION

4.1 Tipo de información que el Administrador recibe para realizar la planificación de la producción

4.2 ¿Quién entrega esa información?, ¿De dónde viene?

4.3 ¿Los objetivos de los Proyectos son claros?

4.4 ¿El plazo del proyecto es manejado y conocido por los empleados?

4.5 ¿Cómo son transmitidos los objetivos al equipo de trabajo?

4.6 ¿Cuál es la calidad de la información recibida?

4.7 ¿Qué tipo de decisiones son tomadas al respecto de la información recibida?

4.8 ¿Cómo esas decisiones son transmitidas a los interesados?

4.9 ¿Se hace uso del computador para transparentar las decisiones?

4.10 ¿Cuál es el paquete computacional con el que se trabaja?

4.11 ¿Se usa 3d? ¿Porque?

4.13 ¿Existe algún tipo de información necesaria para el diseño de la Planificación de la producción, con la que el Administrador debería contar?

V) DEL PERSONAL

5.1 ¿Cómo es administrado el personal en Obra?

5.2 ¿Existe un adecuado trabajo en equipo?

5.3 ¿Cuándo se establecen las funciones del Personal?

5.4 ¿Se establece un organigrama de funciones?

5.5 ¿Cómo es comunicado en obra?

VI)	DEL DESEMPEÑO
------------	----------------------

6.1 ¿De acuerdo a la prioridad indique cuáles son los indicadores más Utilizados para evaluar el desempeño del proyecto?

Cumplimiento de Plazos	<input type="checkbox"/>
Cumplimiento de la calidad	<input type="checkbox"/>
Cumplimiento de la Seguridad	<input type="checkbox"/>
Control de Compromisos	<input type="checkbox"/>
Involucramiento del Personal	<input type="checkbox"/>
Productividad	<input type="checkbox"/>
Mejor Relación con los Subcontratistas	<input type="checkbox"/>
Mejor Relación con los Proveedores	<input type="checkbox"/>

6.2 ¿Cómo se obtienen los rendimientos y velocidades de avance?

VII	DE LA FASE OPERATIVA
------------	-----------------------------

7.1 ¿Qué tipo de problemas son los primeros en aparecer al inicio de un proyecto?

7.2 ¿Qué tipo de problemas son los más frecuentes en un proyecto?

a. Materiales	<input type="checkbox"/>
b. Mano de Obra	<input type="checkbox"/>
c. Equipos	<input type="checkbox"/>

d. Estrategia de Ejecución

7.3 ¿Qué acciones son tomadas al respecto?

7.4 ¿Cómo es definida la estrategia de ejecución? ¿Quién la define? ¿Cuándo?

7.5 ¿De qué manera es transmitida a los empleados?

7.6 ¿Cuándo se identifican las restricciones existentes? ¿Quién?

7.7 ¿Se busca la continuidad en las tareas? ¿Cómo?

7.8 ¿Existe algún control de Ritmo de Trabajo?

7.8 ¿Cómo es el control de actividad en el proyecto?

Orden de Trabajo
Control de Mano de Obra
Control diario
PAC

7.10 ¿Cómo es la relación con los proveedores?

7.11 ¿Cómo es la relación con los sub-contratistas?

7.12 ¿Cómo se relaciona el área de planificación con la obra?

7.13 ¿Cómo se relaciona la obra con los demás departamentos?

7.14 ¿Qué acciones se documentan?

VIII Pérdidas y Actividades que no agregan valor

8.1 Indique cuales son comúnmente las acciones que no agregan valor,
De acuerdo a lo observado en los procesos ejecución

Movimientos Innecesarios de material
Movimientos Innecesarios de personal
Deficiente ubicación de las instalaciones de faena
Incongruencia en los planos
Trabajos mal hechos

Le gustaría añadir alguna sugerencia al sistema actual

Le gustaría añadir algún comentario

ANEXO B: FOCUS GROUP ACERCA DEL DESEMPEÑO DEL PLAN MAESTRO EN LOS PROYECTOS ESTUDIADOS

Estas respuestas fueron obtenidas durante una sesión de trabajo con el equipo del Caso de Estudio N°1, se realizaron 5 análisis correspondientes a los siguientes puntos identificados previamente, las respuestas fueron resumidas para presentarlas en este estudio. Las personas que participaron de este análisis fueron el Gerente Técnico, Gerente de Operaciones y 2 Administradores de Obra.

Análisis	Principales Falencias	Consecuencias de las Falencias	Recomendaciones para mejorar
1er Análisis	1. Falta la revisión de los proyectos.	Esto genera problemas de plazo, costos, descoordinación, recursos que se compran y no se utilizan.	<ol style="list-style-type: none"> 1. La constructora debería tener una persona que coordine los proyectos. 2. La constructora debería recibir los proyectos ya coordinados y con revisión apta para construir. Ya que aun cuando los planos vengan firmados por profesionales, estos traen muchos errores.
2do Análisis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cuesta controlarlo día a día. 2. No se realiza control mensualmente, con suerte semanal. 	Se avanza, sin mayor control y al momento de revisar los estados de pago, se ven los errores y lo mal que estamos.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se debiera tener una persona que controle diariamente los avances. 2. Se debiera tener herramientas que me permitan medir los avances diarios (Palm).
3er Análisis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se hace sólo para cumplir con la Gerencia Técnica. 2. No lo ve nadie, y las personas que lo utilizan no traspasan la información. 	No es acorde a la realidad.	<ol style="list-style-type: none"> 3. Hacer una planificación maestra más reducida, que sólo considere HITOS. 4. Hacer un procedimiento de entrega de obra, con puntos claros desde la Oficina Técnica al equipo del Proyecto.
4to Análisis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se ejecuta por una sola persona. 2. No se puede hacer bien por falta de tiempo. 3. Se hizo en base a la experiencia de una sola persona y en función del presupuesto general. 	NO se utiliza, por estar alejado de la realidad y sin los proyectos (Planos).	<ol style="list-style-type: none"> 1. Que se realice en equipo y en este participe, jefe de Oficina Técnica, Gerencia, Administrador de Obra y Jefe de Terreno. 2. Que se haga antes de partir la obra y con dedicación exclusiva al tema.
5to Análisis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se tiene un equipo de trabajo que está sobre vendido, ya que tiene que planificar una obra y ejecutar la siguiente. 2. No existe tiempo suficiente. 	Un equipo de trabajo, desmotivado e incrédulo por una programación que solo muestra el inicio y el fin.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Que se asigne un tiempo y un equipo especial para hacer la programación inicial del proyecto.

