



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA

IMPACTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER EN OBRAS DE MONTAJE INDUSTRIAL EN MINERÍA

MAURICIO ANDRÉS LEAL FLORES

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

Profesor Supervisor:
LUIS FERNANDO ALARCÓN CÁRDENAS

Santiago de Chile, Julio, 2010

© 2010, Mauricio Leal Flores



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA

IMPACTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER EN OBRAS DE MONTAJE INDUSTRIAL EN MINERÍA

MAURICIO ANDRÉS LEAL FLORES

Tesis presentada a la Comisión integrada por los profesores:

LUIS FERNANDO ALARCÓN CÁRDENAS

CLAUDIO MOURGUES ALVAREZ

FELIPE BRAVO DÍAZ

GUSTAVO LAGOS CRUZ-COKE

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

Santiago de Chile, Julio, 2010

A mi Hija, mis Padres, Carolina y
Myriam, Hermanos, Grandes Amigos
y Nono.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos quienes han contribuido enormemente a que la presente tesis fuese posible, en particular a mi profesor guía por su permanente motivación y apoyo, a la gerencia de la empresa me recibió como miembro y que facilitó los recursos para la investigación. Gracias y a mi familia y amigos que me entregaron todo el apoyo emocional necesario. Gracias a esta querida Universidad. Gracias a la Arquitectura y a la Ingeniería. Gracias Señor. Muchas Gracias.

INDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Productividad de la Minería y Construcción.....	1
1.2 Relevancia de la Industria de la Minería en Chile	3
1.3 Proyectos de Montaje Industrial y Relación con Minería	6
1.4 Investigación en Construcción Lean en Chile.....	10
1.5 Problema y Objetivos de la Investigación.....	12
1.6 Hipótesis de Trabajo y Limitaciones de la Investigación	13
1.7 Descripción Tesis	15
2. MARCO TEORICO	16
2.1 Producción Lean.....	16
2.1.1 Valor	22
2.1.2 Secuencia de Valor	22
2.1.3 Flujo	24
2.1.4 Pull	28
2.1.5 Perfección	29
2.2 Construcción Lean.....	29
2.2.1 Modelo de Conversión y Modelo de Flujo en Construcción	30
2.2.2 Características de la Producción en Construcción	33
2.2.3 Valor en Construcción	34
2.2.4 Flujo y Reducción de la Variabilidad en Construcción.	36

2.3	Administración, Planificación y Control, Enfoque Tradicional y Visión Lean.	37
2.3.1	Control Reactivo, Control Proactivo y Objetivos de Proyecto	39
2.3.2	Administración como Gestión de Compromisos	43
2.4	Sistema Last Planner	46
2.4.1	Concepto	46
2.4.2	Elementos del Sistema	47
2.4.3	Resultados y Estrategias de Implementación.....	52
2.5	Conclusión Revisión Bibliográfica	53
3.	METODOLOGÍA Y CASOS DE ESTUDIO.....	55
3.1	Metodología	55
3.2	Diseño de la Investigación	56
3.2.1	Variables y Medidas Operacionales.....	60
3.2.2	Fuentes de Información	61
3.2.3	Análisis	67
3.3	Casos de Estudio	68
4.	RESULTADOS	70
4.1	Resultados Indicadores Proyectos	70
4.1.1	Seguridad	71
4.1.2	Plazos	71
4.1.3	Márgenes de Utilidad.....	72
4.1.4	Productividad	73
4.1.5	Eficiencia Mano de Obra (PF):.....	73
4.2	Resultados Perspectiva Cliente	74
4.3	Resultados y Relación PPC / SPI / CPI.....	76
4.3.1	Caso N°1	76
4.3.2	Caso N°2.....	78
4.3.3	Caso N°3.....	80
4.3.4	Análisis Correlaciones PPC-SPI-CPI	82
4.4	Resultados Perspectiva Equipos de Proyectos	83
4.4.1	Impacto en el Resultado Global del Proyecto.....	83
4.4.2	Desempeño de la Organización	86
4.4.3	Confiabilidad, SPI y CPI	89
4.4.4	Relación con el Cliente	91

4.4.5 Aspectos Metodológicos.....	94
4.4.6 Participación de Equipos de Proyectos	95
4.4.7 Beneficios y Barreras Asociados a la Implementación de LPS	98
4.4.8 Evaluación de Implementación Actual y Utilización a Futuro	100
4.4.9 Mejoras a la Implementación.....	101
4.4.10 Principales Desafíos de los Proyectos de Montaje Industrial en Minería	102
4.4.11 Análisis General.....	103
5. CONCLUSIONES.....	107
5.1 Recomendaciones Metodológicas para la Implementación del LPS	109
5.2 Líneas de Investigación Propuestas.....	113
BIBLIOGRAFIA.....	115
A N E X O S.....	119
Anexo A : Método del Valor Ganado, Resumen General.....	120
Anexo B : Gráficos Evaluación de Relevancia de Elementos Metodológicos	122
Anexo C: Gráficos Evaluación de Relevancia de Miembros del Equipo	124
Anexo D: Encuesta de Evaluación de Implementación de LPS.....	126
Anexo E: Protocolo de Implementación de LPS, Sistema de Gestión de Calidad...	135

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla II-1: Comparación de Indicadores de Producción	17
Tabla II-2: Filosofía Convencional y Nueva Filosofía de Producción	32
Tabla II-3: Causas de Pérdidas y Enfoque Lean.	36
Tabla II-4: Enfoque Tradicional y Nuevo Enfoque de Acción Lingüística	45
Tabla III-1: Variables y Medidas Operacionales	60
Tabla III-2: Parámetros de Muestra para Correlación de Pearson.	64
Tabla III-3: Parámetros de Muestra para Encuesta a Equipo de Proyectos.	65
Tabla III-4: Parámetros para Evaluación de Fiabilidad de la Encuesta.	66
Tabla IV-1: Tabla Resumen de Indicadores de Gestión de los Casos de Estudio	70
Tabla IV-2: Resultados de Indicadores de Seguridad	71
Tabla IV-3: Resultados de Plazos	72
Tabla IV-4: Resultado de Márgenes de Utilidad.....	72
Tabla IV-5: Resultado de Productividad.....	73
Tabla IV-6: Resultado de Eficiencia de Mano de Obra	73
Tabla IV-7: Resultados de Encuesta de Satisfacción del Cliente.....	74
Tabla IV-8: Análisis Coeficiente Correlación de Pearson Caso N°1	76
Tabla IV-9: Análisis Coeficiente Correlación de Pearson Caso N°2.....	78

Tabla IV-10: Análisis Coeficiente Correlación de Pearson Caso N°3.....	80
--	----

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-1: Productividad por Sector Económico en Chile	1
Figura 1-2: Productividad Sector Minero en Chile	2
Figura 1-3: Evaluación Productividad Sector Construcción en Chile	2
Figura 1-4: Productividad por Sector Construcción en Chile	3
Figura 1-5: Exportaciones Minería en Total País.....	3
Figura 1-6: Participación en PIB 2009 por Sector	4
Figura 1-7: Proyección de Inversión en Infraestructura Productiva	4
Figura 1-8: Consumo de Energía Eléctrica por Sector.....	5
Figura 1-9: Inversión en Construcción 2006-2010.	7
Figura 1-10: Inversión Infraestructura Productiva 2009-2012.....	7
Figura 1-11: Proyección Inversión Construcción 2009-2012.	8
Figura 2-1: Producción Lean.....	19
Figura 2-2: Diferentes Niveles en la Nueva Filosofía de Producción.....	21
Figura 2-3: Modelo de Flujo de Producción	27
Figura 2-4: Modelo de Conversión	30
Figura 2-5: Modelo de Flujo de Producción	31
Figura 2-6: Componentes del Tiempo de Ciclo de Producción	32

Figura 2-7: Distribución de las Categorías de Trabajo en Construcción	35
Figura 2-8: Rol de la Administración.....	38
Figura 2-9: Práctica de Control Tradicional.....	41
Figura 2-10: Conversación para la Acción	44
Figura 2-11: Planificación Operacional	47
Figura 2-12: Proceso Last Planner	48
Figura 2-13: Secuencia de Implementación	50
Figura 2-14: Control de Objetivos y Control Operacional.....	53
Figura 3-1: Estructura General de Trabajo de Investigación	57
Figura 3-2: Diseño Operacional de Investigación.....	58
Figura 3-3: Convergencia Fuentes de Evidencia.....	59
Figura 3-4: Perspectivas y Fuentes de Información en Investigación.....	59
Figura 3-5: Registro Fotográfico de Casos de Estudio	69
Figura 4-1: Curvas Evolución Semanal PPC-SPI-CPI Caso N°1.	76
Figura 4-2: Gráfico Dispersión PPC-SPI Caso N°1.....	77
Figura 4-3: Gráfico Dispersión PPC-CPI Caso N°1.	77
Figura 4-4: Curvas Evolución Semanal PPC-SPI-CPI Caso N°2.	78
Figura 4-5: Gráfico Dispersión PPC-SPI Caso N°2.....	79
Figura 4-6: Gráfico Dispersión PPC-CPI Caso N°2.	79

Figura 4-7: Curvas Evolución Semanal PPC-SPI-CPI Caso N°3.	80
Figura 4-8: Gráfico Dispersión PPC-SPI Caso N°3.....	81
Figura 4-9: Gráfico Dispersión PPC-CPI Caso N°3.	81
Figura 4-10: Evaluación de Impacto en Resultado Global y Seguridad.	83
Figura 4-11: Evaluación de Impacto en Plazos y Margen de Utilidad.....	84
Figura 4-12: Evaluación de Impacto en Eficiencia y Productividad.....	84
Figura 4-13: Evaluación de Impacto en Satisfacción del Cliente y Calidad.	84
Figura 4-14: Impacto de LPS por Objetivos del Proyecto.	85
Figura 4-15: Evaluación de Impacto en la Planificación y Control del Proyecto.	86
Figura 4-16: Impacto en la Identificación y Liberación de Restricciones.	86
Figura 4-17: Evaluación de Impacto en Urgencias y Compromiso con Proyecto.	87
Figura 4-18: Evaluación de Impacto en Compromisos e Involucramiento.....	87
Figura 4-19: Evaluación de Impacto en Coordinación y Trabajo en Equipo.....	87
Figura 4-20: Evaluación de Impacto en Aprendizaje y Valoración en la Empresa ...	87
Figura 4-21: Evaluación de Impacto en Consideración en la toma de Decisiones ...	88
Figura 4-22: Impacto de LPS por Variable de Desempeño de la Organización.	88
Figura 4-23: Evaluación de Relación LPS y Confiabilidad de la Planificación.	90
Figura 4-24: Evaluación de Relación entre PPC, Atrasos y Costos.....	90
Figura 4-25: Impacto en Comunicación y Confianza Empresa-Cliente.	91

Figura 4-26: Impacto en Cooperación Empresa-Cliente y Organización.	91
Figura 4-27: Impacto en Respuesta a Sugerencias Cliente y Cambios.	92
Figura 4-28: Evaluación de Impacto en Resolución de Conflictos y Seguridad.....	92
Figura 4-29: Evaluación de Impacto en Calidad de Servicio y Plazos.	92
Figura 4-30: Evaluación de Impacto en Compromiso y Satisfacción Global.	92
Figura 4-31: Impacto de LPS en Variables de Relación Empresa-Cliente.	93
Figura 4-32: Relevancia de Elementos Metodológicos LPS.....	94
Figura 4-33: Evaluación de Relevancia de Participación de Equipo de Proyecto.	95
Figura 4-34: Evaluación de Aporte de Miembros de Equipo en Implementación.....	96
Figura 4-35: Beneficios de la Implementación de LPS.....	98
Figura 4-36: Principales Barreras para la Implementación de LPS.	99
Figura 4-37: Evaluación Implementación LPS y Experiencias Previas.....	100
Figura 4-38: Disposición a Implementación a Futuro de LPS.....	101
Figura 4-39: Mejoras Propuestas para la Implementación de LPS.	101
Figura 4-40: Principales Desafíos de Proyectos en Minería, Primera Respuesta. ...	102
Figura 4-41: Principales Desafíos Proyectos en Minería, Global de Respuestas. ...	103
Figura 4-42: Matriz de Resultados, Satisfacción e Impacto LPS.....	104
Figura 5-1: Esquema Impacto del LPS.	107

RESUMEN

Durante los últimos años un número cada vez mayor de compañías han implementado el Sistema Last Planner (LPS) (Ballard y Howell, 1994), proporcionando evidencia de su impacto en el desempeño de proyectos de construcción (Alarcón et al, 2005) (González et al, 2007). En Chile, la implementación y estudio de LPS se ha concentrado en proyectos de edificación (Alarcón et al, 2005), y existe escasa evidencia de los impactos en proyectos de Minería. Estos proyectos son ejecutados en cortos plazos, presentan alta complejidad técnica y logística, frecuentes cambios en su alcance y alto impacto económico en un contexto de requisitos de cero accidentes. Estas características se establecen como obstáculos para permitir la implementación LPS.

La presente investigación se enfoca en la implementación de LPS en Proyectos de Montaje Industrial en Minería, en un esfuerzo por cuantificar y comprender los impactos de la implementación en las distintas variables de desempeño de este tipo de proyectos. Durante un período de dos años, se estudió la implementación en tres proyectos de una empresa de montaje industrial para la Minería. Los resultados de la implementación son comparados con información estadística de proyectos ejecutados previamente y en paralelo, en los cuales el sistema LPS no fue implementado.

La investigación confirma el impacto del LPS en el cumplimiento de los objetivos de los proyectos y en el desempeño de las organizaciones. Los proyectos en los cuales el LPS fue implementado presentan altos resultados en aspectos de seguridad, márgenes de utilidad, productividad y eficiencia de la mano de obra. Se obtiene un alto grado de satisfacción en la evaluación de los clientes. La investigación entrega antecedentes que permiten abordar la implementación en proyectos futuros en el ámbito de los proyectos en Minería. Se analizan las dificultades y barreras encontradas. Se establecen recomendaciones para implementaciones futuras.

Palabras Claves: Lean Construction, Last Planner System, Proyectos Industriales en Minería.

ABSTRACT

During the last years an increasing number of companies have implemented the Last Planner system (LPS) (Ballard and Howell, 1994), providing evidence of its impact in the performance of construction projects (Alarcón et al, 2005) (González et al, 2007). In Chile, the implementation and study of LPS have been concentrated in edification projects (Alarcón et al, 2005), and exist little evidence of the impacts in projects of Mining. These projects are executed with tight schedules, high technical and logistic complexity, frequent scope changes and high economic impact in a context of zero accidents requirements. These characteristics settle down as obstacles to allow the implementation of LPS.

The present investigation focuses in the implementation of LPS in Industrial Mining Projects, in a effort to quantify and understand the impacts of the implementation in the different variables from performance of this kind of projects. During a period of two years, it was studied the implementation in three projects of a company of industrial assembly for the Mining. The results of the implementation are compared with statistical information of projects executed previously and in parallel, in which system LPS was not implemented.

The investigation confirms the impact of the LPS in the fulfillment of the objectives of the projects and in the performance of the organizations. The projects in which the LPS was implemented present high results in aspects of security, margins of utility, productivity and efficiency of the labor. A high degree of satisfaction in the evaluation of the clients was obtained. The investigation provides antecedents that allow to approach the implementation in future projects in the scope of the projects in Mining. The founded difficulties and barriers are analyzed. Settle down recommendations for future implementations.

Key Words: Lean Construction, Last Planner System, Industrial Mining Projects

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Productividad de la Minería y Construcción

Uno de los mayores desafíos de Chile es aumentar su productividad. En la actualidad el nivel de productividad laboral en Chile alcanza sólo un 34% en promedio (Fig.1-1) en relación nivel de productividad laboral de Estados Unidos (McKinsey, 2009). El único sector productivo de clase mundial en cuanto a productividad es el sector de Minería y la industria de la Construcción está incluso bajo el promedio nacional.

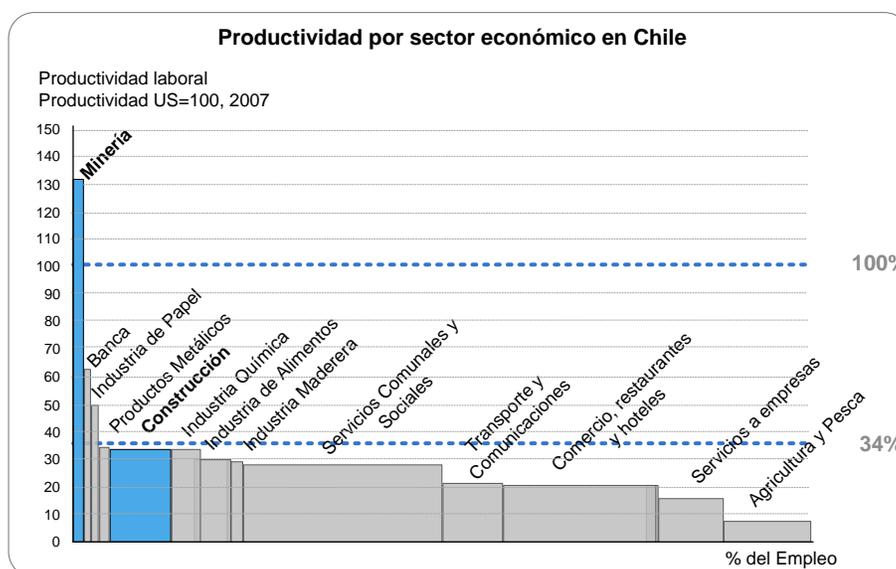


Figura 1-1: Productividad por Sector Económico en Chile (McKinsey, 2009)

En Minería, a pesar del rubro más productivo del país, se presentan importantes desafíos derivados del aumento de los costos y la reducción de las leyes de los yacimientos (Cochilco, 2007). Un aumento de la competitividad de la minería requiere de un aumento de la productividad, principalmente asociado en la búsqueda de la eficiencia operacional mediante innovación y reducción de costos (Fig. 1-2).



Figura 1-2: Productividad Sector Minero en Chile (McKinsey, 2009)

En la industria de la construcción los problemas de productividad son significativos. La necesidad de reformular las prácticas actuales de la construcción queda en evidencia al observar que en promedio sólo un 54% de las actividades del proceso productivo en construcción agregan valor (Fig. 1-3) (CDT, 2004).



Figura 1-3: Evaluación Productividad Sector Construcción en Chile (CDT, 2004)

Para mejorar la productividad se debe impulsar la excelencia operacional, aumentando la eficiencia mediante una mejor planificación y control de los

proyectos, estandarización y fortalecimiento de las capacidades técnicas y operacionales del personal (Fig. 1-4) (McKinsey, 2009).

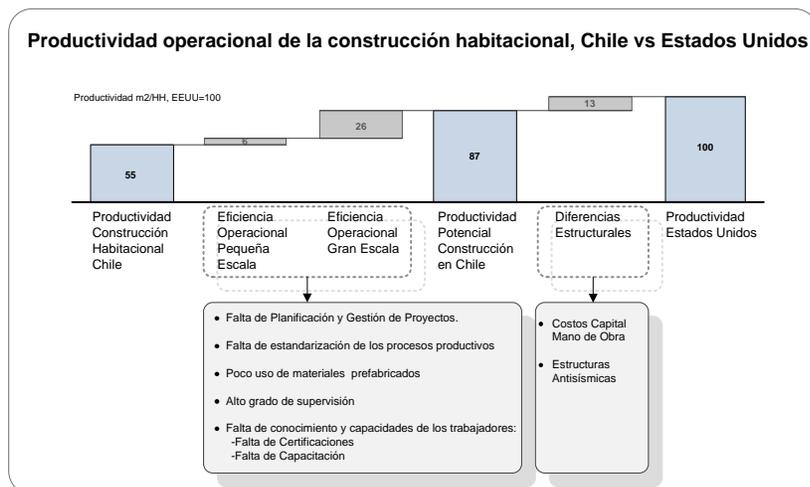


Figura 1-4: Productividad por Sector Construcción en Chile (McKinsey, 2009)

1.2 Relevancia de la Industria de la Minería en Chile

En Chile, la minería es el principal sector productivo. Considerando los enlaces con los otros sectores económicos la minería representó el 16,4% del PIB en 2009 (Fig.1-6) (BCCH, 2010). Del mismo modo, en el año 2008 la minería representó el 57% de las exportaciones de bienes, con una notoria tendencia al alza a partir del año 2004 (Fig. 1-5).

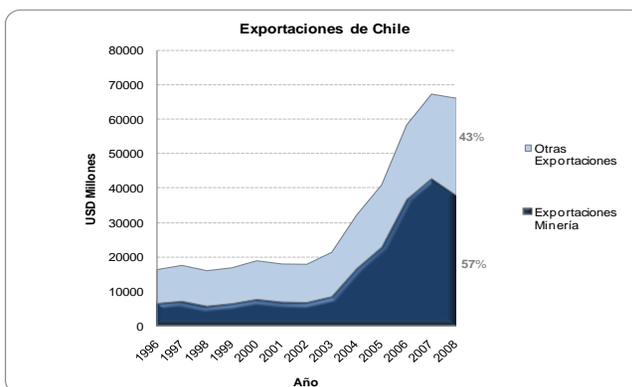


Figura 1-5: Exportaciones Minería en Total País (BCCH, 2009)

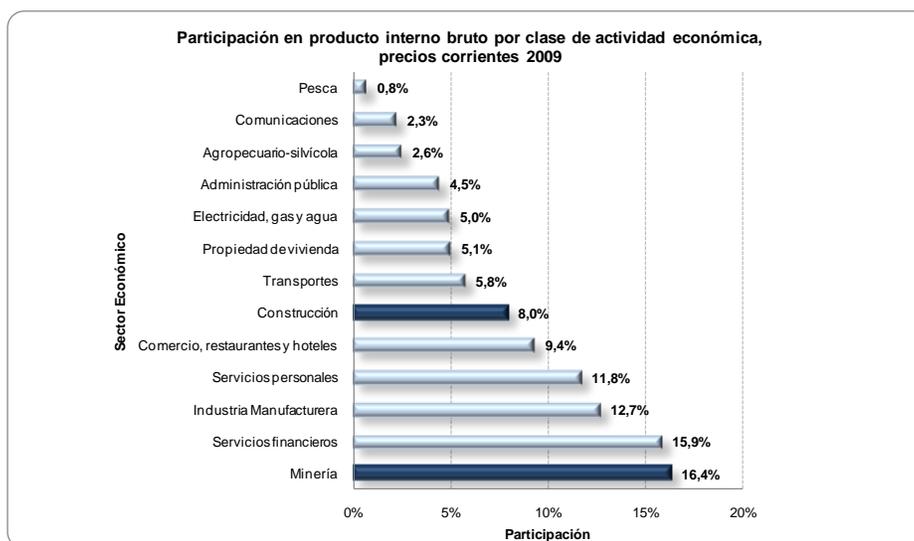


Figura 1-6: Participación en PIB 2009 por Sector (BCCH, 2010)

Se proyecta que la Minería continuará teniendo un rol fundamental en la economía nacional, se estima que para el período 2009-2012 la inversión en Minería represente un 36% del total de inversión en infraestructura productiva del país (Fig. 1-7) (CCHC, 2009), sólo superado por el sector energético cuya inversión a su vez está determinada de manera importante por el abastecimiento a la Minería, sector que representa el 33% del consumo de energía eléctrica del país (Fig. 1-8) (INE, 2008).