ANEXO 3: CUESTIONARIO EVALUACIÓN DE OCURRENCIA

Evaluación de ocurrencia de las situaciones desfavorables que contemplan los Sistemas de Producción encontradas en los Proyectos de Construcción

La percepción acerca de la ocurrencia de algunas situaciones desfavorables que corresponden a los Sistemas de Producción en los proyectos de construcción estudiados, forman parte de la metodología de evaluación empleada en el capítulo 5 de este estudio.

Esta aplicación se realizó en los casos de estudio realizados, involucrando al personal que respondió las entrevistas no estructuradas, consultándose en general un total de 9 personas tanto del nivel directivo como del nivel operacional

A continuación se presenta las situaciones encontradas y la ocurrencia en cinco niveles desde Siempre, Casi siempre, A veces, Casi nunca y Nunca, medidos a través de la escala de Likert.

Plan de Ataque	Siempre	Casi Siempre	A veces	Casi Nunca	Nunca
Inadecuada Instalación de Faena					
Ausencia de una estrategia de Ejecución Inicial					
Ausencia de la representación gráfica de la secuencia					
Deficiente estudio de la Ubicación de los equipos					
Deficiente difusión gráfica de las zonas seguras					

Materiales y equipos	Siempre	Casi Siempre	A veces	Casi Nunca	Nunca
Inexistente Identificación y Cronograma de pedido de materiales Críticos					
Inexistente Identificación y Cronograma de pedido de materiales Commodities					
Materiales ubicados por orden de llegada y no por tipo					
Deficiente acopio de materiales					
Llegada de materiales con poca celeridad					

Mano de Obra	Siempre	Casi Siempre	A veces	Casi Nunca	Nunca
Inexistente análisis del requerimiento real antes de la ejecución					
Inexistente análisis del requerimiento de acuerdo a la secuencia constructiva definida					
Índices elevados de ausencia de personal					
Índices elevados de rotación de personal					

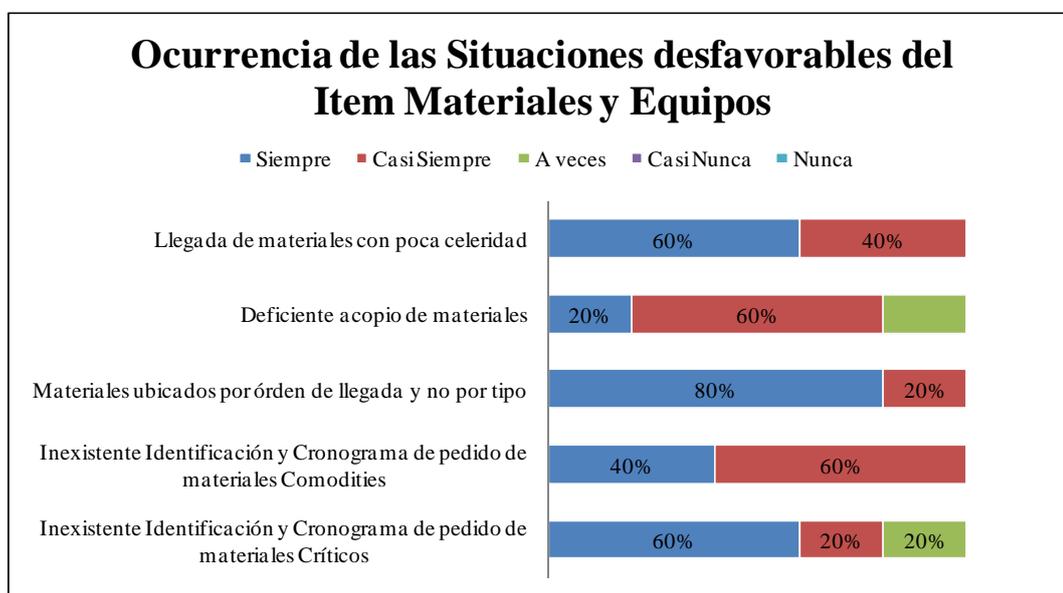
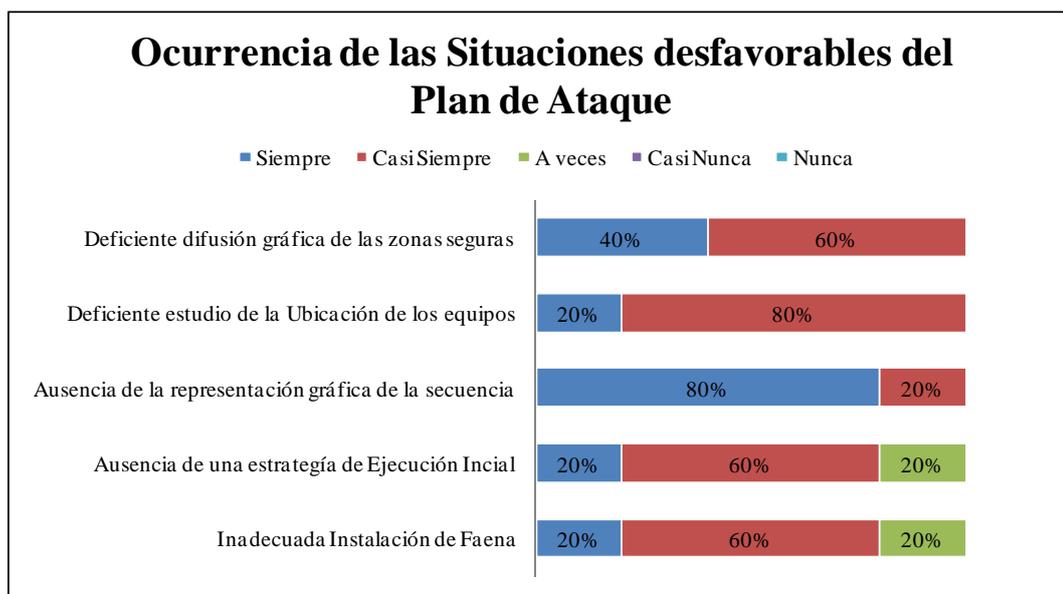
Organización del Proyecto	Siempre	Casi Siempre	A veces	Casi Nunca	Nunca
Falta de motivación por parte de los trabajadores					
Carencia de responsable de planificación					
Dificultad para organizar el tiempo de trabajo en Obra					
Falta de difusión de los objetivos y plazos del proyecto					
Falta de compromiso en la generación de planes a largo, mediano y corto plazo.					

Diseño de Flujo de Trabajo	Siempre	Casi Siempre	A veces	Casi Nunca	Nunca
Inexistente estudio del orden lógico y secuencial de las actividades de producción					
Deficiente análisis de las tareas ejecutadas en forma paralela					
Deficiente análisis de las tareas ejecutadas en forma aislada					
Ausencia del uso de buffers					
Distribución de los recursos por cancha disponible					

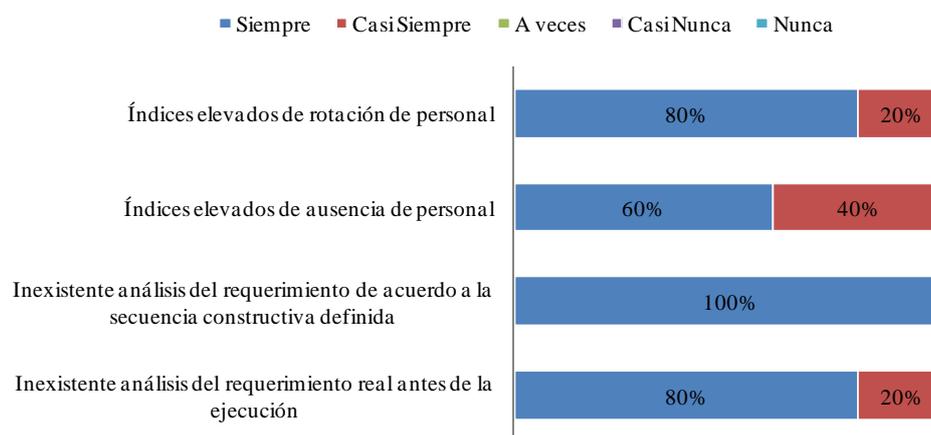
Planificación	Siempre	Casi Siempre	A veces	Casi Nunca	Nunca
Poca rigurosidad en el análisis de las tareas a ejecutar					
Falta de sectorización					
Programa semanal solo por cumplir					
Programa Maestro realizado en forma independiente					
Ausencia de un plan Intermedio					

Control del Proyecto	Siempre	Casi Siempre	A veces	Casi Nunca	Nunca
Falta de rigurosidad en el control de las actividades de producción					
cumplimiento, para la toma de acciones correctivas					
Inexistencia de Mediciones de Productividad					
No se verifican rendimientos reales vs programados					

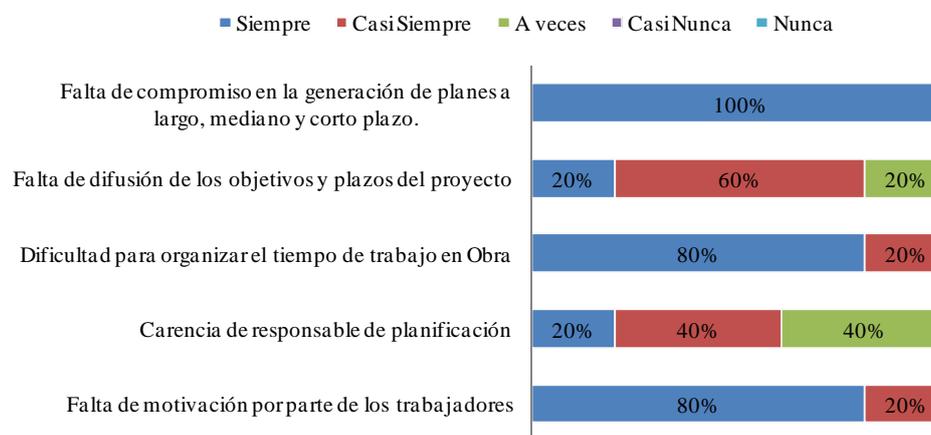
Resultados de la Percepción de la Ocurrencia de las Situaciones Desfavorables en el caso 1 de Estudio