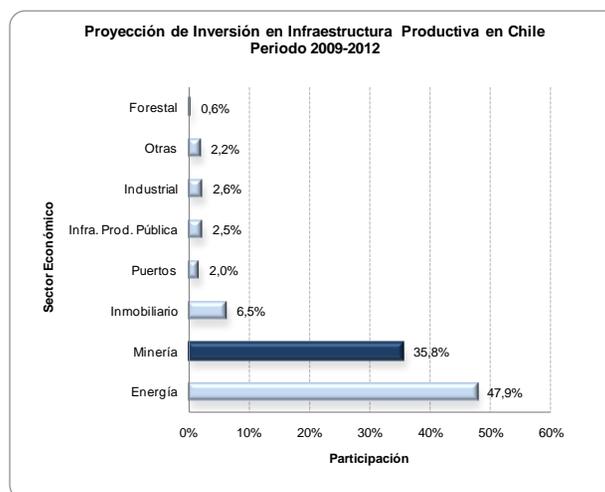


Figura 1-7: Proyección de Inversión en Infraestructura Productiva (BCH, 2009)

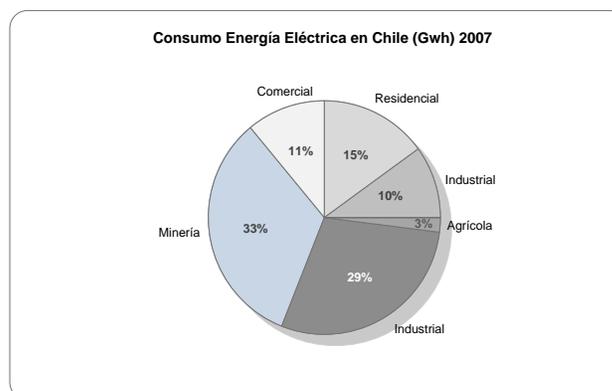


Figura 1-8: Consumo de Energía Eléctrica por Sector (INE, 2008).

A nivel mundial Chile concentra el mayor número de proyectos de explotación de Cobre (Cochilco, 2007). Sin embargo la constante reducción de leyes de mineral así como la constante fluctuación de los precios internacionales establecen un escenario de mayor competitividad, siendo las principales estrategias el aumento de la productividad y la reducción de costos teniendo como eje principal la innovación (Lima, 2009). Dentro de las principales metas de la Minería en Chile se encuentran (Consejo Minero, 2008):

- Mejorar la seguridad, salud e higiene de la industria.
- Consolidar una minería sustentable, mediante un balance aceptable de efectos económicos, ambientales y sociales.
- Bajar los costos de producción.
- Manejar el riesgo tecnológico y la inversión.
- Mejorar las relaciones con los trabajadores y colaboradores.
- Promover la exploración y desarrollo de nuevos proyectos.

A partir de los objetivos definidos de seguridad, sustentabilidad, reducción de costos en las operaciones y desarrollo de nuevos proyectos, se establece el marco de acción general bajo los cuales los proyectos de construcción de infraestructura minera deben ser ejecutados. Se configura el nexo entre la eficiencia de la gestión de los proyectos de construcción y los objetivos de la industria de la Minería a través de los siguientes impactos:

- Impacto de los accidentes de los contratistas en los indicadores de seguridad y sustentabilidad de las compañías mineras y deterioro de la imagen corporativa de la empresa. La empresa mandante es responsable por los accidentes de las empresas contratistas.
- Impacto en la producción (detenciones o disminuciones) por ocurrencia de accidentes o condiciones sub-estándar.
- Impacto en reducción de los costos de los proyectos de construcción asociados a los montos de inversión inicial.
- Impacto en la reducción de los plazos de construcción y puesta en marcha de la operación de las instalaciones.

1.3 Proyectos de Montaje Industrial y Relación con Minería

En la industria de la construcción en Chile la mayor parte de la inversión está destinada a la construcción de infraestructura productiva, del total de la inversión proyectada al año 2010 un 49,4% corresponde a infraestructura productiva (Fig. 1-9) (CCHC, 2009). Dentro la inversión destinada a infraestructura productiva, el sector económico que mayor incidencia tiene en la inversión en construcción es la Minería

con un 40,4%, seguido por la Energía con un 34,8% (Fig. 1-10) y ambas con tendencia a aumentar en los años 2011 y 2012 (Fig. 1-11). A partir de estos antecedentes se grafica la relevancia de construcción en Minería en el escenario de la industria de la construcción en Chile.

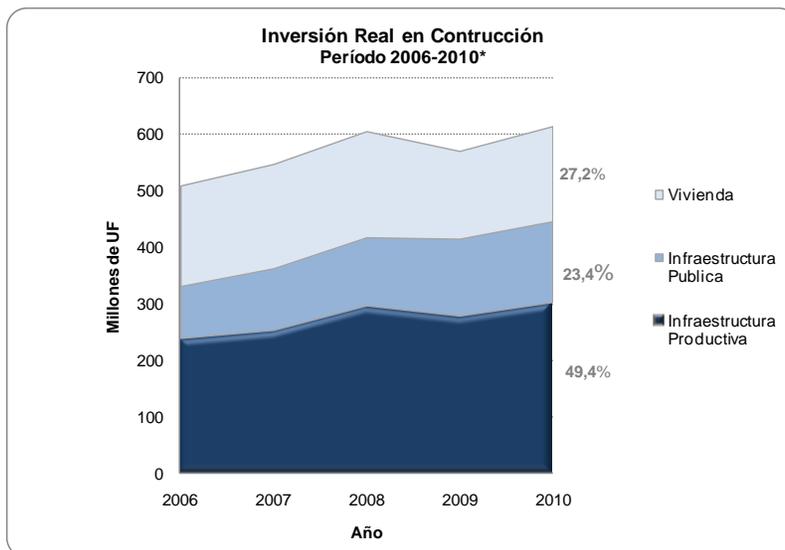


Figura 1-9: Inversión en Construcción 2006-2010 (CCHC, 2009).

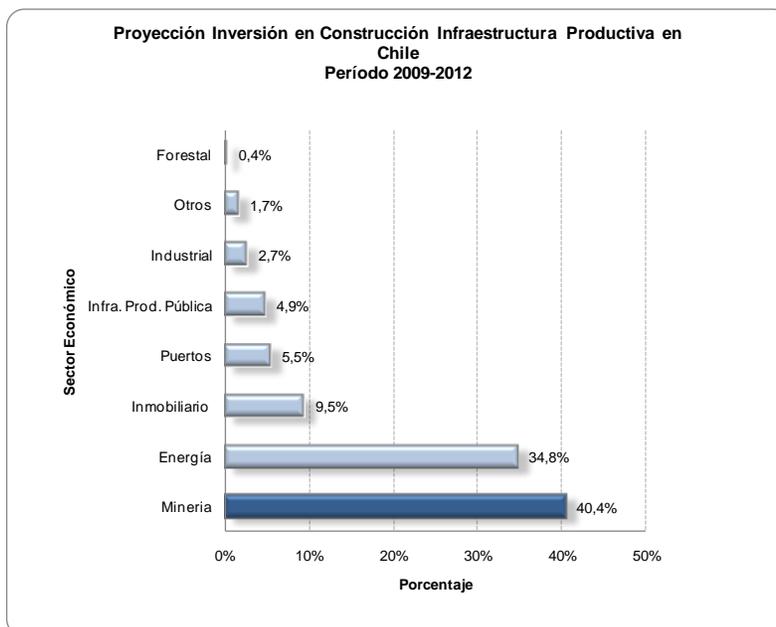


Figura 1-10: Inversión Infraestructura Productiva 2009-2012 (CCHC, 2009).

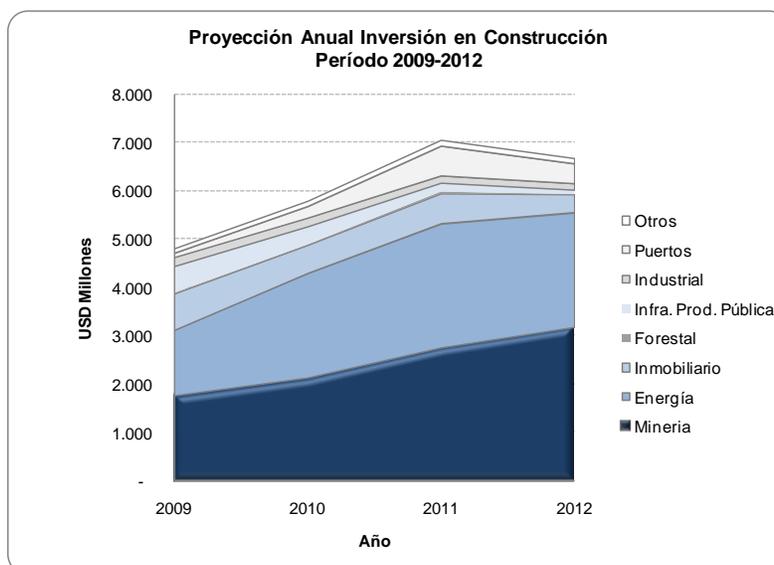


Figura 1-11: Proyección Inversión Construcción 2009-2012 (CCHC, 2009).

Los proyectos de montaje industrial presentan características distintivas en relación a otras áreas de la construcción en Chile y el Mundo. Los proyectos Fast Track, proyectos complejos de manufactura y plantas de proceso plantean grandes desafíos a la industria de la construcción, ya que las condiciones de rápido cambio e incertidumbre en estos casos se ven extremadas (Ballard y Howell 1994). Dentro de los aspectos que distinguen a los proyectos de montaje industrial, y que están presentes en Minería se encuentran (Ballard y Howell, 1994):

- Extensas y complicadas cadenas de suministros.
- Muchos actores involucrados. Alta interdependencia disciplinaria (Izquierdo et al, 2008)
- Presión de construir para coincidir con ventanas de mercado.

- Múltiples cambios en el diseño. En muchos casos el introducir cambios al proceso de construcción tiene menor impacto económico que las mejoras en la producción a través de cambios a la ingeniería.
- Variabilidad en la definición del alcance (Tommelein, 1998)
- Los proveedores de suministros para los proyectos optimizan su producción de acuerdo a sus restricciones internas y no de acuerdo a las necesidades de los proyectos (Tommelein, 1998).
- Nicho de mercado con competencia de empresas de nivel internacional.
- Locaciones Geográficas Remotas (Izquierdo et al, 2008)
- Ambientes Frágiles y Responsabilidad Social (Izquierdo et al, 2008)
- Contexto de Cero Accidentes.

Uno de los aspectos estratégicos en el ámbito de los Proyectos de Montaje Industrial en la Minería es el contexto de cero accidentes en el cual los proyectos deben ser ejecutados. Los índices de accidentabilidad de las empresas son parámetros claves en la evaluación de desempeño de los contratistas y se establecen como en el eje principal de la sustentabilidad de las empresas en el rubro de la Minería. Los índices de accidentabilidad además de entregar valor al cliente entregan competitividad a las empresas constructoras al evitar el sobre costo en la mano de obra por cotizaciones adicionales. Las acciones tendientes a mejorar la gestión y planificación, a través de la estandarización, sistematización y normalización de la producción de los proyectos contribuyen a un mejor desempeño en la seguridad, a través de (Koskela, 1992):

- Áreas de trabajo ordenadas y limpias.
- Trabajo sistematizado, proceso transparente y menor confusión.
- Reducción de interferencias.
- Reducción de las urgencias mediante la planificación y análisis de las actividades.

Las características de los Proyectos de Montaje Industrial en el contexto de la Minería presentan un escenario de mayor complejidad e incertidumbre en contraste con procesos de construcción en edificación y en otras industrias. En este escenario las prácticas tradicionales de administración de proyectos son insuficientes (Ballard y Howell, 1994) (Izquierdo et al, 2008), principalmente por las deficiencias en la gestión y eliminación de los factores que afectan la estabilidad del proceso constructivo. De este modo se establece la necesidad de implementar nuevas herramientas metodológicas que permitan abordar las problemáticas asociadas a este tipo de construcciones.

1.4 Investigación en Construcción Lean en Chile

Desde mediados de la década de 1990 importantes esfuerzos de incorporación de las prácticas de Construcción Lean han sido realizadas por empresas constructoras en el mundo y en Chile, con el objetivo de introducir mejoras en los procesos de administración de los proyectos (Alarcón et al, 2002). En el marco de las prácticas Lean, el sistema de control de la producción Last Planner (LPS) ha sido implementado en cientos de proyectos en Chile (Alarcón et al, 2005) reportando resultados tales como:

- Mejoras en la Productividad (entre un 7% y un 48%).
- Reducción de la Variabilidad de la Producción.
- Mejoras en la confiabilidad de la planificación.
- Reducción de urgencias.
- Reducción de plazos.
- Involucramiento de los mandos medios.

A partir de las implementaciones previas se ha establecido relación estadística entre el desempeño del indicador la confiabilidad de la planificación PPC (Porcentaje de la Planificación Completada) y los indicadores de desempeño del programa SPI (Schedule Performance Index) (Olano et al, 2009) e indicadores de productividad (González et al, 2007). Las investigaciones asociadas a la implementación de Last Planner en Chile confirman su contribución en la mejora del desempeño de los proyectos, sin embargo los estudios han estado enfocados en proyectos de tipo residencial y de edificación (Alarcón et al, 2005) (González et al, 2007) existiendo escasa evidencia de la implementación e impacto en Proyectos de Montaje Industrial y de menor manera en el ámbito de la Minería. Una aproximación al impacto del LPS en Proyectos en Minería es el estudio de de J. Izquierdo y R. Arbulu en Perú en el año 2008, en el cual la implementación de Last Planner es asociada a positivos resultados en el cumplimiento de la programación y en productividad, pero en un contexto distinto de la realidad nacional.

1.5 Pregunta y Objetivos de la Investigación

La investigación se enmarca en el esfuerzo por contribuir a un mayor conocimiento del marco de acción de la filosofía de producción Lean y específicamente del Sistema Last Planner en el ámbito del montaje industrial de infraestructura minera en Chile, determinado por relevancia de estos proyectos en la industria de la construcción, los niveles de inversión asociados y el escaso conocimiento existente respecto a la aplicación de estas prácticas en el contexto de la Minería. En función de lo anterior se establece la pregunta de investigación:

¿Cómo impacta la implementación del Sistema Last Planner en el cumplimiento de los objetivos de los Proyectos de Montaje Industrial en Minería?

A partir del problema se establecen los objetivos generales y específicos de la investigación:

Objetivo General:

Evaluar el impacto de la implementación del Sistema Last Planner en el desempeño de proyectos de Montaje Industrial en Minería.

Objetivos Específicos:

1. Lograr la implementación de la metodología LPS en obras de Montaje Industrial en Minería.

2. Evaluar el cumplimiento de los objetivos de Seguridad, Plazos, Márgenes de Utilidad, Productividad, Eficiencia de Mano de Obra y Satisfacción del Cliente en los proyectos en donde se implementó LPS.
3. Determinar el grado de relación entre la reducción de la variabilidad y la evolución de los indicadores de programación SPI (Schedule Performance Index) y costos CPI (Cost Performance Index).
4. Establecer recomendaciones metodológicas para optimizar la implementación del LPS en proyectos de montaje industrial.

1.6 Hipótesis de Trabajo y Limitaciones de la Investigación

En los casos de estudio en donde se implemente el sistema Last Planner se establecen como hipótesis de trabajo de la investigación que:

1. La implementación de LPS contribuye a dar cumplimiento a los objetivos de Seguridad, Plazos, Margen de utilidad, Eficiencia mano de obra, Productividad, Satisfacción del cliente de los Proyectos de Montaje Industrial en Minería
2. Los proyectos en donde se implementa LPS presentan mejores resultados que proyectos ejecutados por la misma empresa en donde no se implementó LPS.
3. Existe relación significativa entre la confiabilidad de los proyectos (PPC) y la evolución del los indicadores SPI y CPI de desempeño de la programación y costo respectivamente.

4. La implementación de LPS contribuye en el desempeño de la organización (Equipos de Trabajo) de los proyectos.

Las principales limitaciones asociadas al alcance de la investigación están relacionadas con las características de los casos de estudio evaluados:

- **Sector Económico:** Los casos estudiados corresponden en su totalidad a Proyectos de Montaje para la Industria de la Minería, la cual presenta condicionantes particulares y por lo tanto los resultados serán muestra de este contexto productivo específico.
- **Empresa:** Los casos estudiados corresponden en su totalidad a proyectos ejecutados por una única empresa, la cual presenta características particulares de tamaño, cultura organizacional y modelo de negocio.
- **Número de Casos:** Los resultados de la investigación abarcan la experiencia de implementación en tres proyectos en particular, con sus condicionantes y alcances específicos que los diferencian entre si y respecto a otros proyectos.

Sin perjuicio de lo anterior, y en el contexto de la metodología de casos de estudio, las variables presentes en la investigación son representativas de la realidad nacional de los proyectos de montaje industrial en Minería, razón por la cual es posible plantear una generalización teórica a partir de estos casos, para implementaciones futuras de LPS en proyectos de montaje industrial en Minería.

1.7 Descripción Tesis

La tesis está estructurada en cinco capítulos:

- **Capítulo 1: Introducción**, tiene como objetivo establecer el problema y objetivos de la investigación, delimitando el contexto y las hipótesis de trabajo que guiarán el trabajo.
- **Capítulo 2: Marco Teórico**, tiene como objetivo establecer el contexto teórico que da sustento a la investigación y al sistema de planificación a implementar en los proyectos, recogiendo los avances y recomendaciones establecidas a partir de investigaciones previas.
- **Capítulo 3: Metodología y Casos de Estudio**, tiene como objetivo el establecer el método y diseño operacional de la investigación, definiendo una secuencia de trabajo e incorporando la descripción de los casos de estudio analizados.
- **Capítulo 4: Resultados**, tiene como objetivo el exponer los datos y análisis resultantes de la implementación de LPS en los casos estudiados.
- **Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones**, tiene como objetivo el establecer las recomendaciones metodológicas para futuras implementaciones de LPS y las conclusiones del impacto de LPS en los proyectos de montaje industrial en Minería.

2. MARCO TEORICO

2.1 Producción Lean

“La Producción Lean es lean porque utiliza la mitad de todo comparado con la producción en masa, la mitad de esfuerzo humano en la fábrica, la mitad del espacio de fabricación, la mitad de la inversión en herramientas, la mitad de las horas de ingeniería para desarrollar un producto en la mitad del tiempo. También requiere mantener mucho menos de la mitad del inventario en terreno, produce mucho menos defectos y produce una mayor y siempre creciente variedad de productos.....los productores lean fijan su mirada explícitamente en la perfección. (Womack et al, 1990)

La Producción Lean tiene su origen en el desarrollo e implementación de nuevas prácticas en la producción automotriz de la empresa Toyota a partir la década del 1950, liderados por el ingeniero de producción Taiichi Ohno y Eiji Toyoda. La síntesis de las acciones detrás de la implementación realizada por Toyota en sus operaciones da origen al conjunto de conceptos, métodos y herramientas denominados Producción Lean. (Womack et al, 1990)

El beneficio de la utilización de las prácticas Producción Lean por parte de Toyota es expuesto en el estudio de la industria automotriz realizado el IMPV (Internacional Motor Vehicle Program) en MIT (Massachusetts Institute of Technology) liderado

por Jim Womack, Dan Jones y Dan Roos. En la segunda mitad de la década de 1980. En este estudio se comparan los indicadores de producción de la industria automotriz en Norte América y Europa con Japón y la empresa Toyota en particular. El estudio reveló que los indicadores de productividad en la producción de Toyota fueron significativamente mejores que sus contrapartes americanas y europeas. Un ejemplo es la comparación de una planta de ensamblaje de General Motors y una de Toyota hacia el año 1987 (Tabla. II-1).

Tabla II-1: Comparación de Indicadores de Producción (Womack et al, 1990)

Indicadores Planta Ensamblaje General Motors Framingham Versus Planta Ensamblaje Toyota Takaoka en 1986		
Indicador	GM Framingham	Toyota Takaoka
Horas Totales de ensamblaje por auto	40,7	18
Horas Ajustadas de ensamblaje por auto	31	16
Defectos de ensamblaje por cada 100 autos	130	45
Área de ensamblaje por auto (m2)	0,75	0,45
Partes de Inventario (%)	2 Semanas	2 Horas
Notas: (1)Horas Totales de ensamblaje equivalen al total de horas de trabajo en la planta dividido por total de autos producidos		
(2)Numero ajustado de horas por auto incluye actividades estándar de ensamblaje		
(3)Defectos por coche fueron estimados de la Encuesta de calidad inicial 1987.		
(4) Espacio de ensamblaje por auto es pies cuadrados por vehículo al año corregido para el tamaño del vehículo.		
(5) Los inventarios son un promedio aproximado de partes principales		
Fuente: International Motor Vehicle Program.		

A partir de estos resultados se establecen los elementos que distinguen a la forma de producción de Toyota de la forma de producción de las otras empresas. Una primera aproximación para distinguir los aspectos que involucra la Producción Lean es mediante la comparación entre las formas de producción artesanal y la producción en masa. (Womack et al, 1990)

La producción artesanal se caracteriza por la utilización de mano de obra con alto nivel de habilidades, generando un número reducido de productos, utilizando herramientas flexibles, ajustando el producto a los requerimientos del cliente. El principal problema es el alto costo asociado. Desde principios del siglo XX, en la industria manufacturera, la producción en masa reemplazó mayoritariamente al método de producción artesanal. La producción en masa se caracteriza por utilizar trabajadores con limitadas habilidades, herramientas y equipos poco flexibles, entregando una reducida gama de productos y con escasas posibilidades de ajuste a los diversos requerimientos de los clientes. El mayor volumen de producción posibilita la reducción del costo de los productos, haciéndolos más accesibles y convirtiéndose en la principal ventaja del método masivo. Se produce sólo lo que el sistema permite, de manera accesible, pero no necesariamente lo que el cliente demanda. (Womack et al, 1990)

La producción Lean busca combinar las ventajas de ambos modelos productivos, evitando el alto costo de la producción artesanal y la rigidez de la producción en masa, mediante la incorporación de trabajadores con múltiples habilidades, con capacidad de decisión sobre el trabajo bajo su responsabilidad, produciendo de exactamente de acuerdo a los requerimientos del cliente y en un contexto de búsqueda de la perfección, reduciendo continuamente los costos totales de producción, sin defectos y sin inventarios (Fig. 2-1) (Womack et al, 1990). La producción Lean tiene como objetivo aumentar la eficiencia de la producción

satisfaciendo los requerimientos del cliente entregando más valor (Womack y Jones, 1996). Producir lo mismo o más con menos recursos (Goldratt, 1984)

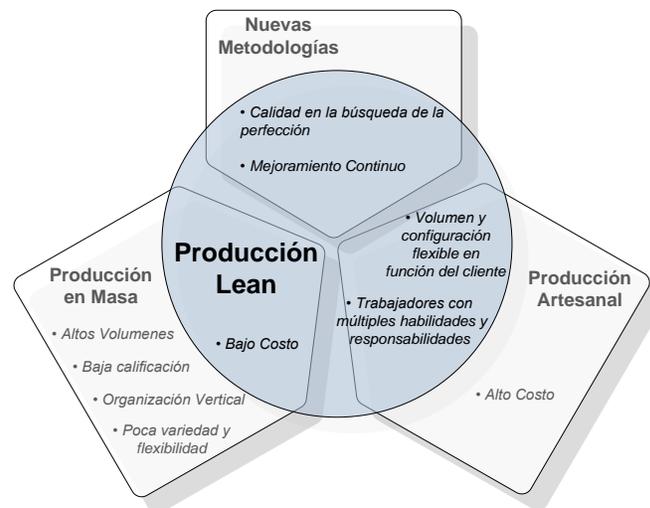


Figura 2-1: Producción Lean

A partir de las investigaciones en el campo de la industria automotriz se intensifican los esfuerzos para la formalización conceptual de esta nueva filosofía de producción (Koskela, 1992), buscando una síntesis se permita su posterior aplicación en otros campos de la producción, incluida la industria de la construcción.

Es posible identificar una serie de metodologías, técnicas y herramientas que influyen y pasan a formar parte, en mayor o menor medida, de la filosofía de producción Lean. Las de mayor influencia son JIT (Just in Time) y el TQC (Total Quality Control) y en general las asociadas al TPS (Toyota Production System). En la construcción, sólo las metodologías asociadas al mejoramiento de la calidad fueron implementadas previamente a la formalización de la producción Lean (Koskela, 1992):

- **Just in Time (JIT):** Desarrollada e implementada por Taiichi Ohno y Shigeo Shingo para Toyota. Estrategia productiva que se enfoca en la eliminación de inventarios como método para reducir las pérdidas del proceso. Para posibilitar la eliminación del inventario y trabajo sin terminar en el proceso productivo se requiere la eliminación de las esperas, transporte, defectos, desplazamientos. Se obtiene como resultado mayor beneficio económico aumentando el valor para el cliente. Requiere del involucramiento de los proveedores como parte del proceso (Womack y Jones, 1996).
- **Total Quality Control (TQC):** Producción con enfoque de calidad total, mediante la utilización de herramientas estadísticas para el control sistemático de la calidad en la producción, incorporando a toda la organización como parte activa del proceso de aseguramiento de la calidad.
- **Mejoramiento Continuo (Kaizen):** Estrategia de mejoramiento sistemático de todos los aspectos asociados a la producción, estableciendo un método: Planificar, Ejecutar, Medir, Actuar, buscando una implementación gradual en los procesos de tal modo de mantener los logros obtenidos y alcanzar nuevas mejoras.
- **Involucramiento del Trabajador:** Estrategia orientada a agilizar la toma de decisiones mediante capacitación y empoderamiento de quienes ejecutan el trabajo y conformando equipos multitareas.
- **Estrategia basada en el valor:** enfoque en satisfacer de forma sistemática los requerimientos del cliente. Fortalecer el vínculo con el cliente.

De este modo se estructuran los conceptos, principios y metodologías fundamentales asociados a la nueva filosofía de producción (Fig. 2-2) (Koskela, 1992):

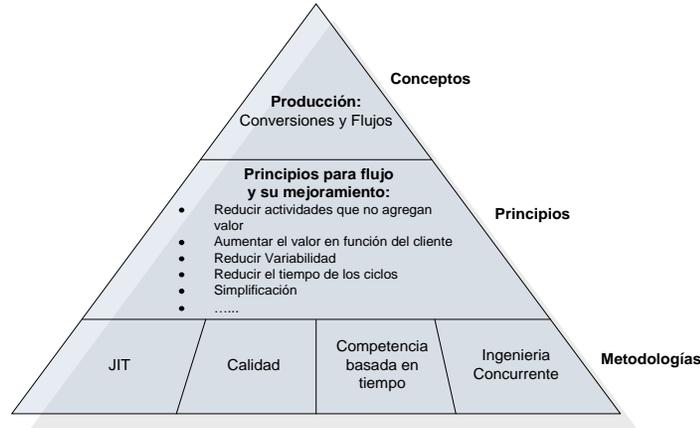


Figura 2-2: Diferentes Niveles en la Nueva Filosofía de Producción (Koskela, 1992)

Dentro del espectro de metodologías, principios y herramientas asociadas a Lean Production se pueden distinguir cinco conceptos fundamentales (Womack y Jones, 1996):

- **Valor:** Identificar y especificar de manera precisa el valor (en función del cliente) asociado a un determinado producto.
- **Flujo de Valor:** Identificar la secuencia de generación de valor.
- **Flujo:** Encontrar la manera óptima en que debe ocurrir la secuencia de generación de valor y luego garantizar y controlar que fluya.
- **Pull:** La producción se configura siempre a partir de un requerimiento.
- **Perfección:** Todas las acciones en la producción son tendientes a la búsqueda de la perfección.

2.1.1 Valor

“Producir exactamente lo que el cliente necesita exactamente cuándo lo requiera”
(Womack y Jones, 1996).

El puente entre el cliente y el producto es el valor. Enfocarse en el valor es definir, ampliar y fortalecer el vínculo entre producto y cliente. La fortaleza del vínculo está definida por el grado de precisión en la interpretación y captura de los requerimientos del cliente. A partir de la satisfacción del cliente se determina el grado de valor que entrega el producto.

En la medida que la interpretación de las necesidades del cliente se establece con mayor precisión se debe prescindir de todo elemento anexo a las necesidades identificadas. Al identificar y eliminar aquello que no es requerido se reduce el requerimiento de incorporación de materiales, servicios, información, posibilitando un menor costo de producción o un producto con mejores prestaciones, contribuyendo a establecer una diferencia competitiva basada principalmente en la generación de valor, por sobre la escala de la producción o su costo. (Womack y Jones, 1996)

2.1.2 Secuencia de Valor

Una vez definido el valor es necesario identificar aquellas instancias en donde el valor se agrega y en cuáles no, precisando la secuencia en que éstas se suceden. Las instancias del proceso en donde no se genera valor deben ser eliminadas en lo posible y de no ser posible el objetivo es reducirlas al máximo, permitiendo sólo aquellas

actividades en donde el valor se agrega. (Womack y Jones, 1996). Tanto las instancias en donde se agrega el valor y aquellas que no agregan valor deben ser medidas y controladas para posibilitar su optimización. Se pueden identificar tres tipos de actividades en el proceso productivo (Womack y Jones, 1996):

- Las que agregan valor y deben ser optimizadas.
- Las que no agregan valor pero son necesarias y deben ser reducidas al mínimo posible.
- Las que no agregan valor y no son indispensables las cuales deben ser eliminadas inmediatamente.

En una primera instancia los esfuerzos deben orientarse a eliminar o reducir las actividades que no agregan valor para enfocarse posteriormente y en el mejoramiento de las actividades de conversión en donde se agrega valor (Koskela, 1992). Actividades que no agregan valor y que deben ser eliminadas o reducidas son (Womack y Jones, 1996):

- Defectos en la producción, tanto entre fases del proceso como hacia el cliente.
- Retrabajos, todo aquello que implique retroceder en el proceso productivo.
- Inventarios, vinculados a la producción en masa y mayores tamaños de lote. Cuando la producción no esta asociada al flujo demandado existente tendencia a la generación de inventario para dar uso a la capacidad instalada. El objetivo es satisfacer la demanda de forma reactiva con mayor capacidad de reacción y velocidad de producción y no con inventarios o inercia productiva. Reducir los

inventarios implica reducir el capital inmovilizado en trabajo no terminado (Goldratt, 1984).

- Transporte, todos los desplazamientos no indispensables.
- Esperas, atrasos, todo el exceso de tiempo utilizado.
- Trabajos Innecesarios, todo aquello que no es requerido por el cliente y por ende no agrega valor.

La reducción y eliminación de las actividades que no agregan valor y los inventarios debe ser contrastada con el cumplimiento de los objetivos de producción, venta e ingresos. El objetivo es equilibrar la optimización de la producción con la generación de valor de forma simultánea y no de forma independiente. (Goldratt, 1984)

2.1.3 Flujo

Una vez definido el valor y la secuencia en la cual el valor es agregado, es necesario el garantizar que el valor fluya, de acuerdo a una determinada demanda. Lo anterior se establece a partir de:

“El objetivo de la producción Lean es posibilitar un flujo continuo de producción, lograr que el flujo de valor suceda sin interrupciones, sin pérdidas, sin inventarios, ni esperas, mediante la optimización del flujo de valor a través de la secuencia productiva. El objetivo de pensamiento de la producción como un flujo es eliminar todas las detenciones en todo el ciclo productivo (Womack y Jones, 1996)”

“El Objetivo es normalizar la producción, articular la cadena productiva de tal modo de normalizar el flujo de trabajo. (Goldratt, 1984)”

Dentro de las acciones tendientes a lograr el flujo de valor continuo y la normalización de la producción están:

- **Conformación de equipos integrados e integrales en sus capacidades,** orientado a la conformación equipos de trabajos comprometidos y coordinados, capaces de establecer y sostener compromisos confiables, que permitan lograr los objetivos del proyecto (Macomber et al, 2003), mediante una mayor y efectiva comunicación (Womack y Jones, 1996). Los miembros del equipo deben tener la capacidad de tomar decisiones respecto al trabajo que ejecutan, que permita el actuar de manera rápida y proactiva respecto a los desvíos del proceso que sean identificados. Son quienes ejecutan el trabajo quienes mayor conocimiento tienen de las restricciones que afectan a la producción y de la capacidades de cada recurso (Goldratt ,1984). Para lograr la mayor velocidad de respuesta, resolución de problemas y menor tiempo de ciclo los equipos deben ser conformados de forma multidisciplinaria, con miembros multifuncionales, que conozcan todos los aspectos de la operación, siendo participes no sólo de una fase específica del proceso sino del total (Womack y Jones, 1996).
- **Reducción del tiempo de Ciclo:** enfocado a entregar una respuesta rápida a la demanda sin recurrir a inventarios, agilizando la creación de valor y en definitiva entregando en el menor tiempo posible el valor al cliente mediante (Womack et al, 1990, 1996) (Goldratt ,1984):

- **Optimización del Tamaño de lote;** que permita reducir el tiempo de proceso, los tiempos de procesamiento y de espera aumentando la velocidad del flujo.
 - **Flexibilidad,** favoreciendo la utilización de herramientas y procedimientos versátiles y de rápida configuración y adaptación, que permitan una rápida y eficaz respuesta a distintos tipos de requerimientos.
 - **Reformulación del Proceso y del Layout Productivo,** reducir y simplificar al máximo posible las etapas del proceso productivo, reorganizándolas en el espacio de tal modo de establecer una secuencia con el mínimo de desplazamientos y requerimientos de buffers de producción intermedios.
-
- **Equilibrio de Carga y Capacidad de Recursos,** búsqueda del equilibrio de los distintos componentes de un sistema productivo y la demanda de trabajo ejercida, posibilitando el mantener un ritmo de producción constante y confiable. La capacidad del proceso está limitado por elementos de menor capacidad, cuya capacidad es igual o inferior a la demanda ejercida sobre él sucesivas (Goldratt ,1984). Una vez identificados los elementos de menor capacidad los esfuerzos deben concentrarse en reducir la demanda de trabajo sobre este recurso distribuyendo carga en otros recursos y luego optimizando la capacidad productiva específica de cada recurso. Los recursos con menor capacidad deben

situarse al inicio del proceso de tal modo de aumentar la probabilidad de éxito de la producción en las sucesivas (Fig. 2-3). (Goldratt ,1984)

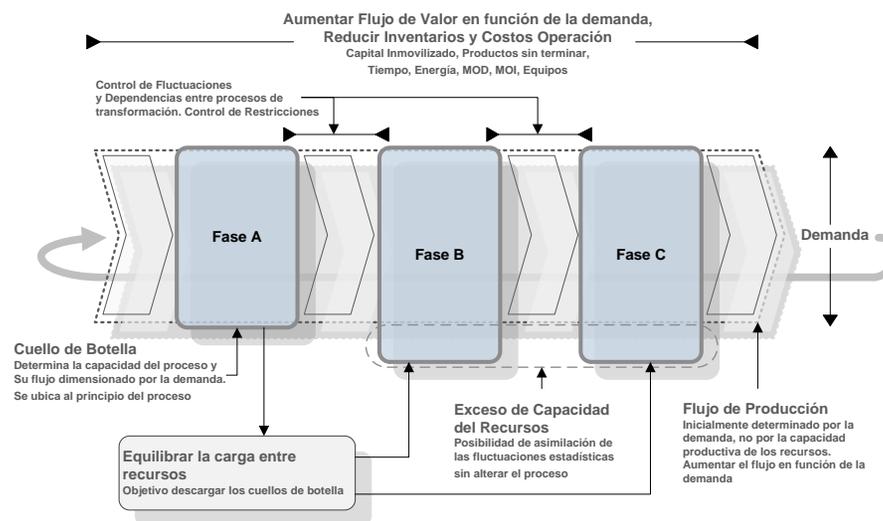


Figura 2-3: Modelo de Flujo de Producción (Goldratt, 1984)

- **Control de la variabilidad e incertidumbre**, Identificar, medir y tomar acciones para eliminar o reducir los factores causales de la variabilidad externa o inherente a cada una de las actividades y elementos de un proceso productivo. A partir de las dependencias y relaciones existentes entre actividades se establece que las variaciones en la producción en una actividad son el punto de partida para la actividad siguiente y afectan la capacidad total del proceso dado el mayor consumo de recursos necesarios para poder recuperar los desvíos previos. La confiabilidad de la producción se ve afectada por la efectividad del control de las dependencias y fluctuaciones entre actividades, que son las causas de retrasos y desviaciones de la producción (Goldratt, 1984), tal como defectos de calidad, falta de recursos, falta de información entre otros. Los buffers (colchones) de

producción surgen como una medida efectiva para enfrentar la incertidumbre dado que permiten garantizar la producción mediante la reducción de la variabilidad sobre todo enfocándose en los procesos críticos de la operación (Womack y Jones, 1996), pero tienen un alto costo dado que son inventarios, estableciéndose como pérdidas necesarias en función en un objetivo más amplio cual es la confiabilidad del proceso.

- **Enfoque de Proceso:** los esfuerzos deben estar orientados a la mejora del proceso en su totalidad y no de forma parcializada (óptimos locales) (Womack y Jones, 1996) (Goldratt, 1984). El control y análisis de desvíos y fuentes de variabilidad debe ser evaluada en el contexto de su influencia en el desempeño de las etapas previas y posteriores, y en definitiva del desempeño del conjunto.

2.1.4 Pull

El volumen del flujo de valor es determinado en primera instancia por la demanda y luego por la capacidad. La demanda establece un requerimiento de una determinada producción y a un ritmo determinado. Toda aquella producción que no requerida es pérdida. Dado que la producción es determinada por la solicitud de producción, es objetivo primordial el encontrar solicitudes para activar (tirar) la producción. (Womack y Jones, 1996) (Goldratt, 1984)

2.1.5 Perfección

La generación de valor debe producirse en un contexto de búsqueda de la perfección y mejoramiento continuo. Todas las acciones del proceso productivo deben estar alineadas con este objetivo. La búsqueda de la perfección implica la elaboración de productos exactamente como el cliente requiere, ampliando el valor entregado y optimizando en paralelo el proceso de generación, al reducir o eliminar las pérdidas y aumentando la confiabilidad. Sólo productos sin defectos deben fluir a través del proceso de elaboración. Dos requisitos necesarios para alcanzar la perfección en la producción son la transparencia del proceso y el mejoramiento continuo, de tal modo de crear una cultura de producción que haga sustentables en el tiempo las mejoras alcanzadas mediante la credibilidad y confianza por parte de la organización. (Womack y Jones, 1996)

2.2 Construcción Lean

A partir de la formalización de los conceptos asociados a la producción Lean, se establecen los esfuerzos por traspasar estos conocimientos desde el ámbito de la producción en manufactura hacia otras áreas de la producción tal como la construcción, orientado en la búsqueda de una solución a los problemas crónicos de la construcción tales como la baja productividad, baja seguridad, condiciones de trabajo precarias y calidad insuficiente (Koskela, 1993). La implementación de las prácticas asociadas esta nueva filosofía de producción en el ámbito de la construcción es denominada denomina **Construcción Lean** (Alarcón, 1997). La formalización de la construcción lean comienza con la reformulación del modelo conceptual tradicional del proceso de construcción (Koskela, 1992), para

posteriormente enfocarse en la optimización de la generación de valor y en el flujo del mismo a través del proceso constructivo.

2.2.1 Modelo de Conversión y Modelo de Flujo en Construcción

Modelo de Conversión

Corresponde al modelo de producción que tradicionalmente ha sido utilizado para conceptualizar el proceso de producción y ha sido aplicado a la construcción. Explica la producción como una secuencia de conversiones a partir de inputs determinados y que generan unos ciertos outputs (Fig. 2-4). Todas las actividades del proceso agregan valor. El costo total del proceso de producción es igual al costo de cada uno de los procesos y subprocessos de conversión. Los esfuerzos de optimización están orientados a cada proceso y subprocesso de forma independiente, generalmente mediante la introducción nueva tecnología en la búsqueda de un aumento de la productividad de forma parcializada (Koskela, 1992).

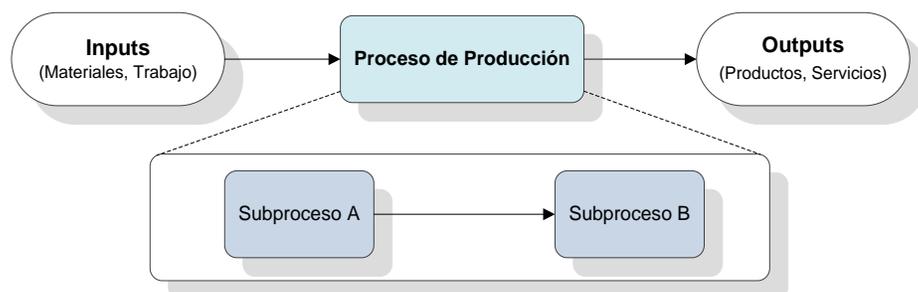


Figura 2-4: Modelo de Conversión

El modelo de conversión, al considerar que todas las actividades generan valor y enfocarse en los óptimos locales omite a aquellas actividades de flujo entre

actividades de conversión, tales como desplazamientos, esperas, inspecciones, las cuales también impactan en el desempeño del proceso. Al ser omitidas las actividades de flujo no son objeto de control, afectando significativamente la producción dado que las actividades que no agregan valor son mayoritarias, tal como es posible observar en los procesos de construcción (Koskela, 1992).

Modelo de Flujo

La nueva filosofía de producción plantea el modelo de producción como un flujo de materiales o información a través de un proceso compuesto por actividades de conversión y actividades de flujo (Fig. 2-5). Las actividades de flujo suceden entre las actividades de conversión. Ambas consumen recursos pero solo las de conversión agregan valor. (Koskela, 1992).

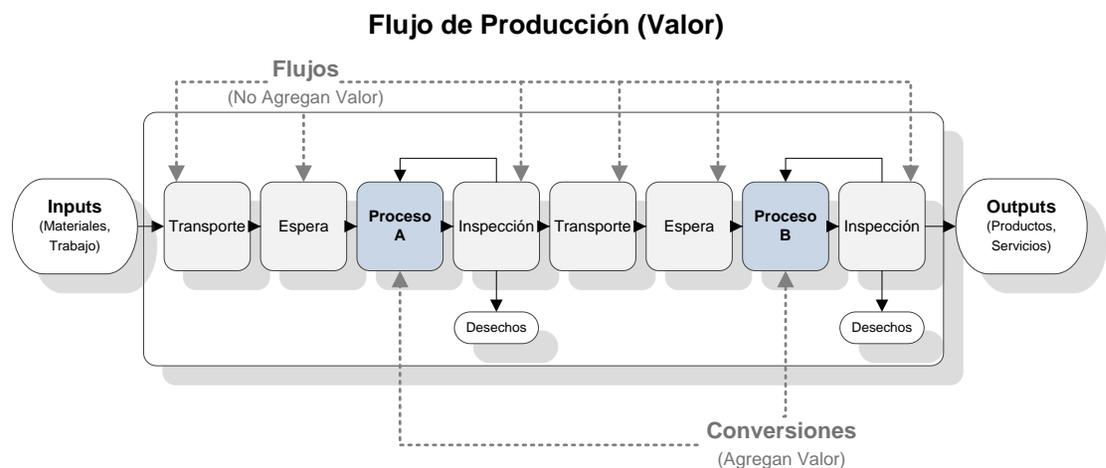


Figura 2-5: Modelo de Flujo de Producción (Koskela, 1992)

La optimización debe estar enfocada al total del proceso, comenzando por las actividades de flujo y posteriormente las de conversión (Fig. 2-6). (Koskela, 1992).

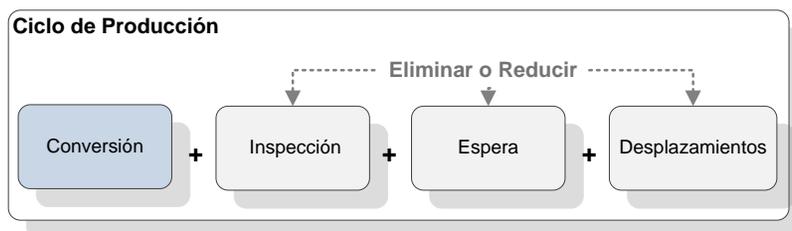


Figura 2-6: Componentes del Tiempo de Ciclo de Producción

De este modo se establece el modelo conceptual de producción que sirve como base para la implementación de las prácticas de Producción Lean en la industria de la construcción y que se enfoca en reconocer y controlar las actividades de flujo (Tabla II-2):

Tabla II-2: Filosofía Convencional y Nueva Filosofía de Producción (Koskela, 1993).

	Filosofía de Producción Convencional	Nueva filosofía de producción
Concepto de Producción	Producción consiste en actividades de conversión; todas las actividades agregan valor	Producción consiste en actividades de conversión y flujos, Las conversiones agregan valor y los flujos no agregan valor
Foco de Control	Costo de las actividades	Costo, tiempo y valor de los flujos
Foco de Mejoramiento	Aumento de la eficiencia mediante la implementación de nueva tecnología	Eliminación o supresión de las actividades que no agregan valor, aumentar la eficiencia de las actividades que agregan valor a través del mejoramiento continuo y nueva tecnología

2.2.2 Características de la Producción en Construcción

Previo a la implementación de prácticas lean en la industria de la construcción es necesario reconocer que existen significativas diferencias entre la producción en construcción y de la producción en fábrica, en donde tiene su origen la filosofía de producción Lean. Los aspectos fundamentales que diferencian la producción en construcción son (Koskela, 1992) (Ballard y Howell, 1995):

- Productos únicos e irrepetibles, cada proyecto tiene sus características y condicionantes particulares.
- Producción in situ, la fábrica es la faena, no existe un ambiente con las variables controladas para la producción, surgen mayores desplazamientos del personal en la medida que se desplaza el foco de producción.
- Definición del alcance es variable y evoluciona en el transcurso del proyecto.
- Secuencia de trabajo variable, no estandarizada, sólo la secuencia primaria esta es conocida, la secuencia detallada se ajusta en función de las necesidades.
- Organización temporal, cada proyecto tiene una organización distinta, lo cual incide en la pérdida de conocimiento, integración del equipo y condiciones laborales inestables lo cual incide en menor motivación.