Ocurrencia de las Situaciones desfavorables del Item Mano de Obra

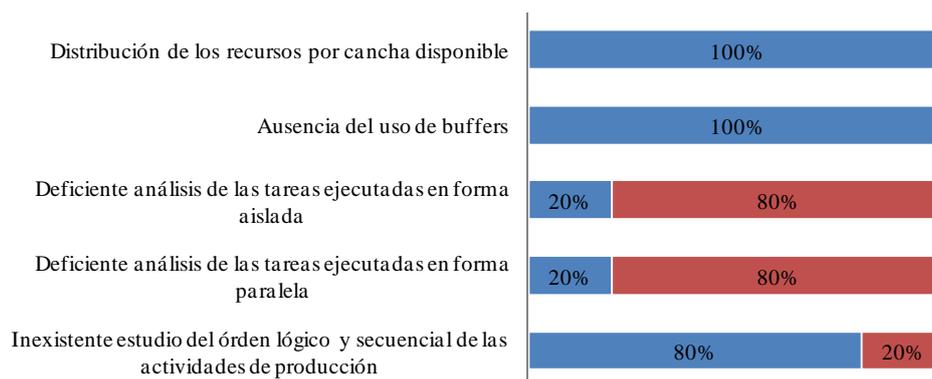


Ocurrencia de las Situaciones desfavorables del Item Organización del Proyecto



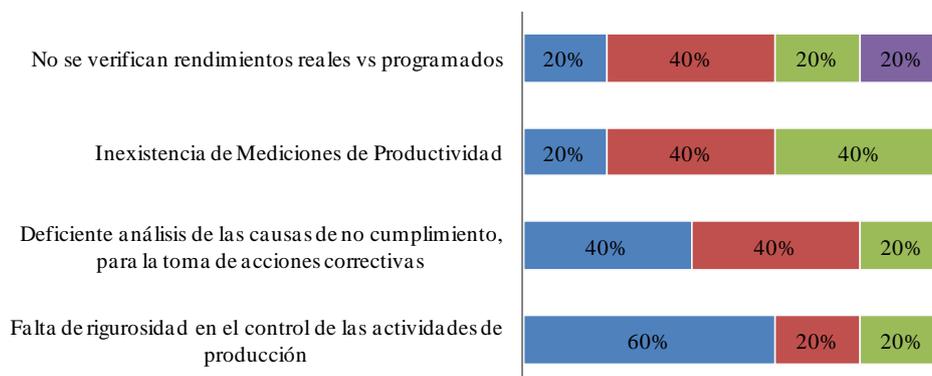
Ocurrencia de las Situaciones desfavorables del Item Diseño de Flujo de Trabajo

■ Siempre ■ Casi Siempre ■ A veces ■ Casi Nunca ■ Nunca



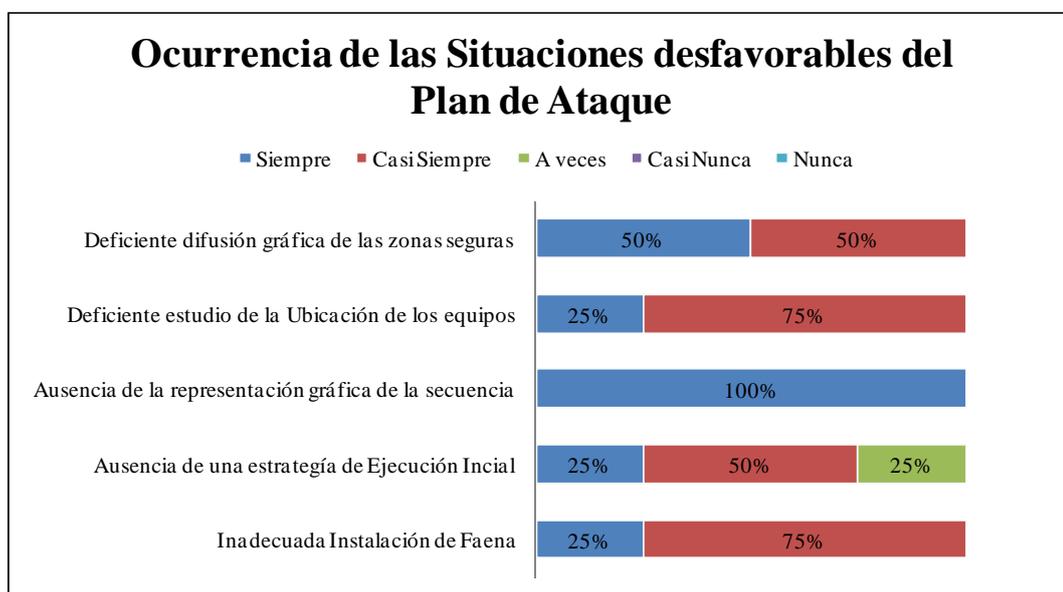
Ocurrencia de las Situaciones desfavorables del Item Control del Proyecto