Estos aspectos se traducen en una mayor complejidad e incertidumbre de la producción en construcción. De este modo, a diferencia de la producción industrial, el objetivo de eliminación de inventarios se condiciona a la reducción de la variabilidad e incertidumbre. La incorporación de buffers se establece como una

necesidad para aumentar la confiabilidad de la producción en construcción (Ballard y Howell, 1995).

2.2.3 Valor en Construcción

Desde la perspectiva de la generación de valor en función del cliente, se requiere definir y medir cuáles son los aspectos que entregan valor en la construcción. Estos aspectos son (Womack y Jones, 1996):

- **Sin Pérdidas:** el proyecto como parte de la operación del cliente no debe generar pérdidas tales como accidentes, daños a equipos, instalaciones, personas, comunidad, entorno físico.
- **Alcance:** obtener el producto en conformidad con lo solicitado, sin defectos y operando de manera óptima.
- **Plazo:** obtener el producto en el plazo requerido, sin desvíos.
- **Costo:** debe ser acorde a lo requerido, predecible y conocido.

En paralelo están las actividades que no generan valor pero son necesarias para cumplir con los objetivos del proyecto, tal como la planificación, el control de costos y la prevención de riesgos (Koskela, 1992). La planificación y el control sólo deben ser los estrictamente necesarios para garantizar el cumplimiento de los objetivos del proyecto ya que por definición no agregan valor al producto y consumen recursos.

A partir de la identificación de la secuencia de generación de valor los esfuerzos deben orientarse en la eliminación o reducción de las actividades de no generan valor. En Chile, se ha identificado que un 53% del total de tiempo de trabajo es

dedicado a actividades no agregan valor (Fig. 2-7) (Trabajo contributivo 28% y No contributivo 25%) y frecuentemente los administradores de los proyectos no tienen suficiente claridad respecto de los factores que producen pérdidas o bien no tienen medida de su importancia e impacto en el desempeño del proyecto, dado que no son identificados ni controlados (Serpell et al, 1995).

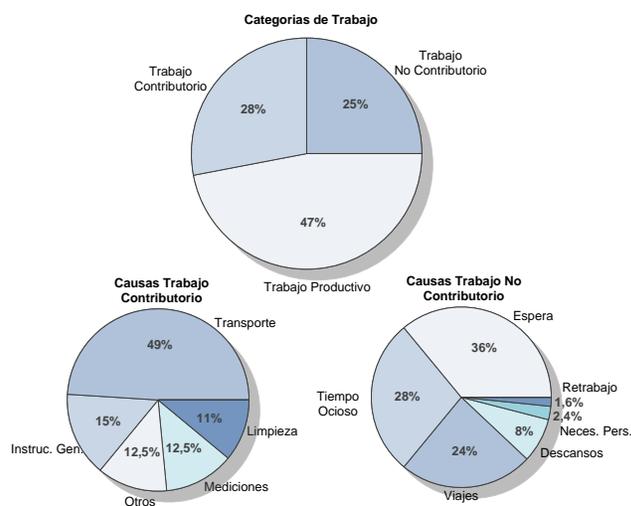


Figura 2-7: Distribución de las Categorías de Trabajo en Construcción (Serpell et al, 1995)

Dentro de las actividades que no agregan valor al proceso en construcción es posible identificar: transporte, esperas, defectos, pérdidas de material, retrabajos e inspecciones. (Womack y Jones, 1996) (Koskela, 1992) (Serpell et al, 1995). Algunos de los aspectos con mayor incidencia en la generación de pérdidas en el proceso de construcción y su respectiva propuesta desde el enfoque Lean son (Tabla II-3) (Koskela, 1992):

Tabla II-3: Causas de Pérdidas y Enfoque Lean.

Causas de Pérdidas	Expresión	Enfoque Lean
Deficiencias en la Planificación	No se cumple lo planificado	<ul style="list-style-type: none"> • Considerar actividades de flujo • Gestión de Restricciones y recursos • Análisis causas de no cumplimiento
Deficiencias de Comunicación	Flujo de información es lento y confuso	<ul style="list-style-type: none"> • Organización Horizontal • Empoderamiento • Transparencia
Procesos deficientes	Procesos no son predecibles	<ul style="list-style-type: none"> • Medición de todo el proceso • Eliminar causas de variabilidad • Mejoramiento Continuo • Simplificación • Flexibilidad • Administración Visual

El objetivo del enfoque Lean es establecer un balance entre el mejoramiento de los flujos como de las actividades de conversión. El mayor potencial de mejoramiento esta en las actividades de flujo, las cuales requieren de menor inversión pero de mayores requerimientos de tiempo. El objetivo es perfeccionar los procesos existentes antes de diseñar nuevos procesos. (Koskela, 1992)

2.2.4 Flujo y Reducción de la Variabilidad en Construcción.

“La estabilidad es el aspecto clave del la teoría de producción Lean” (Ballard y Howell, 1994)

La estabilización del flujo de trabajo se logra mediante la reducción de variabilidad y de la incertidumbre (Ballard y Howell, 1994). Es necesario medir el nivel de variabilidad del proceso, registrar las causas raíces de la variabilidad en la producción

y posteriormente eliminarlas (Koskela, 1992) estableciendo una primera estrategia de acción en función de la estabilización.

Una segunda estrategia para la reducción de variabilidad es el asignar buffers de recursos o de programación a las actividades con mayor incertidumbre de tal modo de proteger la producción y asegurar el flujo de trabajo. En la medida que aumenta el buffer la probabilidad de mantener el flujo es mayor, ya que se reduce la incertidumbre, pero tiene asociado un mayor costo inmediato (Howell y Ballard, 1994). Los buffers deben localizarse a la “salida” de los procesos más inciertos, garantizando la producción del proceso siguiente, y deben ser dimensionados en función incertidumbre de la actividad. (Ballard y Howell, 1994)

2.3 Administración, Planificación y Control, Enfoque Tradicional y Visión

Lean.

A partir de la reformulación del modelo conceptual de producción en construcción surge la necesidad de evaluar la forma de administración, planificación y control de las operaciones de construcción. En el modelo tradicional de Project Management el rol del administrador está definido como quien debe convertir una serie inputs (recursos) en outputs de productos, servicios y finalmente utilidades (Fig. 2-8) (Kerzner, 2006).

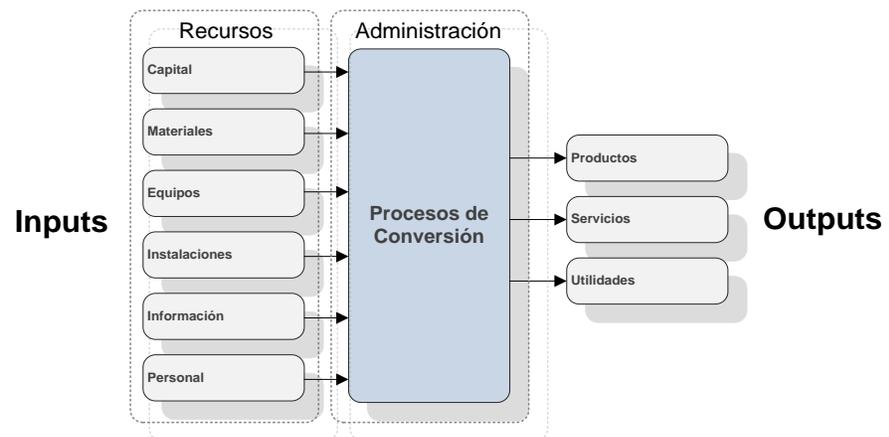


Figura 2-8: Rol de la Administración (Kerzner, 2006)

Basados en el modelo de conversión, la administración tradicional en conjunto con la programación mediante CPM (Critical Path Method) establecen un modelo del proceso constructivo en forma de una red de eventos y actividades de transformación en secuencia directa unas con otras (Kerzner, 2006), no existiendo actividades que no sean sólo de transformación. Esta modelación del proceso constructivo omite los flujos entre conversiones, dejándolos fuera del control, omitiendo sus efectos y excluyéndolos de procesos de mejoramiento (Koskela, 1992). Al omitir las causantes de la variabilidad en la producción el modelo CPM no permite operar de manera eficiente y confiable en entornos de proyectos con alta incertidumbre, complejidad y plazos cortos (Ballard, 1993). Dentro de los aspectos que inciden en la deficiente consideración de la variabilidad están (Koskela, 1992) (Ballard, 1993):

- **Fragmentación**, la concepción del proyecto en compartimentos y no como flujo. Deficiencias en la gestión del conocimiento y los procesos de mejoramiento. Control segmentado y óptimos locales de productividad (Koskela, 1992).

- **Gestión de Recursos Compartidos**, la simplificación de las relaciones y dependencias entre las actividades y la utilización de recursos compartidos inciden en menor confiabilidad de la planificación. (Ballard, 1993)
- **Restricciones**, No son incorporadas en la simulación o son simplificadas.

2.3.1 Control Reactivo, Control Proactivo y Objetivos de Proyecto

De acuerdo esquema tradicional el método de control de proyectos tiene su enfoque en la comparación (Ballard y Howell, 1994). El control se establece como un proceso de verificación, que se realiza mediante la comparación del desempeño real a la fecha con respecto al plan definido en la fase de planificación, para luego tomar acciones correctivas. El método del Valor Ganado se establece como la herramienta central para el control de los proyectos desde la perspectiva tradicional del Project Management (PMI, 2004). Se concentra en el control de los desvíos objetivos de plazo y costos de los proyectos, permitiendo adquirir una perspectiva clara respecto a la magnitud de los mismos, pero no entrega información detallada que permita tomar acciones sobre la gestión de la producción y las causas raíces de los desvíos que permitan corregirlos. En este contexto las acciones asociadas a la función de control desde la perspectiva tradicional son (Kerzner, 2006):

- **Medir:** determinar mediante reportes el grado de cumplimiento de los objetivos.
- **Evaluar:** Determinar la causa y las posibles vías de mejora de los desvíos respecto al plan.
- **Corregir:** Tomar acciones para corregir una tendencia desfavorable.

Desde la perspectiva del Project Management un proyecto es administrado exitosamente si logra los objetivos establecidos inicialmente, en función de los siguientes aspectos (Kerzner, 2006):

- En Costo.
- Con la tecnología/rendimiento deseados.
- Mientras se utilizan los recursos asignados de forma eficaz y eficiente.
- Aceptados por el cliente.

A partir del enfoque establecido en el modelo tradicional de control se pueden establecer las siguientes limitaciones en su alcance:

- El control se concentra en los objetivos globales del proyecto, tal como plazos, costos y productividad (Ballard, 2004) (Alarcón, 1993).
- No existe focalización en el control de las actividades que no agregan valor, no hace visible las pérdidas ni las causas de no cumplimiento de la planificación, disminuyendo la posibilidad de aprendizaje y por ende la estimulación del mejoramiento continuo (Koskela, 1992) (Ballard, 2004).
- Al estar basado en la comparación con las líneas bases, permite establecer comparaciones con distorsiones (se presenta cuando las líneas bases permanecen desactualizadas), dado el constante cambio en el alcance y objetivos que se ven expuestos los proyectos durante su ejecución.
- No hay medición del desempeño de la confiabilidad de la planificación (Ballard, 2004)
- Las acciones de control son reactivas en función de los desvíos (Ballard, 2004).

- No existe enfoque en la planificación por parte del equipo que ejecuta el trabajo (Ballard, 2004).
- No es proactivo en cuanto a estabilizar el flujo de producción. Sólo existe un nivel de planificación: el plan maestro, definido al inicio del plan y que luego se controla, pero no plantea una forma de reducción sistemática de la variabilidad (Fig. 2-9) (Ballard y Howell, 1994).

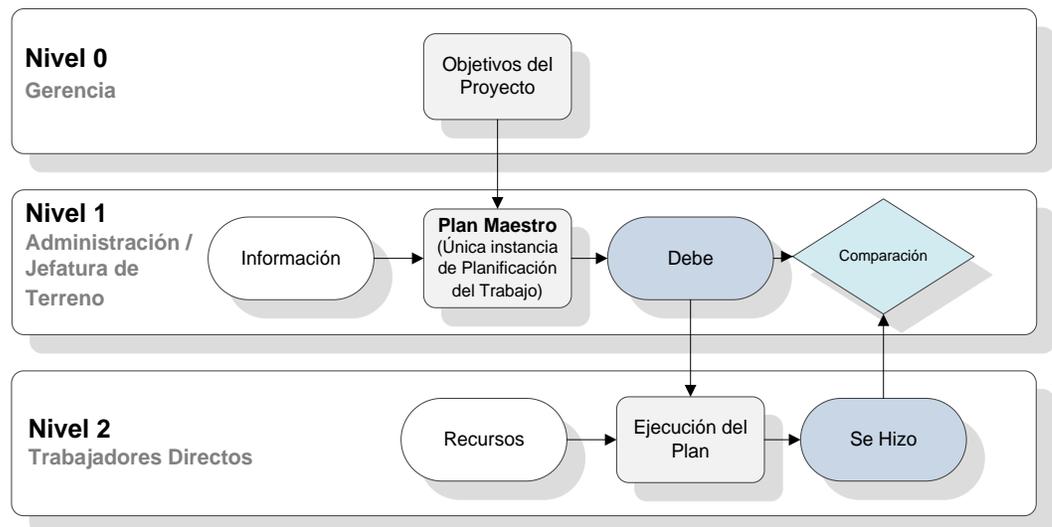


Figura 2-9: Práctica de Control Tradicional

A partir de las deficiencias identificadas en el método tradicional de administración y control, la nueva filosofía de producción plantea la necesidad de complementar la medición de los objetivos generales del proyecto con el control de las actividades de flujo, pérdidas, valor, tiempo de ciclo y variabilidad, medir la confiabilidad de la planificación registrando las causas de no cumplimiento y permitiendo el mejoramiento continuo de la operación. (Koskela, 1992) (Ballard y Howell, 1994) (Alarcón, 1993).

De este modo se establece que para el adecuado control del proyecto ambos sets de medidas son importantes (Koskela, 1992), tanto aquellas medidas que apuntan al cumplimiento de los objetivos generales del proyecto como aquellas que van orientadas al control de pérdidas y estabilidad de la producción.

En función del cumplimiento del plan del proyecto, los objetivos deben ser definidos de forma explícita, estableciendo claramente las implicancias asociadas a dichos objetivos y deben ser monitoreados de forma permanente (Howell y Ballard 1994). Dentro del set de medidas complementarias necesarias desde la perspectiva del Project Management y la construcción Lean están (Alarcón, 1993):

- Efectividad: Cumplimiento de los objetivos del proyecto, plazos, alcance, beneficios.
- Eficiencia: Relación entre los recursos planificados y lo efectivamente utilizado.
- Calidad del Servicio.
- Utilidad: Relación entre ingresos y costos. Efectividad de uso de los recursos financieros.
- Productividad: Relación entre inputs de recursos y outputs.
- Valor y Pérdidas: Satisfacción del Cliente, Calidad, Defectos, Accidentes.
- Variabilidad y causas de no cumplimiento: Desempeño del flujo de producción.
- Innovación: adaptación creativa a las necesidades, cambios y presiones.
- Satisfacción del Recurso Humano en la organización.

2.3.2 Administración como Gestión de Compromisos

La aproximación convencional a la administración de proyectos establece un enfoque en la gestión de las actividades:

*“La dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las **actividades** de un proyecto para satisfacer los requisitos del proyecto. La dirección de los proyectos se logra mediante la aplicación e integración de los procesos de dirección de proyectos de inicio, planificación, ejecución, seguimiento, control y cierre. El director de proyecto es la persona responsable del alcanzar los objetivos del proyecto” (PMBOK, 2004).*

Un nuevo enfoque de la administración de proyectos y el liderazgo es propuesto mediante la teoría de la acción lingüística planteada por Fernando Flores en 1982, estableciéndose como una contribución a la perspectiva tradicional de administración (Macomber et al, 2003) (Howell et al, 2004).

Desde la perspectiva de la acción lingüística los proyectos son concebidos como una **red de compromisos**, establecidos para dar cumplimiento a los requerimientos del cliente. De este modo la función de administración debe orientarse a la generación de una red de compromisos a partir de la **gestión de la organización** y entregarle confiabilidad y credibilidad a dichos compromisos. La confiabilidad de la red de compromisos se asocia a la probabilidad de cumplimiento del requerimiento del cliente (Macomber et al, 2003). A su vez la participación de los miembros de

Tabla II-4: Enfoque Tradicional y Nuevo Enfoque de Acción Lingüística

	Enfoque Tradicional (Fayol)	Nuevo Enfoque (Flores)
Paradigma	<ul style="list-style-type: none"> • Reduccionista, determinístico. • El proyecto como máquina. • Enfoque en control. • Producción en masa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Holístico y orgánico. • Proyecto es un esfuerzo humano y social. • Red de compromisos. • Producción Lean.
Problema	<ul style="list-style-type: none"> • La eficiente ubicación y uso de los recursos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Construir y mantener confianza a través de promesas fiables. • Favorecer el aprendizaje e innovación.
Visión de futuro	<ul style="list-style-type: none"> • Creada y mantenida por la Administración y transmitida a los trabajadores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Creada en conjunto.
Planificación	<ul style="list-style-type: none"> • El acto inicial de la administración, trabajo de expertos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Práctica en equipo para dar coherencia a los compromisos con lo prometido al cliente.
Inteligencia operacional	<ul style="list-style-type: none"> • Reside en el administrador. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reside al nivel de agregación del valor, trabajadores directos.
Rol del administración	<ul style="list-style-type: none"> • Administrar es planificar. • Creación e implementación de planes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Administrar es organizar. • Creación de una estructura organizacional coherente.
Rol de los trabajadores	<ul style="list-style-type: none"> • Hacer el trabajo determinado por el plan de la administración y sus decisiones. Robots 	<ul style="list-style-type: none"> • Agentes autónomos e inteligentes, con capacidad de tomar decisiones. • Responsabilidad que ejercer juicio. Personas.
Modelo de Liderazgo	<ul style="list-style-type: none"> • Comando y control. • Comunicaciones directivas a los trabajadores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Coaching. • Fomento continuo del entorno organizacional, construir confianzas entre personas para la comunicación. • Aprendizaje e innovación.
Motivación	<ul style="list-style-type: none"> • Externas, recompensas y castigos dirigidos hacia la consecución de objetivos. • Imposición de metas 	<ul style="list-style-type: none"> • Generados internamente. • Individuos conectan sus intereses, meta compartida es más posible que cada individual.
Técnica Central	<ul style="list-style-type: none"> • Plan CPM, Valor Ganado 	<ul style="list-style-type: none"> • Conversaciones a cada nivel • Plan de Fase • Lookahead • Plan de trabajo semanal

2.4 Sistema Last Planner

2.4.1 Concepto

A partir de los principios de producción Lean y su implementación en la construcción, en el marco de la Construcción Lean, se establece como herramienta central el Sistema de Control de la Producción Last Planner (Ballard, 1994).

Last Planner se establece conceptualmente como la formalización a la práctica de la construcción del principio de flujo continuo de la Construcción Lean, protegiendo el flujo de trabajo de las fuentes de variabilidad. (Howell y Ballard 1994)

El principal objetivo de Last Planner es la estabilización de la producción mediante la reducción de la variabilidad de la producción, entendiendo el control como las acciones tendientes a posibilitar la ejecución de las actividades de acuerdo al plan, estableciendo un mecanismo proactivo de control de la producción, reduciendo la brecha entre la producción y lo planificado (Ballard, 2000).

La reducción de la variabilidad en la producción se estructura a partir de la planificación de actividades posibles de ejecutar del universo de actividades que se deben ejecutar (Fig. 2-11), y de forma paralela generar las acciones para aumentar el espectro de actividades posibles de ejecutar, mediante la identificación y la liberación de restricciones. Las actividades libre de restricciones conforman un inventario de trabajo ejecutable (Howell y Ballard 1994).

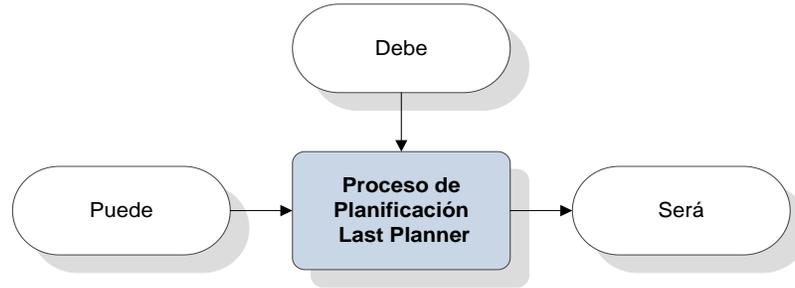


Figura 2-11: Planificación Operacional (Howell y Ballard, 1994)

Una vez que el espectro de actividades posibles de ejecutar se amplía, el foco central en la implementación de Last Planner es la generación de compromisos confiables de producción por parte de quienes ejecutan el trabajo, seleccionando sólo actividades libres de restricciones (Ballard y Howell, 1994). El objetivo es aumentar la probabilidad de ejecución del plan, entregar la responsabilidad de la decisión de la planificación al último nivel de planificación, en donde las asignaciones de trabajo son directamente generadas (Howell y Ballard, 1994)

Last Planner permite e incentiva a los integrantes del equipo establecer, articular y activar una red de compromisos de producción para dar cumplimiento a los objetivos del proyecto. Los compromisos de producción confiable posibilitan un flujo de trabajo confiable. (Macomber et al, 2003)

2.4.2 Elementos del Sistema

La metodología de implementación de Last Planner agrega niveles de planificación entre el plan maestro y la decisión de ejecución por parte del último planificador (Fig. 2-12). Estos niveles de planificación adicionales incorporan filtros orientados a proteger la producción de la incertidumbre, estableciendo una estrategia de ajuste de

la planificación orientada a aumentar su confiabilidad (Ballard y Howell, 1994). Los niveles de planificación adicionales al plan maestro son, el plan intermedio (Lookahead) y el plan semanal.

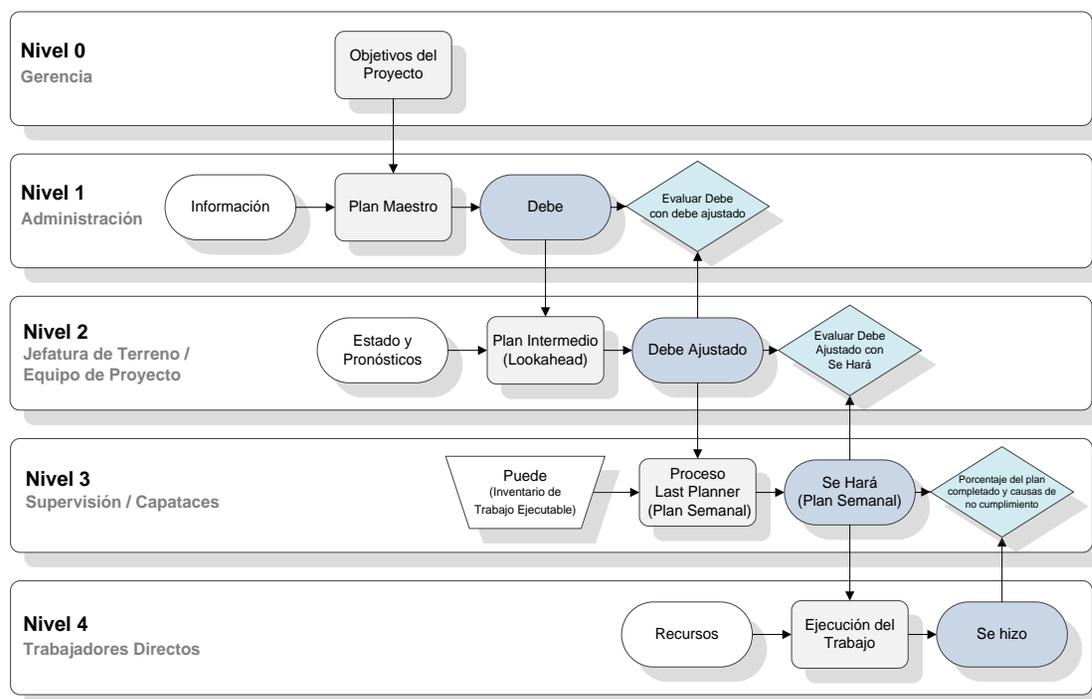


Figura 2-12: Proceso Last Planner (Howell y Ballard, 1994).

Plan Intermedio

A partir del plan maestro se establece una ventana de análisis que entrega un mayor detalle denominada plan intermedio, cuya duración está determinada por la capacidad de respuesta a la liberación de restricciones (a diferencia de los planes trisemanales tradicionales), y generalmente va entre 3 o 12 semanas del proyecto. Tiene como objetivo fundamental el controlar el flujo de producción (Ballard, 2000), revisando la secuencia de actividades y el balance entre carga y capacidad de los recursos (Alarcón, 2003). El horizonte de planificación varía de forma semanal desplazando el

período de análisis. En la etapa de plan intermedio el enfoque debe estar en la identificación y liberación de restricciones de tal modo de generar un inventario de trabajo a partir del cual por los últimos planificadores establezcan en el plan semanal. Como primer filtro del plan maestro, en el plan intermedio deben ser incorporadas las actividades sobre las cuales se tiene la certeza de que posteriormente podrán ser incorporadas en el inventario de trabajo ejecutable (Ballard y Howell, 1994).

Plan Semanal

Constituye el tercer y último nivel de planificación. En este nivel los últimos planificadores deben establecer los compromisos de producción a partir de las actividades del inventario de trabajo ejecutable, las cuales están libres de restricciones. Los compromisos de producción confiables parten de asignaciones de trabajos confiables. Las características de una asignación de trabajo confiable (asignación de calidad) son (Ballard y Howell, 1994) (Alarcón, 2003):

- **Consistencia:** Es seleccionado el trabajo que se puede hacer.
- **Definición:** El alcance es claro.
- **Secuencia:** El trabajo es seleccionado en la secuencia correcta.
- **Cantidad:** El trabajo es seleccionado en la cantidad correcta, de acuerdo a la cantidad de recursos disponibles para la ejecución.

Medición de Desempeño

Otro aspecto fundamental asociado a la implementación de Last Planner es la medición de la confiabilidad de la planificación, mediante la comparación sistemática

de los compromisos de producción establecidos y lo ejecutado. Esta medición se traduce el indicador PPC (Porcentaje de la Planificación Completada) expresado como el porcentaje de actividades comprometidas ejecutadas en la semana en relación a las planificadas en el plan semanal (Ballard y Howell, 1994).

Causas de No cumplimiento

A partir de la medición del PPC y las actividades comprometidas que no fueron completadas es necesario llevar el registro de las causas de no cumplimiento de los compromisos de tal modo de permitir el mejoramiento continuo y aprendizaje, previniendo que estas causas se repitan (Ballard y Howell, 1994). De este modo se establece la estrategia general de implementación del sistema de planificación Last Planner (Fig. 2-13):

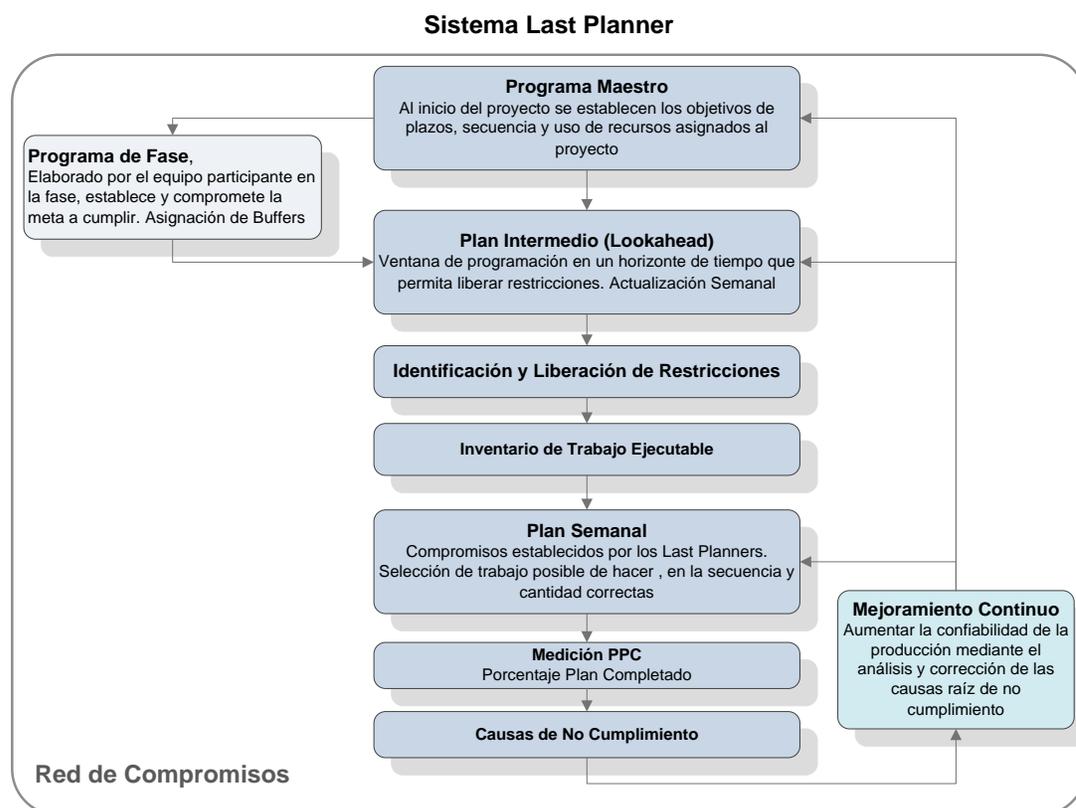


Figura 2-13: Secuencia de Implementación (Alarcón et al, 2002).

Existen elementos complementarios que han surgido a partir de la implementación de Last Planner en la industria. Dentro de estas herramientas complementarias se encuentran la programación por fases:

Programación por Fases

Cuando el proyecto presenta desafíos mayores por su complejidad o envergadura la aplicación de la programación por fases entrega la posibilidad de generar un plan con mayor detalle con respecto al plan maestro, integrando en la elaboración del plan al equipo encargado de su ejecución. Se definen objetivos a cumplir a través del sistema Last Planner y el programa es conocido por todos los involucrados en la ejecución, comprendiendo el rol de cada uno en la secuencia (Ballard y Howell, 2004). La planificación de fase se sitúa entre el plan maestro y el plan intermedio. La secuencia de la planificación por fases es (Ballard y Howell, 2004):

- Definir el alcance de la fase y fecha de término de la fase.
- El equipo que interviene en la fase, partiendo desde la fecha de término hacia el inicio, desarrolla la red de actividades requeridas para completar la fase.
- Asignar duraciones a cada actividad, sin contingencias.
- Revisar la lógica y tratar de acortar las duraciones.
- Determinar la fecha temprana de inicio de la fase.
- Si el tiempo sobrante decidir a qué actividades asignar buffer de tiempo o tiempo adicional, priorizando las más inciertas.
- Validar la secuencia de actividades, sus duraciones, buffers e hitos intermedios. Si no es así replantear.

- Si hay tiempo excedente decidir entre reducir la duración del programa o aumentar la probabilidad de terminar a tiempo.
- Reservar una contingencia general de tiempo sin una ubicación específica para la fase.

Se recomienda que una vez que el programa ha sido definido y aceptado por el equipo solo pueda ser modificado si hay un cambio contractual. (Knapp et al, 2006)

2.4.3 Resultados y Estrategias de Implementación

El sistema de producción Last Planner ha sido implementado desde 1992 en diversos países aportando mejoras significativas en el desempeño de los proyectos. A partir de su implementación el LPS se ha posicionado como el componente faltante en el set de herramientas tradicionales de administración de proyectos. (Ballard y Howell, 2004). Del resultado de las implementaciones anteriores de LPS y otras estrategias de producción Lean es posible identificar factores críticos y recomendaciones para el éxito de la implementación. Dentro de estos factores a considerar están (Alarcón et al, 2002) (Womack y Jones, 1996):

- Existe un rechazo natural al cambio en los sistemas de trabajo de las organizaciones. La implementación de LPS implica un cambio cultural, los cuales no son rápidos ni automáticos.
- Los recursos humanos y de disponibilidad de tiempo de la organización para implementar las nuevas prácticas. Dimensionar la organización de acuerdo a los cambios a introducir y los resultados esperados.
- Fomentar la capacitación sistemática.

- Establecer un agente de cambio que lidere la implementación, comenzando por el Administrador del Proyecto.
- La implementación de LPS requiere de un cambio en la estructura organizacional, desde la estructura vertical tradicional hacia una estructura en donde las decisiones se generan desde los niveles operacionales. En este escenario los administradores deben situarse en la posición de articuladores de la organización.

2.5 Conclusión Revisión Bibliográfica

A partir de la revisión bibliográfica se ratifica la necesidad de complementar el control de los objetivos de los proyectos desde la perspectiva de la administración tradicional, con el control sistemático de la confiabilidad de la producción mediante la reducción de la variabilidad y el mejoramiento continuo (Fig. 2-14).

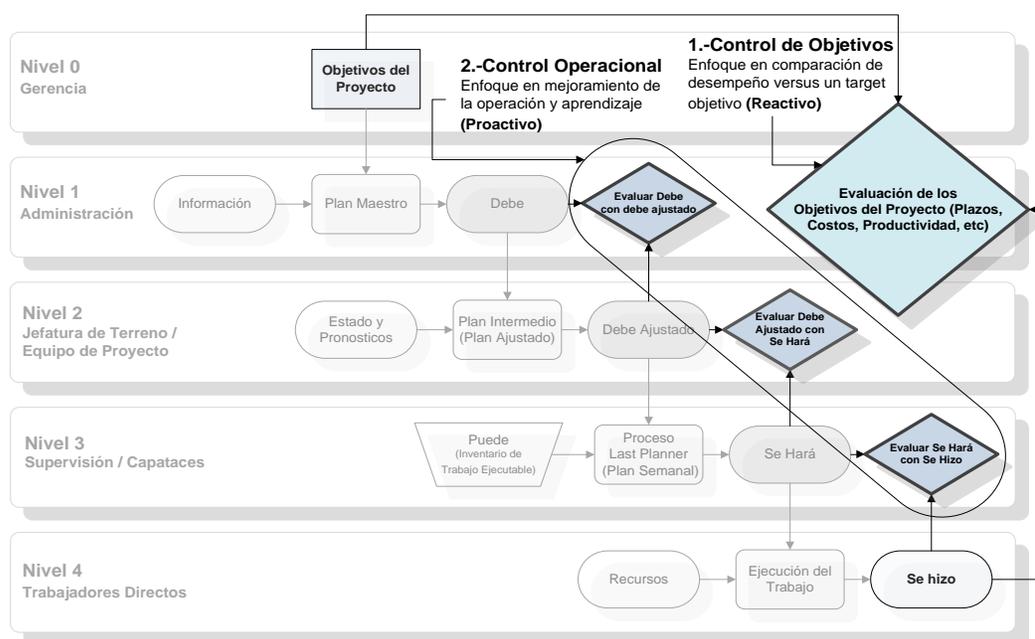


Figura 2-14: Control de Objetivos y Control Operacional

La necesidad de control desde la perspectiva de los objetivos y desde la perspectiva de la estabilización de la producción en paralelo permite establecer el desempeño real de los proyectos desde un enfoque de análisis convergente de las distintas variables.

Se confirma la necesidad de establecer un vínculo entre la Implementación de LPS y el cumplimiento de los Objetivos de los proyectos mediante la evaluación de la relación entre el desempeño de la confiabilidad de la planificación (PPC) y la evolución de los indicadores convencionales de control de plazos y costos como el SPI y el CPI. Del mismo modo la conceptualización del proyecto como una red de compromisos entrega una nueva perspectiva de mayor relevancia a la gestión de la organización como la forma de cumplir los objetivos establecidos y cobran relevancia la evaluación de las variables de desempeño de la organización a partir de la implementación de LPS.

La implementación de LPS presenta un desafío significativo en función del cambio cultural asociado, comenzando por el convencimiento de la plana directiva de los proyectos para que puedan ejercer un liderazgo visible en la implementación. La cultura pre-existente en la construcción de Proyectos de Montaje Industrial en Minería, asociada a procedimientos rígidos y con alto impacto económico se presenta como el mayor desafío para el establecimiento de una nueva metodología de gestión en este contexto.

3. METODOLOGÍA Y CASOS DE ESTUDIO

3.1 Metodología

La metodología de investigación corresponde a la de casos de estudio (Yin, 1994). La selección de la metodología de casos de estudio para la presente investigación está determinada por los siguientes aspectos:

- Cuando el objetivo es analizar la complejidad del fenómeno, el método de caso de estudio es el método más apropiado (Yin, 1994). Es una estrategia de investigación dirigida a comprender las dinámicas presentes en contextos singulares (Hernández et al, 2006), tal como corresponde a los proyectos.
- El estudio de casos es una investigación empírica, que investiga un determinado fenómeno contemporáneo dentro de su contexto real (Yin, 1994), coincidente con los procesos asociados a proyectos de construcción y el contexto en donde se llevará a cabo la implementación de LPS.
- La naturaleza de fenómeno único de cada proyecto, no representativo estadísticamente de una población determinada. Los casos de estudio son eventos singulares, que no pueden ser replicados en su totalidad (Yin, 1994).
- Posibilita el desarrollo de teorías que puede ser transferidas a otros casos (Hernández et al, 2006).
- Permite abordar la diversidad y complejidad de las variables de un proyecto.
- La posibilidad de incorporar múltiples fuentes evidencia, tanto cuantitativa como cualitativa, convergiendo con ellas en el análisis.

En los estudios de casos no existe una cantidad definida de casos necesarios para la realización de la investigación, no hay parámetros definidos para determinar el

tamaño de la muestra (Hernández et al, 2006). Las investigaciones de casos de estudio pueden contener uno o múltiples casos (Yin, 1994). El interés de la investigación de estudio de casos es la profundidad de la indagación y no la generalización probabilística. (Hernández et al, 2006). La generalización en los casos de estudio es hacia proposiciones teóricas y no a poblaciones o universos, objetivo del estudio de caso es la generalización analítica (Yin, 1994).

Dentro de las alternativas metodológicas asociadas a los casos de estudio, la presente investigación se enmarca en estudios de casos múltiples – holísticos (Yin, 1994), compuesta por tres casos de estudio, pertenecientes a la unidad de análisis de Proyectos de Montaje Industrial en Minería. El diseño de casos de estudios múltiples es seleccionado por presentar las siguientes características (Yin, 1994):

- La diversidad de casos otorga mayor sustento al argumento.
- Múltiples casos posibilitan probar la teoría en distintos contextos.
- Múltiples casos posibilitan utilizar la lógica de la replicación (Si en concordancia con lo predicho, los casos presentan los similares resultados se produce la replicación).

El diseño de casos de estudios múltiples tiene como desventaja que requiere muchos recursos y tiempo para poder ser realizada.

3.2 Diseño de la Investigación

A partir de la definición metodológica se establece el diseño de la investigación. El objetivo es definir la lógica que vincula las preguntas iniciales de la investigación, las proposiciones teóricas, variables, medidas operacionales, herramientas, fuentes de información, análisis y finalmente conclusiones y recomendaciones (Yin, 1994). Se

establece el plan de acción para determinar cómo impacta la implementación de LPS en el desempeño de los Proyectos de Montaje Industrial en Minería. A continuación se grafica la estructura general del trabajo de Investigación (Fig. 3-1):

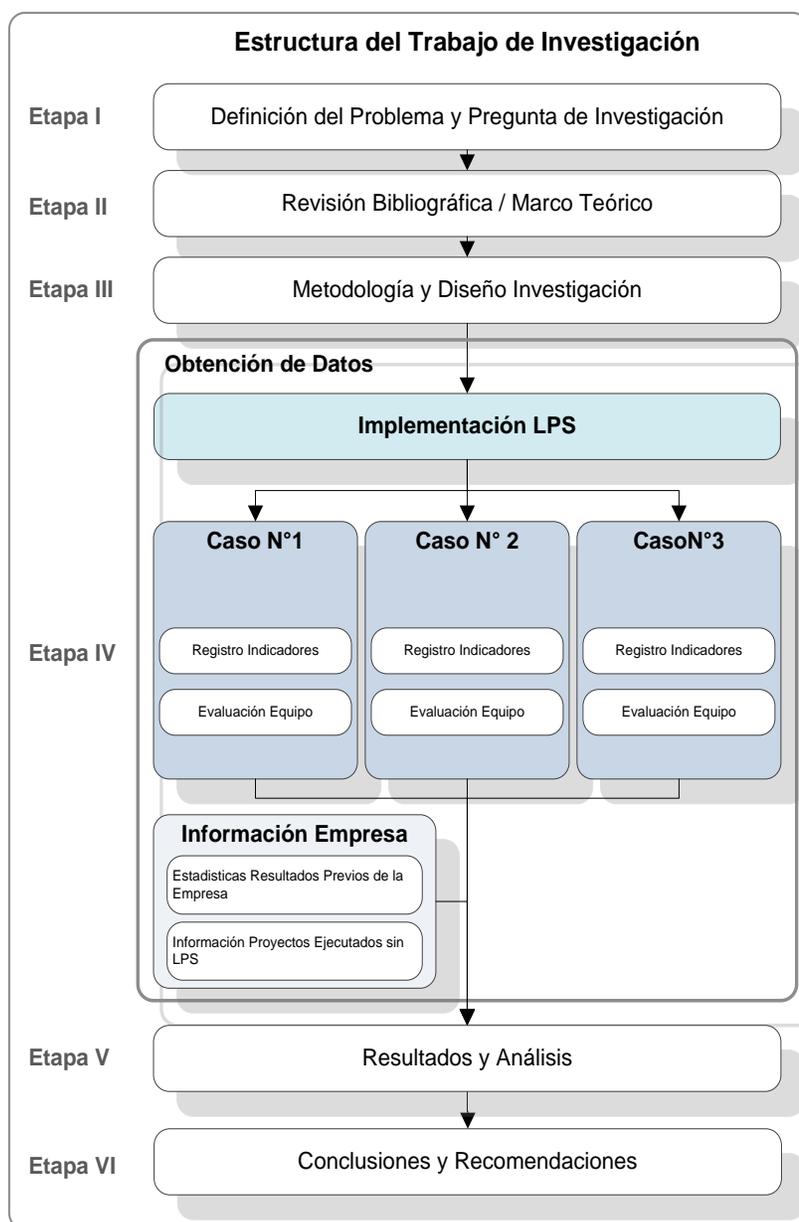


Figura 3-1: Estructura General de Trabajo de Investigación

A partir de la estructura general del trabajo se establece el diseño operacional de la investigación (Fig. 3-2):

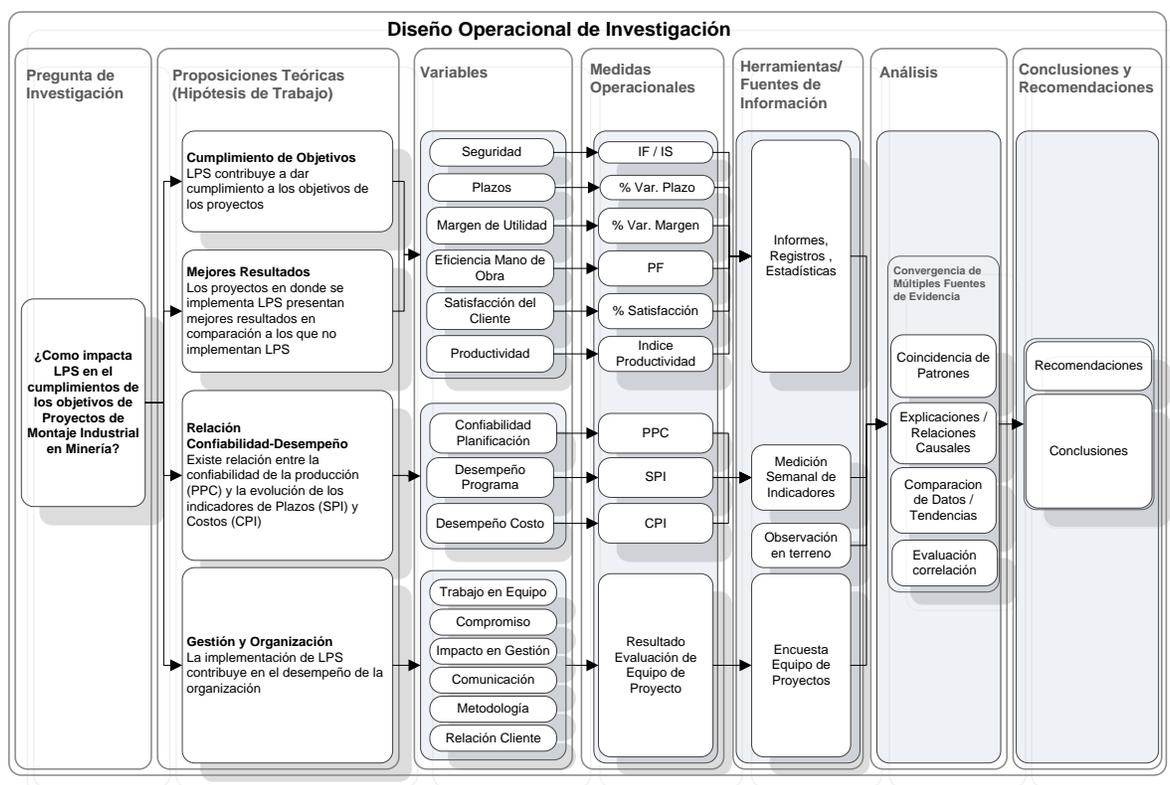


Figura 3-2: Diseño Operacional de Investigación

En el diseño operacional de la investigación incorpora el principio de triangulación, orientado a la convergencia de múltiples fuentes de evidencia para comprender el fenómeno (Fig. 3-3) (Yin, 1994):



Figura 3-3: Convergencia Fuentes de Evidencia (Yin, 1994).

La triangulación se realiza mediante la incorporación de información y la evaluación de los proyectos desde la perspectiva de: (1) Cliente, (2) Equipos de proyectos y (3) Resultados desde la perspectiva de la empresa-proyecto. Estos distintos enfoques (Fig. 3-4) están asociados a su vez a distintas fuentes de datos, informes, registros, estadísticas de la empresa, encuesta a equipos de proyectos y mediciones semanales en terreno.