■ Siempre ■ Casi Siempre ■ A veces ■ Casi Nunca ■ Nunca

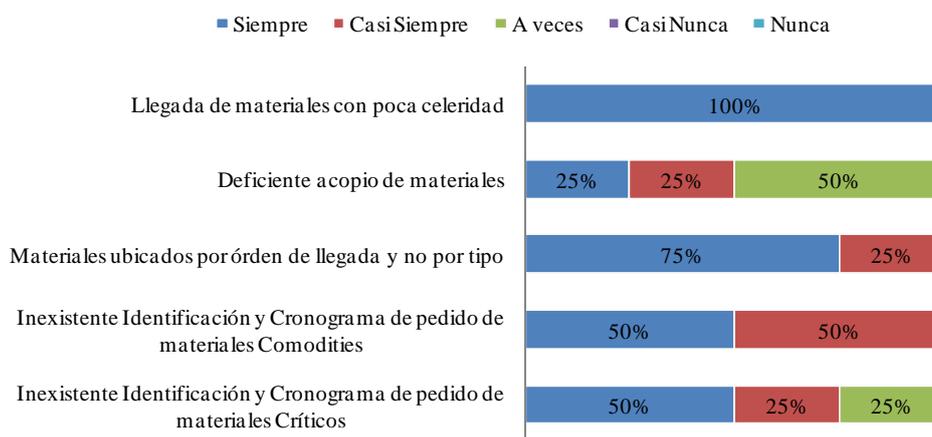




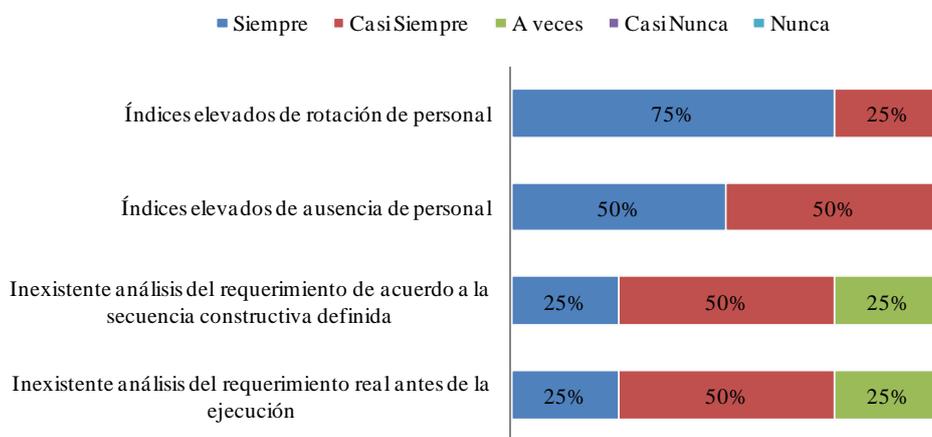
Resultados de la Percepción de la Ocurrencia de las Situaciones Desfavorables en el Caso 2



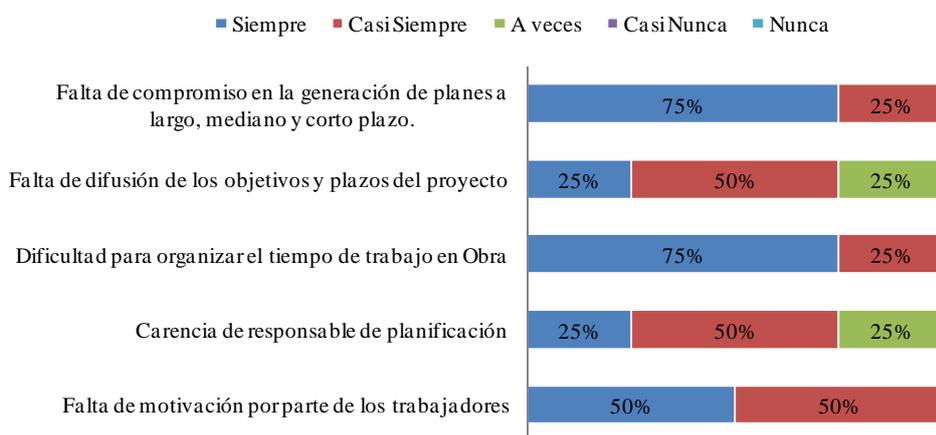
Ocurrencia de las Situaciones desfavorables del Item Materiales y Equipos



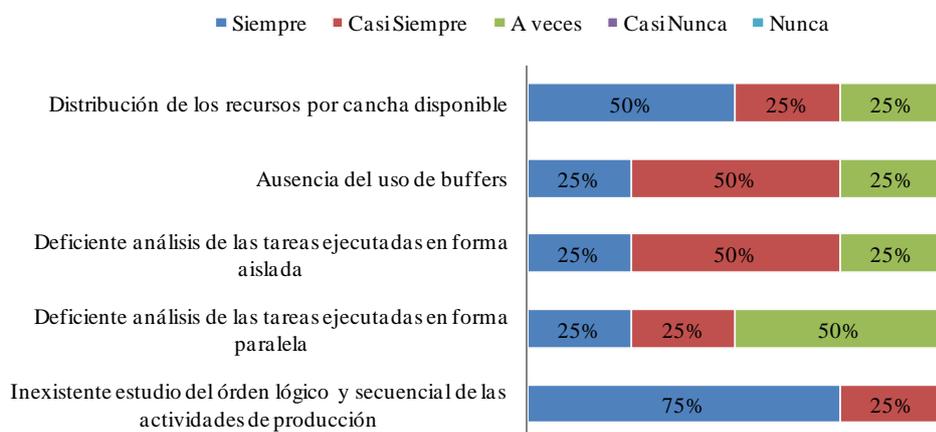
Ocurrencia de las Situaciones desfavorables del Item Mano de Obra