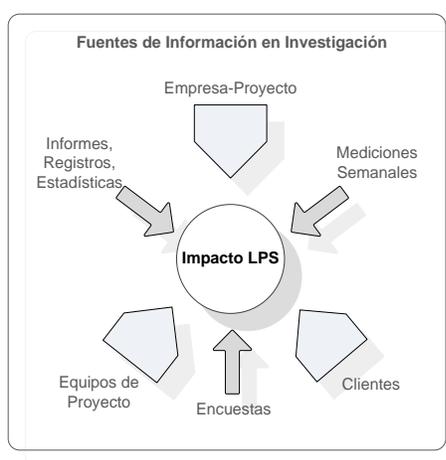


Figura 3-4: Perspectivas y Fuentes de Información en Investigación

3.2.1 Variables y Medidas Operacionales

A partir de la pregunta de investigación, basándose en la revisión bibliográfica y considerando la metodología de control de proyectos utilizada en los casos de estudio se establecen las variables y sus medidas operacionales a considerar en el estudio:

Tabla III-1: Variables y Medidas Operacionales

Proposición	Variable	Medida Operacional	Detalle
Objetivos del Proyecto	Seguridad	Índice de Frecuencia	Nº Accidentes x 1 Millón / Total de Horas Trabajadas
		Tasa de Accidentabilidad	Nº Accidentes / Nº Trabajadores x 100
		Índice de Severidad	Días perdidos x 1 Millón / Total horas Trabajadas
		Tasa Siniestralidad	Días Perdidos / Nº Trabajadores x 100
	Plazos	% de Variación Plazos	(Termino Real - Termino Contractual) / Duración Contractual) x100
	Margen de Utilidad	% de Variación Margen	(Margen Real- Margen Meta / Margen Meta) x100
	Productividad	Índice Productividad	Producción / Recursos Utilizados = (Ventas Totales – Materiales) / (Mano de Obra Directa + Indirecta+ Equipos)
	Eficiencia Mano de Obra	PF	HH Utilizadas / HH Ganadas
	Satisfacción del Cliente	% Satisfacción	Evaluación de la gestión de la empresa por el Cliente en los distintos aspectos de desempeño
	Relación Confiabilidad-Desempeño	Confiabilidad de la Planificación	PPC
Desempeño Programa		SPI	Valor Ganado/Valor Programado
Desempeño Costos		CPI	Valor Ganado/ Costo Real
Gestión y Organización	Planificación	Distribución de frecuencias en evaluación de Impacto por parte de Equipos de Proyectos	Mayor Planificación en la ejecución del Proyecto
	Control		Mayor Control en la ejecución del Proyecto
	Identificación de Restricciones		Mayor Capacidad de la organización para identificar las restricciones de las actividades del Proyecto
	Liberación de Restricciones		Mayor Capacidad de la organización para liberar las restricciones de las actividades del Proyecto
	Reducción de Urgencias		Reducción de las acciones urgentes que permitan la ejecución de las actividades del Proyecto
	Compromiso		Compromiso con el resultado del Proyecto
	Cumplimiento de Compromisos		Cumplimiento de los compromisos de producción y de liberación de restricciones.
	Involucramiento de Supervisión		Mayor involucramiento de los mandos medios en la ejecución del Proyecto
	Coordinación del Equipo		Mayor coordinación entre los miembros del equipo de Proyecto
	Trabajo en Equipo		Mayor capacidad de unificar esfuerzos para lograr los objetivos establecidos para el Proyecto.
	Aprendizaje y Mejoramiento Continuo		Capacidad de la organización de aprender de los errores y tomar acciones para evitar su ocurrencia.
	Valoración		Percepción de mayor valoración de los miembros del equipo por parte de la empresa.
Consideración	Consideración en la toma de decisiones del proyecto. Planificación Participativa.		

3.2.2 Fuentes de Información

a) Registros

- **Estadísticas de Prevención de Riesgos:** Conformado por los registros estadísticos generados por el Departamento de Prevención de Riesgos de la empresa, lo cuales son presentados a las mutualidades y clientes para la calificación y evaluación de desempeño en materias de seguridad. A partir de esta información se obtienen los Índices de Frecuencia y de Severidad de los casos en estudio, proyectos en paralelo sin LPS y estadística histórica de la empresa.
- **Informe de Estados de Contrato y Presupuesto Actualizado Mensuales:** Conformado por los registros mensuales de costos y ventas asociados a cada proyecto, estableciendo los márgenes de utilidad reales del contrato y comparándolos con el presupuesto original y actualizado de la oferta. Este informe es realizado por los Administradores de Contrato y validado por el Departamento de Planificación y Control de la empresa y la Gerencia de Operaciones. Se establece como la medida oficial de desempeño del contrato en cuanto a márgenes de utilidad de gestión del proyecto. A partir de esta información se obtienen la variación de márgenes de utilidad entre lo real y la meta establecida inicialmente para los casos en estudio y proyectos en paralelo sin LPS. Para la información histórica de desempeño en cuanto a los márgenes de utilidad se obtuvieron los registros contables de proyectos anteriores ejecutados por la empresa.

- **Weekly, Informe de Producción y Eficiencia Semanal:** Corresponde al informe de producción semanal elaborado por las oficinas técnicas de los proyectos cuyo objetivo es registrar la producción expresada unidades físicas ejecutadas, considerando a su vez los recursos de HH utilizados y comparando los estándares de producción con los presupuestados en la oferta. A partir de las HH Ganadas derivadas de las cantidades producidas y de las HH Pagadas se establece en indicador de Eficiencia de la Mano de Obra del Proyecto (Performance Factor). Este informe también entrega una medida de avance físico a partir del Valor Ganado por las cantidades físicas ejecutadas. A partir de esta información se obtienen indicador de eficiencia establecida real acumulado de los casos en estudio y proyectos en paralelo sin LPS. No existen registros históricos respecto a este indicador en la empresa.
- **Informe de Productividad Global:** Corresponde al registro elaborado por el Departamento de Planificación y Control de la empresa, a partir de la información contable y estados de contratos de los proyectos. Entrega el indicador de productividad global, el cual es una medida de gestión propia de la empresa para comparar el desempeño entre proyectos. A partir de esta información se obtiene el índice de productividad global los casos en estudio, proyectos en paralelo sin LPS e históricos de la empresa.
- **Resultados de Encuestas de Satisfacción al Cliente:** Corresponde a la encuesta realizada por la Gerencia Comercial de la empresa a la los ejecutivos de la empresa Minera que tuvieron vinculación directa con el

Proyecto. Se evalúan nueve variables en escala y a partir de la puntuación registrada se obtiene el % de Satisfacción del Cliente para los casos en estudio, proyectos en paralelo sin LPS e históricos de la empresa.

b) Mediciones Indicadores Semanales

- **Informes Semanales de Implementación Last Planner:** Corresponde al informe de registro semanal de la implementación del Sistema Last Planner en cada proyecto. Incorpora el resultado del PPC semanal, acumulado del proyecto, causas de no cumplimiento semanal y acumulado a partir de los compromisos de planificación establecidos por los últimos planificadores, validados y evaluados en la reunión semanal o diaria. Es elaborado por el Facilitador Last Planner dependiente del Departamento de Planificación y Control de Proyectos. A través de este informe se obtiene el valor de PPC acumulado del proyecto para cada semana de evaluación en los casos de estudio de la investigación.
- **Informes de Avance Físico Semanal:** Corresponde al informe de avance de construcción del proyecto elaborado a partir de los avance físicos en terreno, los cuales a través de una ponderación predefinida determinan el % de avance de cada actividad y en su conjunto del proyecto, estableciendo a su vez el valor ganado a la fecha. El cálculo del valor ganado y las desviaciones respecto a la curva target son generados por el software Primavera Project Planner V 3.1, el cual genera el cálculo a partir de los % de avance físicos determinados por la oficina técnica. Este informe es generado semanalmente por la oficina técnica de cada proyecto y entregado

al mandante y Departamento de Planificación y Control de Proyectos de la empresa. Se establece la curva de avance físico real y compara con la curva target contractual original o actualizada del proyecto según corresponda. A partir de este informe se determinan los indicadores de desempeño de la programación SPI y desempeño de costos CPI, ambos asociados al valor ganado, para los casos de estudio de la investigación.

- **Análisis Correlación Estadística:** a partir de los valores semanales de PPC, SPI y CPI para los tres casos de estudio se realizaron análisis de correlación bivariada, estableciendo el coeficiente de correlación de Pearson, con prueba de significación unilateral. Los análisis se realizaron con software PASW Statistics Versión 18.0.0. Los parámetros para determinar el tamaño de la muestra requerido son:

Tabla III-2: Parámetros de Muestra para Correlación de Pearson.

Parámetro	Valor	Detalle
r	0,7	Valor estimado de Coef. de Correlación para las variables
Nivel de seguridad	0,95	Nivel de confianza de la estimación
Poder estadístico	0,8	Probabilidad Resultado Correcto
Pérdidas	0%	Valores perdidos
Tamaño Muestra Requerido	11	Semanas de Medición

c) **Encuesta**

- **Evaluación del Impacto de la Implementación de LPS:** Se utilizó encuesta como instrumento de medición del impacto de LPS en las variables de gestión de la organización de los equipos de proyectos. Se incorporó en la evaluación el impacto en los objetivos del proyecto y relación entre

confiabilidad y desempeño de programa y costos. La evaluación de impacto se configuró en escala likert con valores entre 1 y 5. Se incorporaron preguntas abiertas para evaluar los principales beneficios y barreras de implementación de LPS en los proyectos, así como los principales desafíos presentes en los proyectos de montaje industrial en minería. El objetivo es conocer la evaluación de impacto desde la perspectiva de los equipos que implementaron el LPS y analizarla en función de los resultados reales de los proyectos y la visión del cliente. La estimación de muestra para población finita se realizó bajo los siguientes parámetros y resultados:

Tabla III-3: Parámetros de Muestra para Encuesta a Equipo de Proyectos.

Parámetro	Valor	Detalle
Universo	27	
N	27	Población
p	0,50	Proporción esperada
q=1-p	0,50	
z	1,96	Confianza 95%
e	0,05	Error de estimación
N=	25,29	Muestra Requerida
Muestra Real	26	

El análisis de fiabilidad de la encuesta fue realizado mediante el test de Alfa de Cronbach el cual tuvo los siguientes resultados:

Tabla III-4: Parámetros para Evaluación de Fiabilidad de la Encuesta.

Resumen del procesamiento de los casos			
		N	%
Casos	Válidos	26	100,0
	Excluidos ^a	0	,0
	Total	26	100,0

a. Eliminación por lista basada en todas las variables del procedimiento.

Estadísticos de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
0,954	74

Se realizaron análisis estadísticos descriptivos de frecuencias de respuestas para las variables en software PASW Statistics Versión 18.0.0

d) **Observación Directa**

Una cuarta fuente de información, es la observación directa del fenómeno estudiado (Yin, 1994) de tal manera aportar información adicional que permita de contextualizar los casos y sus respectivos registros. Es ese sentido se realizaron observaciones directas en dos instancias:

- **Experiencias Piloto:** Previo a la implementación en los casos de estudio el investigador permaneció durante un período de cinco meses en un proyecto de montaje industrial de tal modo de entender la dinámica de los proyectos de montaje industrial en Minería y la características de funcionamiento de empresa y la organización. Dentro de las acciones y recomendaciones identificadas para posibilitar la implementación de LPS en los casos de estudio están:

- Establecer un Procedimiento Corporativo de Implementación de LPS y capacitación permanente a la organización de los proyectos.
 - Los Administradores de los proyectos en estudio deben permitir que LPS se implemente no como imposición sino por motivación propia.
 - Se incorpora la figura de facilitador Last Planner de tal modo de gestionar la información generada a partir de la implementación del Sistema.
- **Visita de Terreno:** Se realizaron visitas de terreno mensuales y estadías por períodos variables en todos los casos de estudio, de tal modo de supervisar la correcta implementación del sistema y la validez de los reportes de implementación semanales. Las visitas de terreno permitieron conocer en detalle el contexto de cada proyecto, sus condicionantes contractuales y el desempeño de la organización.

3.2.3 Análisis

A partir de las distintas fuentes de información se realizará un análisis convergente (Yin, 1994). La organización del análisis será transversal a los tres casos y asociado a las variables y proposiciones teóricas establecidas para la investigación. Los modos de análisis a realizar (Yin, 1994) (Hernández et al, 2006) comprenden:

- Coincidencia de Patrones (Yin, 1994).
- Explicaciones / Relaciones Causales / Matrices (Yin, 1994).
- Comparación de Datos /Tendencias/Frecuencias (Hernández et al, 2006).
- Análisis Paramétricos de Correlación (Hernández et al, 2006).

3.3 Casos de Estudio

La implementación del LPS se efectuó en tres proyectos de montaje industrial para compañías mineras internacionales en la región norte y centro-norte de Chile durante los años 2008 y 2009 (Fig. 3-5). Los proyectos fueron construidos por una empresa de montaje industrial con 20 años de experiencia en rubro. La empresa cuenta con certificación de calidad ISO 9001 y en la implementación del Sistema Last Planner contó con la asesoría inicial del GEPUC (Centro de Excelencia en Gestión de Producción UC) asociado a la Pontificia Universidad Católica de Chile. Los tres casos de estudio son:

- **Caso N°1:** Proyecto Extensión del Sistema de Apilamiento de Mineral y Construcción de Piscinas de PLS y Emergencia; El proyecto considera la construcción de un sistema de apilamiento de mineral de cobre para su posterior proceso de lixiviación en pilas. Incluye las correas transportadoras, sistemas eléctricos y piscinas de emergencia. (180.000 HH)
- **Caso N°2:** Proyecto Montaje Planta de Flotación de Arenas; El proyecto considera la construcción de una planta de proceso de extracción de cobre mediante la flotación de arenas de mineral y las respectivas salas eléctricas asociadas a la planta. El proyecto se inserta al interior de las instalaciones actuales de procesamiento. (85.000 HH)
- **Caso N°3:** Proyecto Bodegas Almacenamiento y Sistemas de Transporte de Mineral; El proyecto considera la construcción de las nuevas bodegas de almacenamiento de concentrado de cobre y los sistemas de correas fijas y móviles para transporte a barco localizadas en Puerto. (95.000 HH)

Durante el mismo período comprendido entre los años 2008 y 2009 la empresa ejecutó dos proyectos en los cuales la metodología LPS no fue implementada. Estos proyectos son:

- **Caso Sin LPS N°1:** Proyecto Construcción y Montaje Ampliación Mineroducto; Considera la construcción de un nuevo Mineroducto de concentrado de cobre, el cual se extiende a lo largo de 150 Km., desde cordillera hasta puerto. A lo largo de del Mineroducto se construyen 6 estaciones de válvulas las cuales son alcance de la empresa. (220.000 HH)
- **Caso Sin LPS N°2:** Proyecto Construcción Truck Shop; El proyecto considera la construcción de un taller de camiones en una mina de cobre a 2.500 msnm. Si bien el proyecto incorpora la fase de diseño, sólo le evaluó la fase de construcción.(323.000 HH)



Caso N°1, Sistema de Apilamiento



Caso N°2, Planta de Flotación



Caso N°3, Bodega y Transporte a Barco



Caso Sin LPS N°1, Mineroducto



Caso Sin LPS N°2, Truck Shop

Figura 3-5: Registro Fotográfico de Casos de Estudio

4. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados y análisis para los tres casos de estudios en los cuales el LPS fue implementado a partir de las fuentes de información identificadas anteriormente. Los resultados se exponen en relación a las variables establecidas abordando los tres casos de manera transversal.

4.1 Resultados Indicadores Proyectos

A partir de los resultados finales de los casos de estudios se presentan los indicadores de desempeño para cada caso (Tabla IV-1).

Tabla IV-1: Tabla Resumen de Indicadores de Gestión de los Casos de Estudio

Resultados de Indicadores de Proyectos				
Indicadores	Meta	Caso N°1	Caso N°2	Caso N°3
1 Índice de Frecuencia	0	0,0	0,0	0,0
2 Tasa Accidentabilidad	0	0,0%	0,0%	0,0%
3 Índice de Severidad	0	0,0	0,0	0,0
4 Siniestralidad	0	0,0%	0,0%	0,0%
5 Plazos	Sin Atraso	+ 9,6%	+ 8,2 %	+ 5,9%
6 Margen de Utilidad	≥ % Margen Oferta	+ 148,7%	+ 31,0%	+ 85,4%
7 Productividad	≥ 1,5	3,6	1,9	2,7
8 Eficiencia Mano de Obra	≤ 1,05	0,96	1,12	1,02
9 Satisfacción del Cliente	≥ 85%	91,7%	96,1%	81,3%

Detalle

- (1) Índice de Frecuencia= N° Accidentes x 1 Millón / Total de Horas Trabajadas
- (2) Tasa de Accidentabilidad = N° Accidentes / N° Trabajadores x 100
- (3) Índice de Severidad = Días perdidos x 1 Millón / Total horas Trabajadas
- (4) Tasa Siniestralidad = Días Perdidos / N° Trabajadores x 100
- (5) Plazos = (Término Real - Término Contractual / Duración Contractual) x100
- (6) Margen de Utilidad = (Margen Real- Margen Meta / Margen Meta) x100
- (7) Productividad = Producción / Recursos Utilizados = (Ventas Totales - Materiales / Mano de Obra Directa + Indirecta+ Equipos)
- (8) Eficiencia Mano de Obra (PF) =HH Utilizadas / HH Ganadas

4.1.1 Seguridad

Los tres casos alcanzaron el objetivo definido por la compañía y los clientes de cero accidentes. Los proyectos en donde LPS no fue implementado presentaron accidentes con tiempo perdido inclusive por sobre el promedio histórico de la compañía (Tabla IV-2).

Tabla IV-2: Resultados de Indicadores de Seguridad

Caso	Frecuencia	Accidentabilidad	Severidad	Sinestrialidad
Caso N°1	0,00	0,0%	0,00	0,0%
Caso N°2	0,00	0,0%	0,00	0,0%
Caso N°3	0,00	0,0%	0,00	0,0%
Caso Paralelo Sin LPS N°1	10,00	0,8%	160,00	10,0%
Caso Paralelo Sin LPS N°2	1,30	0,6%	5,00	2,0%
Promedio Histórico	3,01	0,4%	31,56	3,4%

4.1.2 Plazos

No se cumple con el objetivo de cumplimiento de los plazos contractuales en los tres casos de estudio. El desvío para el Caso N°1 fue de 16 días y para los Casos N°2 y N°3 de 15 días. Los desvíos se explican fundamentalmente por impactos del cliente en el programa contractual, que no fueron formalizados en una nueva fecha de término y que fueron aceptados por el cliente y compensados en la forma de pago por mayor permanencia. La responsabilidad de los clientes en los atrasos se manifiesta en la inexistencia de multas o cobros por atrasos y que la satisfacción del cliente en la variable cumplimiento de plazos estuvo en el rango de 75% a 90% de satisfacción. En los tres casos donde se implementó el LPS la desviación es menor que en proyectos donde los LPS no fue implementado (Tabla IV-3).

Tabla IV-3: Resultados de Plazos

Plazos de Construcción	
Caso	Desvío
Caso N°1	9,6%
Caso N°2	8,2 %
Caso N°3	5,9%
Caso Paralelo Sin LPS N°1	42,6%
Caso Paralelo Sin LPS N°2	9,7%

4.1.3 Márgenes de Utilidad

Se cumplen los objetivos de márgenes de utilidad fijados para los casos de estudio. Los resultados presentan una variación entre el 31% y 148% por sobre la meta establecida inicialmente. Estos resultados representan una mejora significativa con respecto al indicador histórico de la compañía de -5% y respecto de los resultados de los proyectos ejecutados sin LPS, los cuales presentan variaciones negativas de -318% y -301% respectivamente en sus márgenes de beneficio. Los resultados de los casos sin LPS son particularmente negativos respecto al desempeño histórico de la empresa (Tabla IV-4).

Tabla IV-4: Resultado de Márgenes de Utilidad

Márgenes de Utilidad		
Caso	Valor	Promedio Histórico
Caso N°1	148,7%	
Caso N°2	31,0%	
Caso N°3	85,4%	-4,9%
Caso Paralelo Sin LPS N°1	-318,3%	
Caso Paralelo Sin LPS N°2	-301,5%	

4.1.4 Productividad

En los tres casos de estudio se cumple la meta del índice de productividad de $\geq 1,5$. En dos de los tres casos se observan valores mayores con respecto al promedio histórico de la compañía. En los tres casos donde el LPS fue implementado el índice de la productividad presenta valores mayores a aquellos proyectos en donde LPS no fue implementado los cuales a su vez no cumplen la meta establecida (Tabla IV-5).

Tabla IV-5: Resultado de Productividad

Índice Productividad Proyectos		
Caso	Valor	Promedio Histórico
Caso N°1	3,55	
Caso N°2	1,86	
Caso N°3	2,68	2,17
Caso Paralelo Sin LPS N°1	1,28	
Caso Paralelo Sin LPS N°2	0,79	

4.1.5 Eficiencia Mano de Obra (PF):

En dos de los tres casos se observa cumplimiento de la meta de eficiencia de mano de obra establecida para los proyectos. El caso N°2 presenta un desvío del 6,6% respecto a la meta pero cumpliendo las metas de costos. En los tres casos donde el LPS fue implementado se observa mayor eficiencia respecto a los casos donde LPS no fue implementado (Tabla IV-6).

Tabla IV-6: Resultado de Eficiencia de Mano de Obra

Eficiencia Mano de Obra (PF)	
Caso	Valor
Caso N°1	0,96
Caso N°2	1,12
Caso N°3	1,02
Caso Paralelo Sin LPS N°1	1,42
Caso Paralelo Sin LPS N°2	1,65

4.2 Resultados Perspectiva Cliente

En dos de los tres casos se cumple con el objetivo de satisfacción del cliente establecido por la empresa. En todos los casos la evaluación de satisfacción supera los resultados históricos de la empresa y se observan mejores resultados en todas las variables evaluadas. Los aspectos que presentan una mayor variación positiva respecto a los resultados históricos son los aspectos de Satisfacción Global, Organización, Resolución de Conflictos y Plazos. El caso N°2 Sin LPS presenta un alto nivel de satisfacción del cliente pero en perjuicio de los márgenes de utilidad del proyecto, incluso generando pérdidas (Tabla IV-7).

Tabla IV-7: Resultados de Encuesta de Satisfacción del Cliente

Encuesta de Satisfacción del Cliente							
Variable	% Satisfacción Cliente						
	Meta	Caso N°1	Caso N°2	Caso N°3	Caso Paralelo Sin LPS N°1	Caso Paralelo Sin LPS N°2	Promedio Histórico Compañía
1 Organización	85,0%	91,7%	95,0%	75,0%	43,8%	93,8%	70,1%
2 Resp. a Sugerencias	85,0%	100,0%	95,0%	81,3%	62,5%	93,8%	80,3%
3 Capacidad Respuesta	85,0%	100,0%	95,0%	75,0%	56,3%	87,5%	76,7%
4 Resolución Conflictos	85,0%	100,0%	100,0%	87,5%	62,5%	87,5%	80,0%
5 Seguridad	85,0%	75,0%	95,0%	87,5%	56,3%	100,0%	76,7%
6 Calidad	85,0%	91,7%	100,0%	81,3%	62,5%	100,0%	77,7%
7 Plazo	85,0%	83,3%	90,0%	75,0%	62,5%	75,0%	66,9%
8 Compromiso con Proyecto	85,0%	100,0%	100,0%	87,5%	56,3%	87,5%	80,9%
9 Satisfacción Global Cliente	85,0%	83,3%	95,0%	81,3%	50,0%	87,5%	68,6%
Satisfacción Promedio	85,0%	91,7%	96,1%	81,3%	56,9%	90,3%	75,3%

De forma complementaria a los resultados de la encuesta de satisfacción del cliente, en el caso de estudio N°1 el cliente manifestó formalmente su satisfacción con la implementación de LPS y su relación con el cumplimiento de los objetivos del proyecto. A continuación se expone el contenido del mensaje del cliente dirigido al administrador de la empresa constructora:

“Luego de la visita realizada a sus instalaciones para observar la metodología de Last Planner hemos quedado gratamente sorprendidos por el trabajo realizado por tu equipo. Si bien es cierto que la metodología Last Planner tiene bastante tiempo en el medio, para nosotros es primera vez que la vemos aplicar por una Empresa Colaboradora en estas instalaciones. El buen porcentaje del PAC (PPC) que posee cada disciplina es producto del alto compromiso que tienen los supervisores y Capataces para realizar la actividad planificada y ajustarse a poder terminar en el tiempo comprometido. Además hemos visto el liderazgo que asume cada responsable de la disciplina y la interacción con las demás áreas para así levantar cada una de las restricciones que se detectan. Para nosotros marca un buen precedente para nuestros proyectos futuros y nos va a permitir poder exigir esta metodología en cada una de las empresas que participen en futuras licitaciones de construcción.

Felicitaciones por el buen trabajo

Atte.

Projects Engineering Superintendent/ Project Management

Cia.Minera”

4.3 Resultados y Relación PPC / SPI / CPI

A continuación se presentan los resultados del análisis paramétrico de Correlación de Pearson entre PPC-SPI y PPC-CPI para los tres casos de estudio (Tablas IV-8,9,10) (Figs. 4-1,2,3,4,5,6,7,8,9).

4.3.1 Caso N°1

Tabla IV-8: Análisis Coeficiente Correlación de Pearson Caso N°1

Estadísticos descriptivos			
Indicador	Media	Desviación típica	N
PPC Caso N°1	0,75	0,05	13
SPI Caso N°1	0,66	0,15	13
CPI Caso N°1	0,89	0,08	13

Correlaciones			
		SPI Caso N°1	CPI Caso N°1
PPC Caso N° 1	Correlación de Pearson	0,790	0,806
	Sig. (unilateral)	0,001	0,000

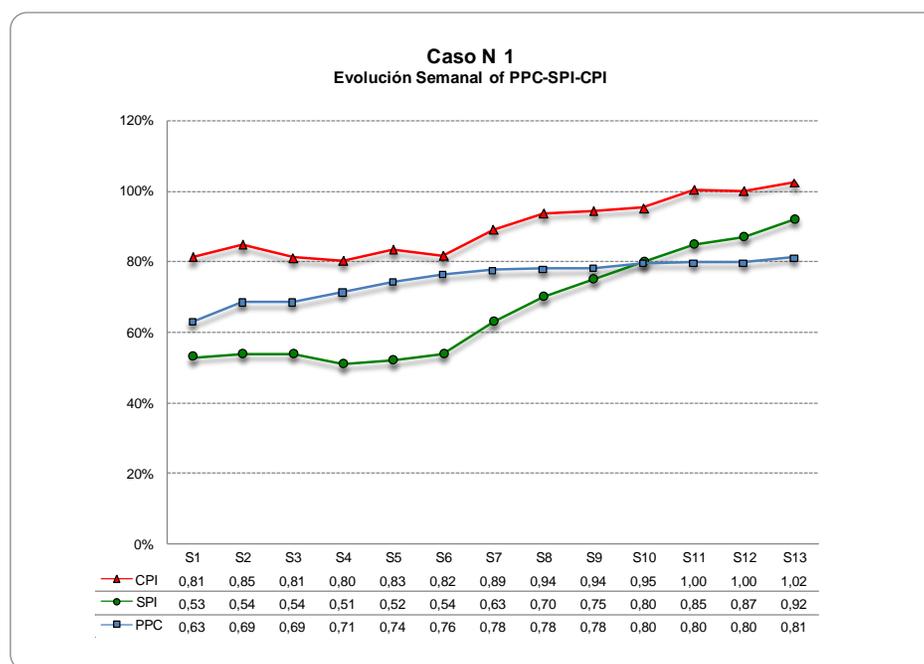


Figura 4-1: Curvas Evolución Semanal PPC-SPI-CPI Caso N°1.

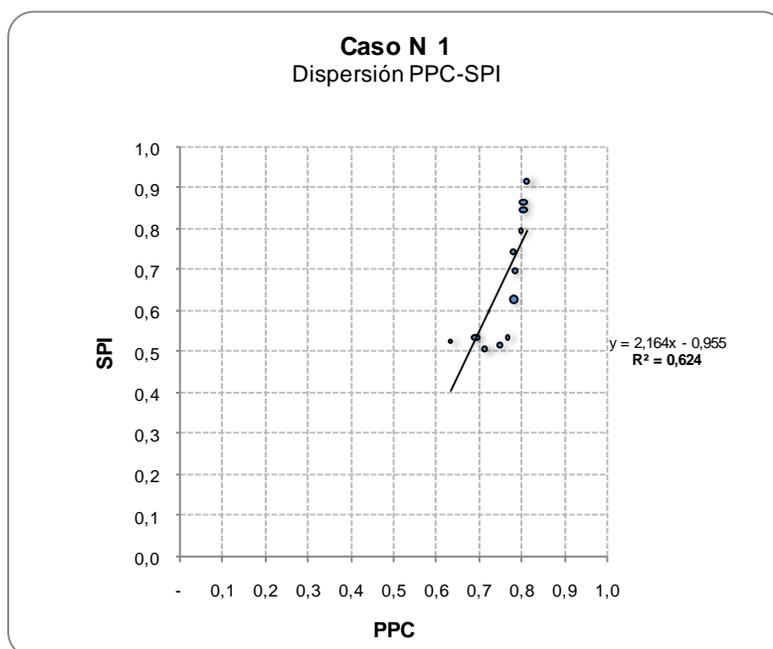


Figura 4-2: Gráfico Dispersión PPC-SPI Caso N°1.

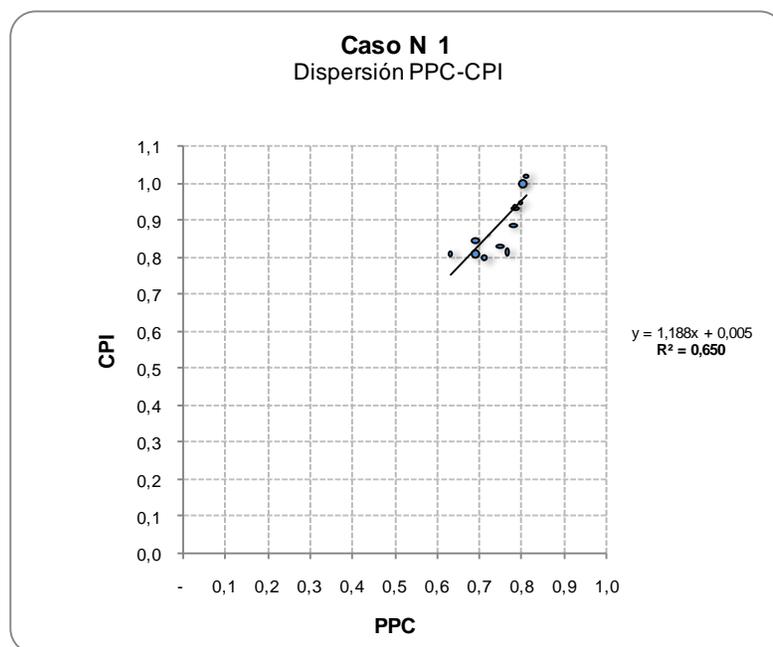


Figura 4-3: Gráfico Dispersión PPC-CPI Caso N°1.

4.3.2 Caso N°2

Tabla IV-9: Análisis Coeficiente Correlación de Pearson Caso N°2

Estadísticos descriptivos			
Indicador	Media	Desviación típica	N
PPC Caso N°2	0,83	0,05	14
SPI Caso N°2	0,79	0,14	14
CPI Caso N°2	0,95	0,06	14

Correlaciones			
		SPI Caso N°2	CPI Caso N°2
PPC Caso N° 2	Correlación de Pearson	0,744	0,529
	Sig. (unilateral)	0,001	0,026

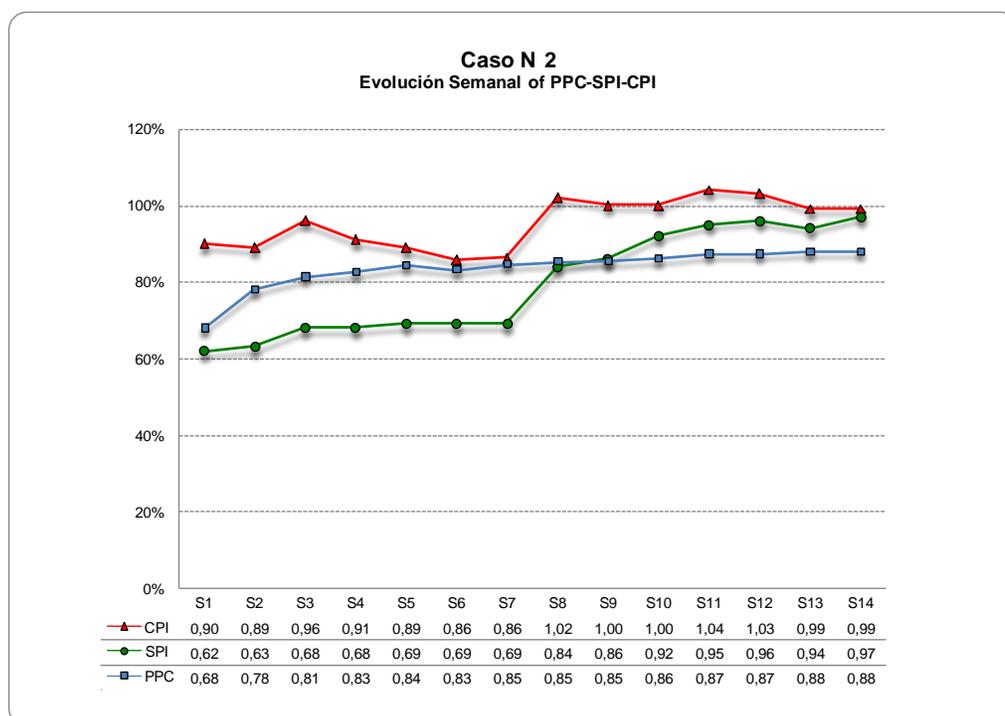


Figura 4-4: Curvas Evolución Semanal PPC-SPI-CPI CasoN°2.

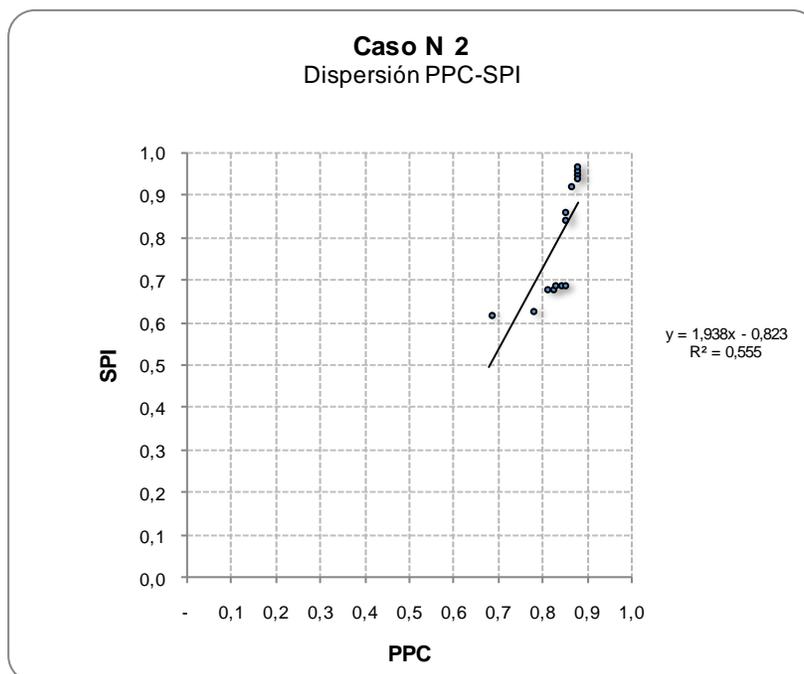


Figura 4-5: Gráfico Dispersión PPC-SPI Caso N°2.

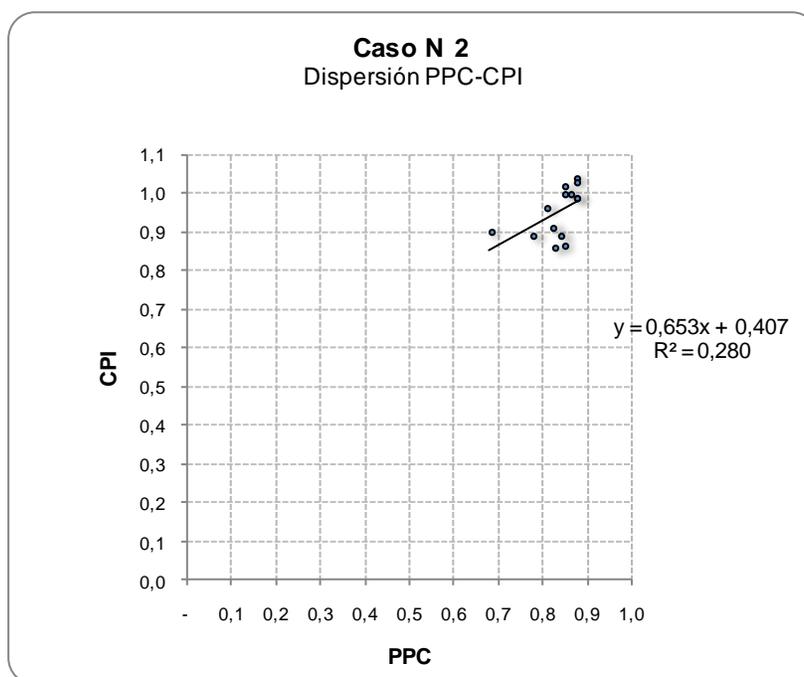


Figura 4-6: Gráfico Dispersión PPC-CPI Caso N°2.

4.3.3 Caso N°3

Tabla IV-10: Análisis Coeficiente Correlación de Pearson Caso N°3

Estadísticos descriptivos			
Indicador	Media	Desviación típica	N
PPC Caso N°3	0,78	0,04	14
SPI Caso N°3	0,91	0,05	14
CPI Caso N°3	1,05	0,06	14

Correlaciones			
		SPI Caso N°3	CPI Caso N°3
PPC Caso N° 3	Correlación de Pearson	0,699	-0,061
	Sig. (unilateral)	0,003	0,417

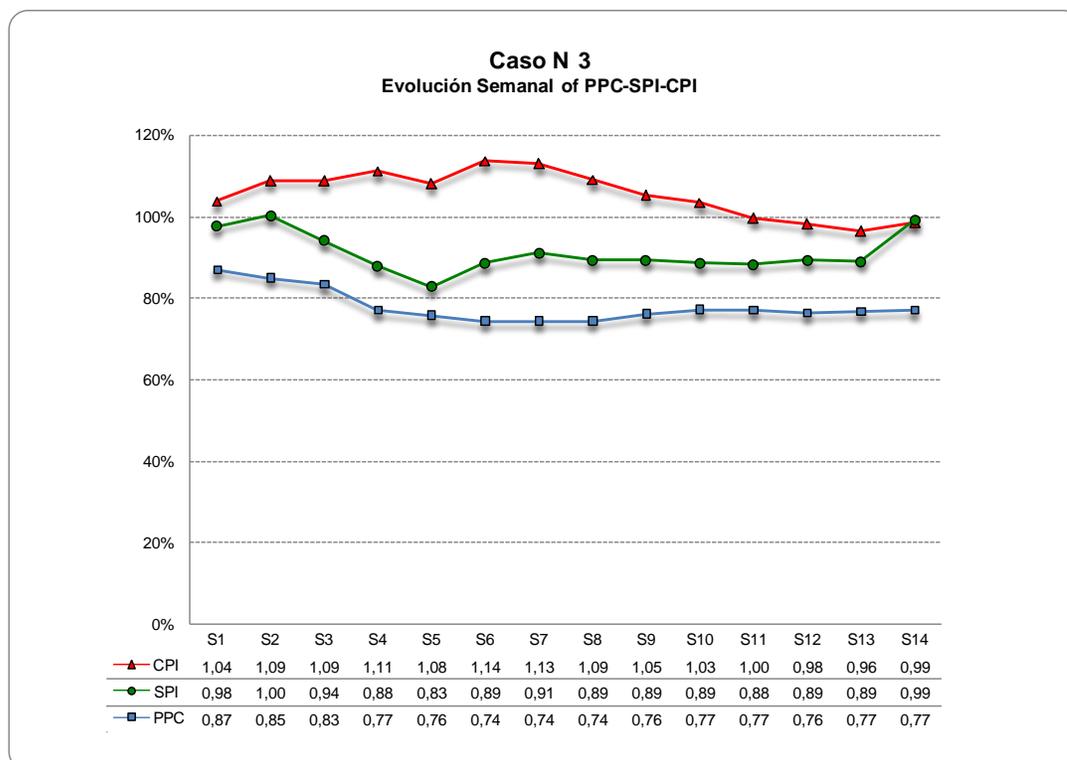


Figura 4-7: Curvas Evolución Semanal PPC-SPI-CPI CasoN°3.

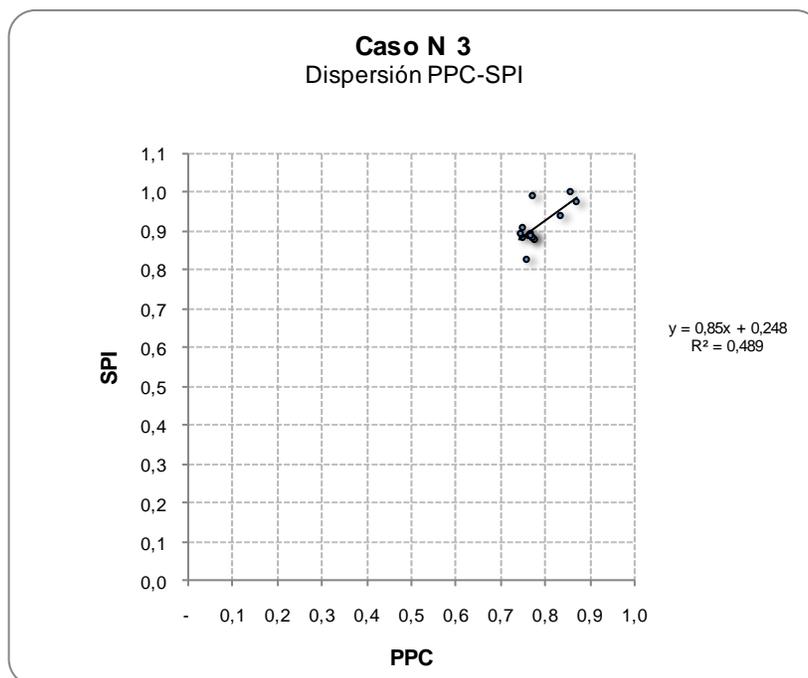


Figura 4-8: Gráfico Dispersión PPC-SPI Caso N°3.

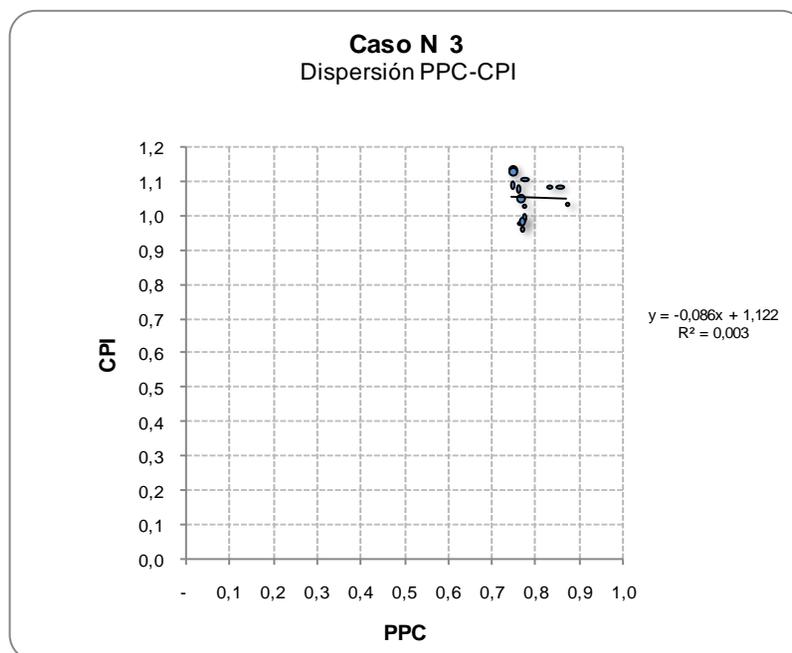


Figura 4-9: Gráfico Dispersión PPC-CPI Caso N°3.

4.3.4 Análisis Correlaciones PPC-SPI-CPI

El resultado del análisis estadístico de Correlación de Pearson confirma un grado significativo de correlación entre PPC-SPI para los casos N°1, caso N°2 y caso N°3, y para PPC-CPI en los casos N°1 y el caso N°2. Los grados de correlación entre PPC-SPI se presentan en un rango de 0,69 a 0,79. Los valores de correlación entre PPC-CPI para el caso N°1 caso N°2 son de 0,806 y 0,529 respectivamente. Para los valores anteriores la correlación es significativa al nivel de 0,05.

En el caso N°3 no existe correlación entre PPC y CPI. Se presenta una situación en la cual mejoró la razón de Valor Ganado y Costos y por otra parte se produjo una disminución de la confiabilidad de la planificación. Esta situación se explica por la forma de la distribución de los recursos en las actividades del programa contractual, las cuales pueden entregar significativo valor ganado y requerir menores recursos mejorando la razón de costos, lo cual en un contexto de mayor variabilidad establece que no exista relación entre el desempeño de los distintos indicadores. Se ejecutan actividades que aportan significativo avance pero que no son parte necesariamente de la correcta secuencia en el proyecto, postergando otras actividades necesarias para el posterior flujo continuo de trabajo.

Tanto en el caso N°1 como N°2 se observa una mejora sistemática en el desempeño de la confiabilidad de la planificación, tendiendo a niveles de 80% en los tres casos

de estudio. En el caso N°3 se observa una disminución en la confiabilidad de la planificación respecto a las mediciones iniciales producto de la mayor incertidumbre generada por la entrega de equipos mecánicos por parte del cliente. A pesar de lo anterior los niveles de PPC se mantienen por sobre el 75%.

4.4 Resultados Perspectiva Equipos de Proyectos

A continuación se presentan los resultados de la encuesta realizada a los equipos de proyectos que tuvieron participación en la implementación de LPS en los casos de estudio.