Ocurrencia de las Situaciones desfavorables del Item Organización del Proyecto

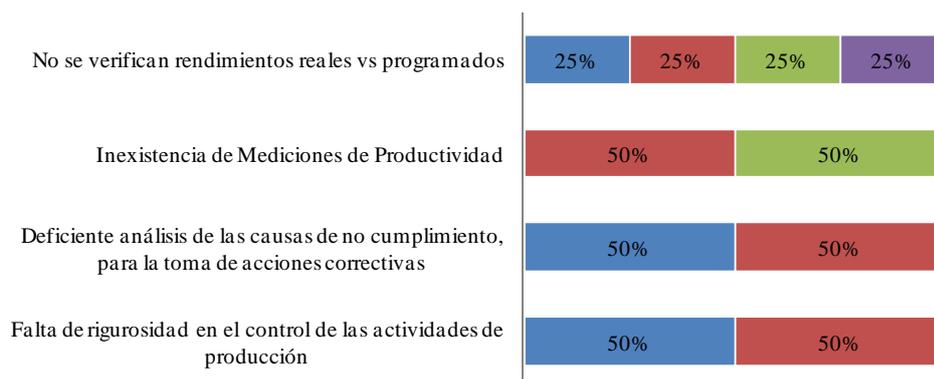


Ocurrencia de las Situaciones desfavorables del Item Diseño de Flujo de Trabajo



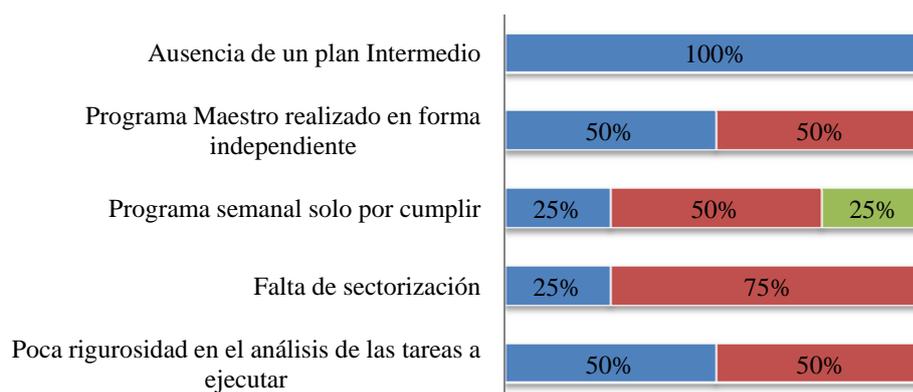
Ocurrencia de las Situaciones desfavorables del Item Control del Proyecto

■ Siempre ■ Casi Siempre ■ A veces ■ Casi Nunca ■ Nunca



Ocurrencia de las Situaciones desfavorables del Item Planificación

■ Siempre ■ Casi Siempre ■ A veces ■ Casi Nunca ■ Nunca



Resumen de los Resultados más importantes de la Percepción de la Ocurrencia de las Situaciones Desfavorables en el caso 1 y 2 de Estudio

OCURRENCIA	Siempre	Casi Siempre	A veces
Plan de Ataque			
Ausencia de la representación gráfica de la secuencia	89%	11%	
Materiales y equipos			
Materiales ubicados por orden de llegada y no por tipo	78%	22%	
Llegada de materiales con poca celeridad	78%	22%	
Mano de Obra			
Inexistente análisis del requerimiento de acuerdo a la secuencia constructiva definida	67%	33%	
Índices elevados de rotación de personal	78%	22%	
Organización del Proyecto			
Dificultad para organizar el tiempo de trabajo en Obra	78%	22%	
Falta de compromiso en la generación de planes a largo,	89%	11%	
Diseño de Flujo de Trabajo			
Inexistente estudio del orden lógico y secuencial de las actividades de producción	78%	22%	
Distribución de los recursos por cancha disponible	78%	11%	
Planificación			
Falta de sectorización	22%	78%	
Programa Maestro realizado en forma independiente	33%	67%	
Ausencia de un plan Intermedio	89%	11%	
Control del Proyecto			
Falta de rigurosidad en el control de las actividades de producción	56%	33%	11%
Deficiente análisis de las causas de no cumplimiento, para la toma de acciones correctivas	44%	44%	11%

ANEXO 4: ANÁLISIS DE LA OPORTUNIDADES DE MEJORAMIENTO Y PROPOSICIÓN DE ACCIONES PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS CASOS DE ESTUDIO EXPLORATORIO

Durante el desarrollo de casos exploratorios, se pudo identificar algunas oportunidades de mejoramiento encontradas, lo que sirvió para documentar y realizar el levantamiento de información que teníamos planeado, sin embargo se propusieron acciones puntuales para el mejoramiento de los proyectos analizados, las cuales fueron entregadas al personal directivo.

A continuación se presenta el resumen de los resultados:

**OPORTUNIDADES DE MEJORAMIENTO ENCONTRADAS EN EL ESTUDIO DE CASOS
EXPLORATORIO**

Categoría	Problema	Caso A	Caso B
PLAN DE ATAQUE	Inadecuada Instalación de Faena	x	
	Falta de Determinación de secuencia constructiva	x	
MATERIALES Y EQUIPOS	Materiales acopiados por orden de llegada y no por naturaleza o tipo	x	x
	Ausencia de cronograma de pedido de materiales	x	x
MANO DE OBRA	Inexistente Planeamiento formal de mano de obra	x	x
	Personal presenta mucha rotación	x	x
ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO	Falta de motivación por parte de los trabajadores	x	x
	Carencia de encargado de planificación	x	
	Dificultad para organizar el tiempo de trabajo en obra	x	x
	Falta de difusión de los objetivos del proyecto	x	x
	Falta de compromiso en la generación de planes a corto plazo		x
PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO	Falta de definición de trabajos a realizar	x	
	Falta de sectorización	x	x
	Programa Semanal solo por cumplir	x	
	Programa Maestro realizado por una sola persona	x	x
	Ausencia de un Plan Intermedio	x	x
CONTROL DEL PROYECTO	Falta de rigurosidad en el control de lo planificado	x	x
	No se analizaron las causas de no cumplimiento para la toma de acciones correctivas	x	x
	No se realizaron mediciones de productividad	x	x
	No se realizaron verificaciones de rendimientos reales	x	x
INF. DENTRO DEL PROYECTO	Cambios de diseño no comunicados a tiempo	x	x

PROPOSICIÓN DE ACCIONES PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS CASOS ESTUDIADOS

Categoría	Problema	Caso A	Caso B
PLAN DE ATaque	Redistribuir las instalaciones existentes y acortar las distancias de viaje.	x	
	Establecer la secuencia constructiva considerando las actividades de flujo	x	
MATERIALES Y EQUIPOS	Organizar los Materiales por orden de naturaleza o tipo (comodities)	x	x
	Desarrollar un cronograma de pedido de materiales con antelación superior a un mes	x	x
MANO DE OBRA	Planeamiento formal y riguroso de mano de obra	x	x
	Crear el ambiente para que los trabajos sean realizados con continuidad para garantizar "la cancha" al personal.	x	x
ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO	Crear un ambiente grato de trabajo, involucrando a los trabajadores para que se sientan parte del proyecto.	x	x
	Estudiar la estructura organizacional del Equipo Técnico	x	
	Distribuir las funciones del personal, cuidando de no sobrecargar de trabajo a algunos empleados	x	x
	Incentivar la transparencia del proyecto informando los plazos y objetivos a los empleados	x	x
	Motivar el involucramiento del personal y dar a conocer la importancia de la generación de planes a corto plazo		x
PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO	Establecer en forma estructurada los trabajos a realizar	x	
	Sectorización de la obra para mejorar la administración en lotes de trabajo controlables	x	x
	realizar el programa con los responsables de la producción y mejorar la toma de decisiones.	x	
	Desarrollar un Programa Maestro que contenga un planeamiento ajustado a la realidad y pensado por todo el equipo de trabajo.	x	x
	Desarrollar y mantener un Plan Intermedio con la finalidad de identificar las restricciones a tiempo.	x	x
CONTROL DEL PROYECTO	Mayor rigurosidad en el control de lo planificado, realizando un control diario y semanal	x	x
	Analizar las causas de no cumplimiento para la toma de acciones correctivas	x	x
	Realizar mediciones de productividad en terreno y verificar el ritmo de avance.	x	x
	Verificar en terreno los rendimientos reales y compararlos con los que se tomaron para la elaboración del plan.	x	x
INF. DENTRO DEL PROYECTO	Mejorar la comunicación al interior del proyecto, promoviendo reuniones semanales y diarias para informar cambios en el diseño o en las especificaciones.	x	x

ANEXO 5: EVALUACIÓN DEL PROCESO DE PUESTA EN MARCHA DE LA PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

La percepción acerca del proceso de puesta en marcha de la propuesta de mejoramiento en un caso de estudio real en un proyecto de construcción, nos sirvió para complementar la información obtenida mediante la observación directa.

Esta aplicación se realizó involucrando al personal que trabajó directamente en el diseño y ejecución del Sistema de Producción de acuerdo a nuestra propuesta de mejoramiento consultándose en general un total de 3 personas que fueron: Administrador del Proyecto, Jefe de Oficina Técnica y Jefe de Terreno.

A continuación se presentan el cuestionario realizado y los resultados finales, de acuerdo al grado de aceptación obtenido.

Aporte de la metodología de Mejoramiento

Afirmaciones	Escala de Aceptación			
	Muy de acuerdo	De acuerdo	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
Crea mayor compromiso				
Permite desarrollar una adecuada secuencia constructiva.				
Evita trabajar apagando incendios.				
Permite generar un flujo de trabajo continuo.				
Mejora la calidad de las decisiones.				
Integra a los participantes en un trabajo en equipo.				
Incentiva la realización de la planificación intermedia y la gestión de restricciones.				
Permite controlar y proponer medidas de mejoramiento efectivas.				
Ayuda a realizar un planeamiento ordenado y estructurado.				

Requerimientos de la Implementación en terreno

Afirmaciones	Muy de acuerdo	De acuerdo	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
Trabajo en equipo en la fase de ejecución				
Definición de responsabilidades				
Mayor tiempo destinado				
Capacitación				
Involucramiento de la Gerencia				
Trabajo en equipo en la fase de diseño				
Cumplimiento de compromisos				
Presencia de un líder				
Desarrollo de muchas tareas				

Satisfacción de los involucrados

Afirmaciones	Muy de acuerdo	De acuerdo	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
Fue una pérdida de tiempo				
Volvería a utilizar esta metodología en otros proyectos				
Esta convencido de la utilidad del DSP				
Para la implementación del DSP ud. cambio su forma de trabajar				
Recomendaría el uso de esta metodología				

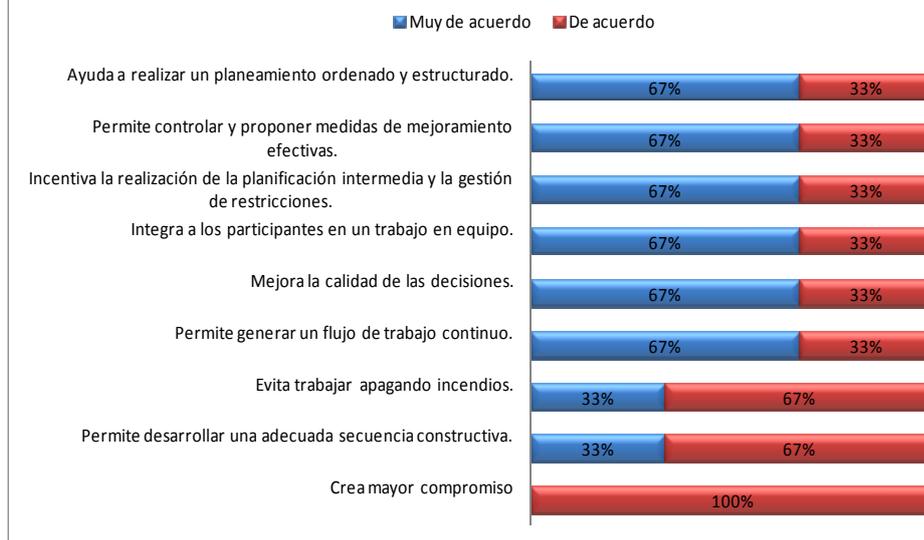
Integración del Último Planificador con el DSP

Afirmaciones	Muy de acuerdo	De acuerdo	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
Permitió visualizar restricciones				
Incrementó el nivel de compromisos semanales				
Permitió incrementar la productividad				
Contribuyó a identificar las CNC en forma oportuna				
Manejó la incertidumbre controlando los procesos críticos				
Permitió ahorrar recursos al proyecto				
Permitió implementar el Programa Intermedio				
Permitió implementar el Programa de Fase				

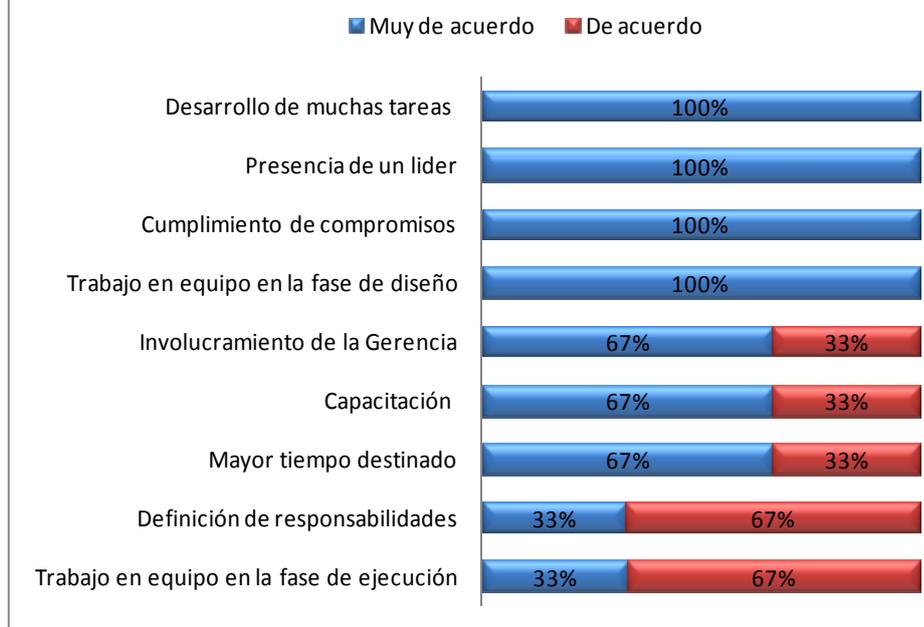
Importancia de los Componentes del Sistema de Producción

Componentes del Sistema de Producción	Importancia Alta	Importancia Media	Importancia Baja	Sin Importancia
Plan de Ataque				
Soporte Logístico				
Toma de decisiones				

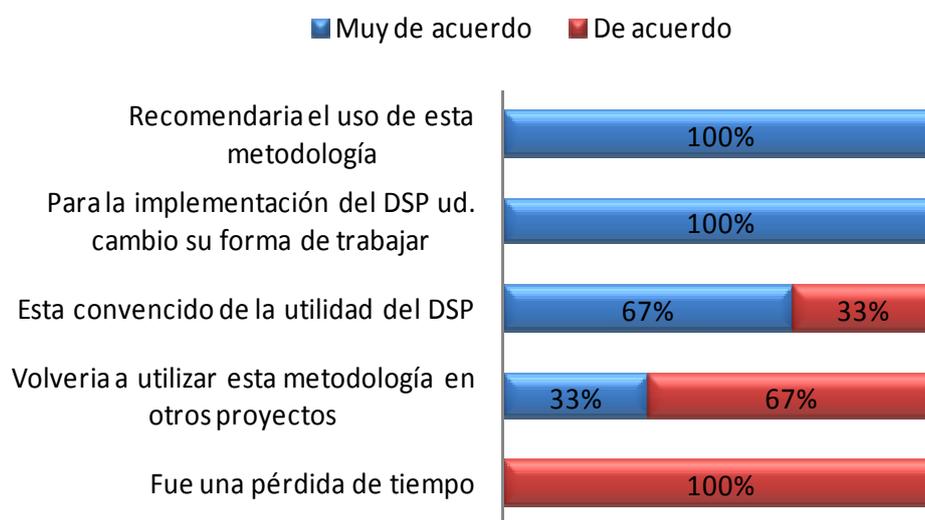
Aporte de la metodología de Mejoramiento



Requerimientos de la Implementación en terreno



Satisfacción de los Involucrados



Importancia de los elementos propuestos para un DSP