4.4.1 Impacto en el Resultado Global del Proyecto

Se presentan los resultados de la evaluación de la magnitud del impacto de Last Planner en el cumplimiento los objetivos del proyecto desde la perspectiva de los equipos de proyecto. El objetivo de esta evaluación es determinar la percepción de impacto en los equipos y contrastarla con los resultados objetivos de los proyectos. Las distribuciones de las evaluaciones de 1 (No tuvo Impacto) a 5 (Alto Impacto) para las distintas variables son:

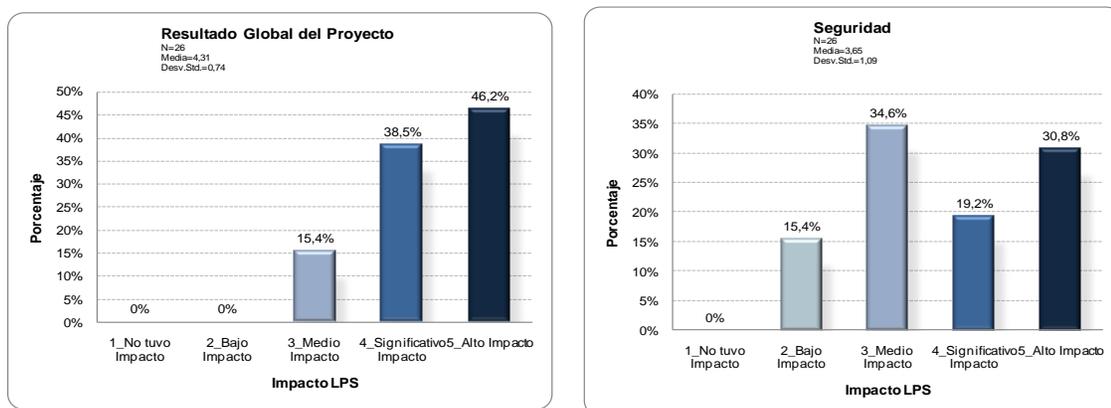


Figura 4-10: Evaluación de Impacto en Resultado Global y Seguridad.

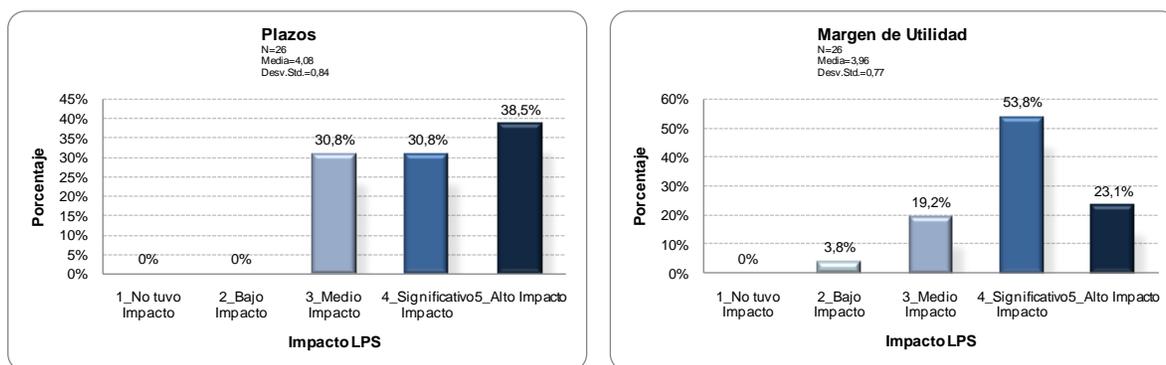


Figura 4-11: Evaluación de Impacto en Plazos y Margen de Utilidad.

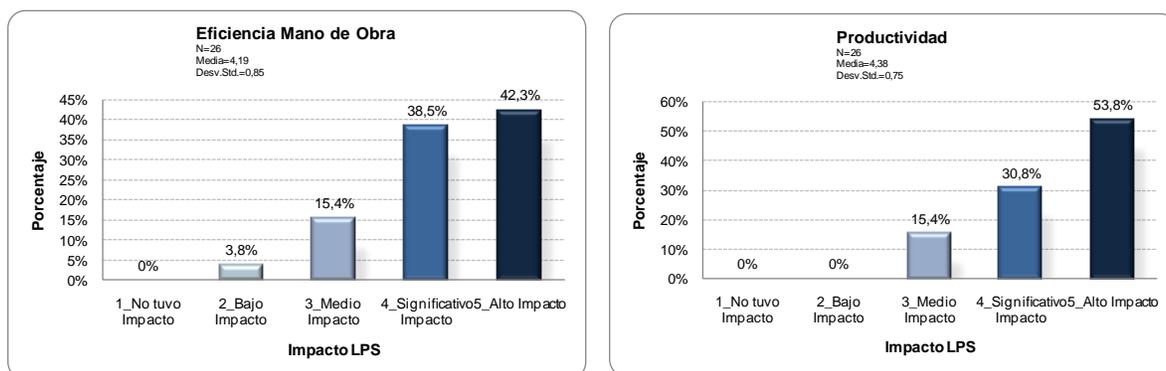


Figura 4-12: Evaluación de Impacto en Eficiencia y Productividad.

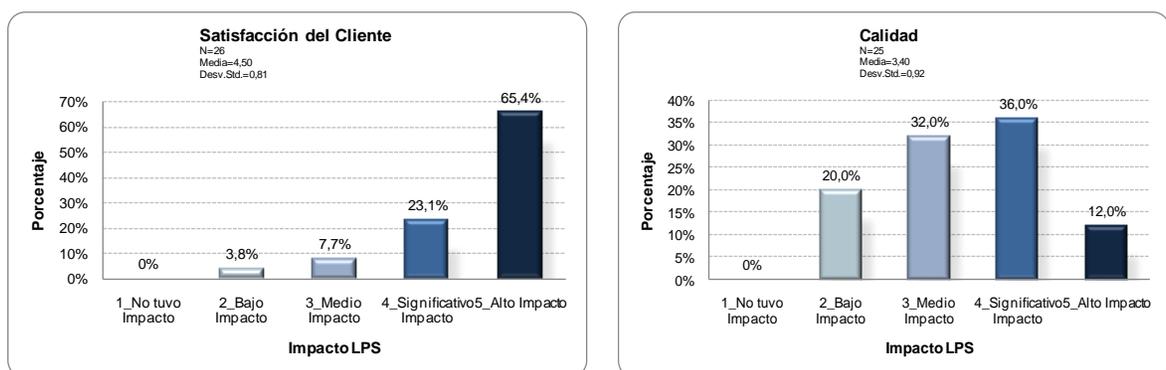


Figura 4-13: Evaluación de Impacto en Satisfacción del Cliente y Calidad.

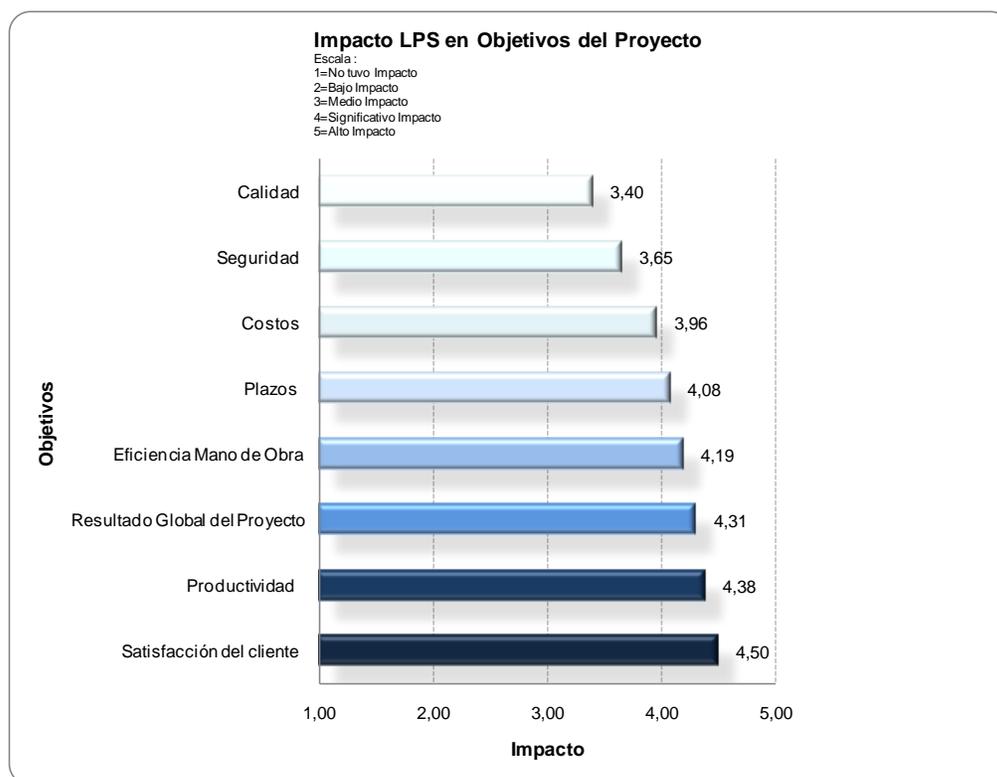


Figura 4-14: Impacto de LPS por Objetivos del Proyecto.

A partir de la evaluación media por variable (Fig. 4-14) se observa que en todas las variables los valores están por sobre el nivel de medio impacto de la escala y por sobre el nivel de impacto significativo en 5 de las 8 variables. Los aspectos con mayor impacto de LPS son la satisfacción del cliente, productividad, resultado global, eficiencia y plazos. Los menores valores se presentan para las variables de calidad y seguridad. El significativo impacto de LPS en el cumplimiento de los objetivos del proyecto desde la perspectiva de los usuarios se complementa con los resultados reales de los proyectos y la evaluación realizada por los clientes.

4.4.2 Desempeño de la Organización

A continuación se presentan los resultados de la evaluación del impacto de Last Planner en el desempeño de la organización desde la perspectiva de la organización. El objetivo de esta evaluación es determinar la percepción de impacto de LPS en los aspectos de gestión internos que posibiliten el cumplimiento de los objetivos de los proyectos y la conformación de equipos estables y comprometidos. Las distribuciones de las evaluaciones de 1 (No tuvo Impacto) a 5 (Alto Impacto) para las distintas variables son:

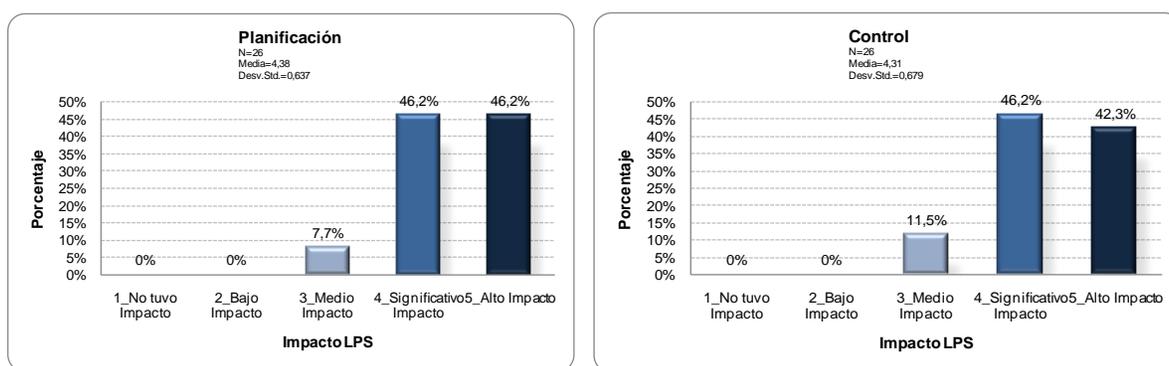


Figura 4-15: Evaluación de Impacto en la Planificación y Control del Proyecto.

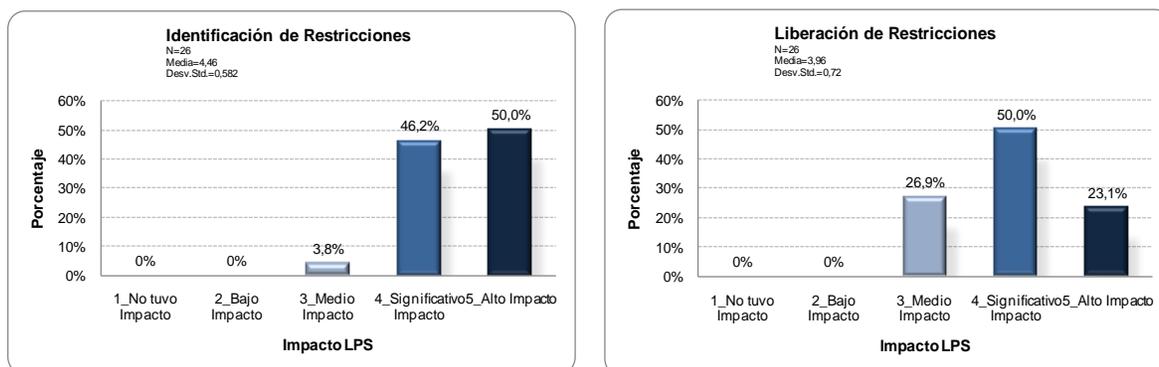


Figura 4-16: Impacto en la Identificación y Liberación de Restricciones.

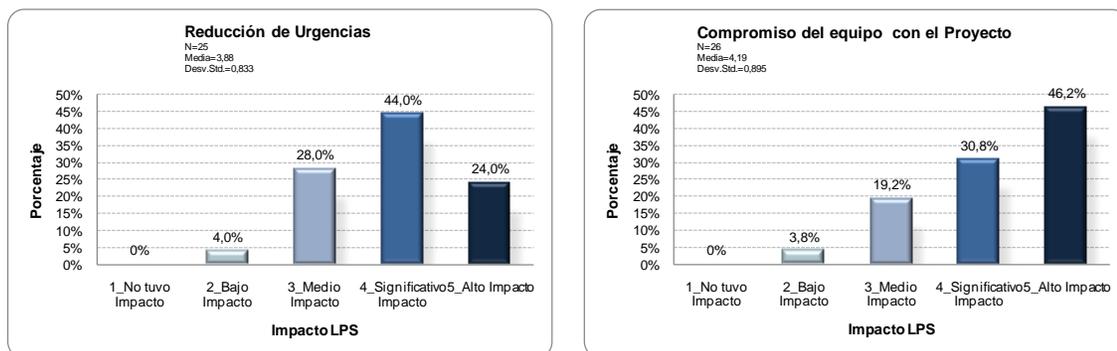


Figura 4-17: Evaluación de Impacto en Urgencias y Compromiso con Proyecto.

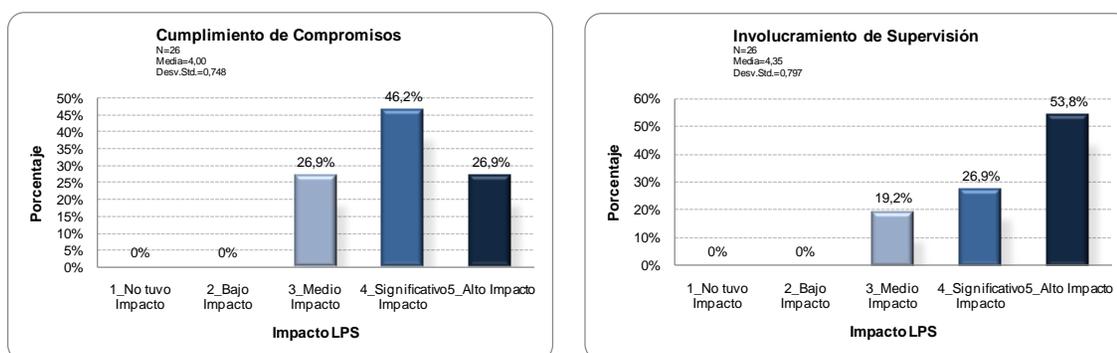


Figura 4-18: Evaluación de Impacto en Compromisos e Involucramiento.

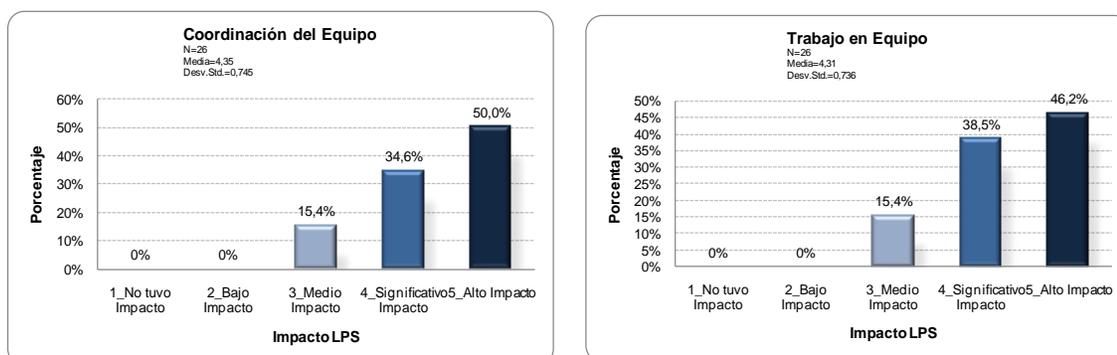


Figura 4-19: Evaluación de Impacto en Coordinación y Trabajo en Equipo.

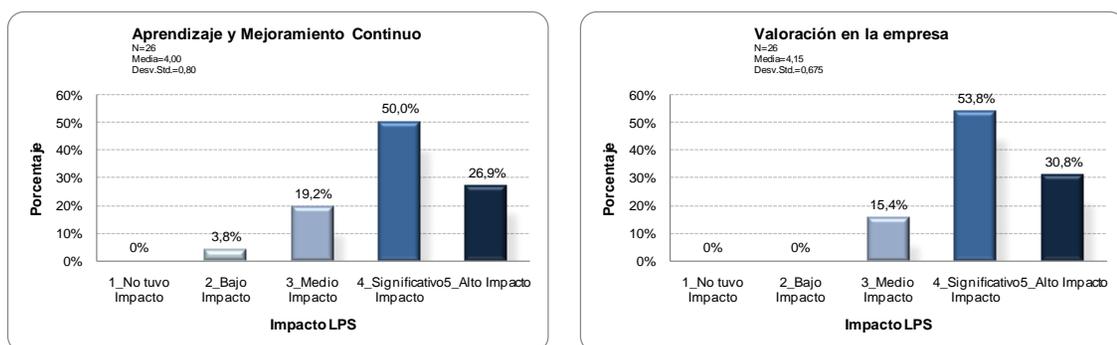


Figura 4-20: Evaluación de Impacto en Aprendizaje y Valoración en la Empresa

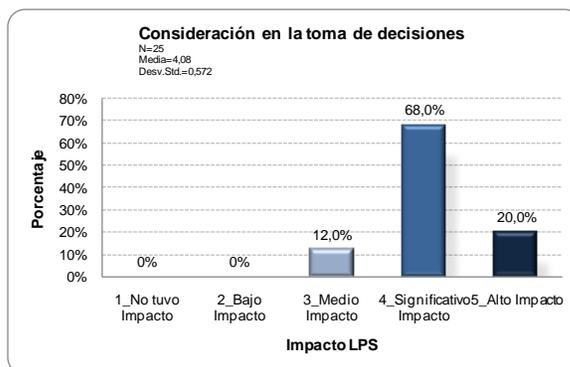


Figura 4-21: Evaluación de Impacto en Consideración en la toma de Decisiones

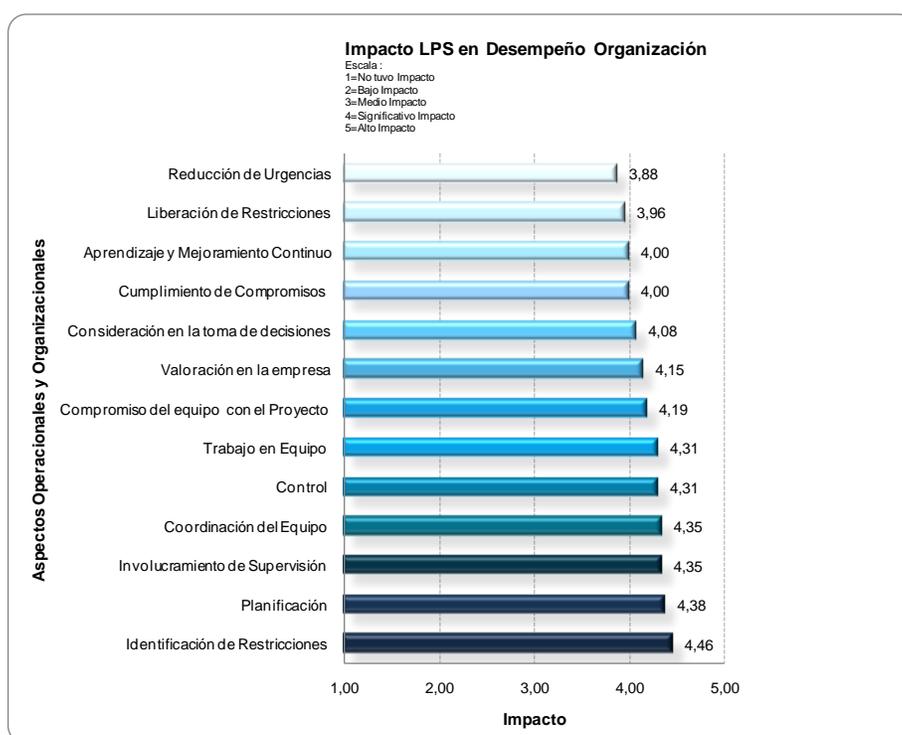


Figura 4-22: Impacto de LPS por Variable de Desempeño de la Organización.

A partir de la evaluación media por variable (Fig. 4-22) se observa que los valores son próximos al nivel de significativo impacto y están por sobre este nivel en 11 de las 13 variables. Al igual que en la evaluación de los objetivos de los proyectos, en los aspectos de desempeño de la organización se establece un nivel de significativo impacto de LPS para estas variables. Los aspectos con mayor impacto de LPS son la

Identificación de Restricciones, Mayor Planificación, Mayor Involucramiento de la Supervisión y Coordinación del Equipo. Los menores valores se presentan en la Reducción de Urgencias, Liberación de Restricciones, Aprendizaje y Mejoramiento Continuo y Cumplimiento de Compromisos. El mayor impacto en la identificación de restricciones por sobre la liberación de restricciones y reducción de urgencias explica por que la confiabilidad de la planificación no alcanza niveles mayores en los casos. Si bien la implementación de LPS contribuye a identificar los riesgos asociados al flujo de producción, es la efectividad en la liberación de restricciones y la implementación de acciones correctivas hacia donde deben estar concentrados los esfuerzos de la organización.

4.4.3 Confiabilidad, SPI y CPI

Se presentan los resultados de la evaluación por parte de los equipos de proyectos de la relación existente entre la confiabilidad de la planificación expresada en el indicador PPC y el desempeño del programa, expresada en disminución de atrasos respecto al target (SPI) y la disminución de costos, expresado en consumo real de recursos de Horas Hombre (Indicador denominado Cost Factor en la empresa) para las actividades ejecutadas (CPI). El objetivo de esta evaluación es determinar la percepción del equipo de proyectos de la relación existente entre estos indicadores de desempeño y los datos reales obtenidos de las mediciones semanales y análisis de correlaciones. Las distribuciones de las evaluaciones de relaciones para las distintas variables son:

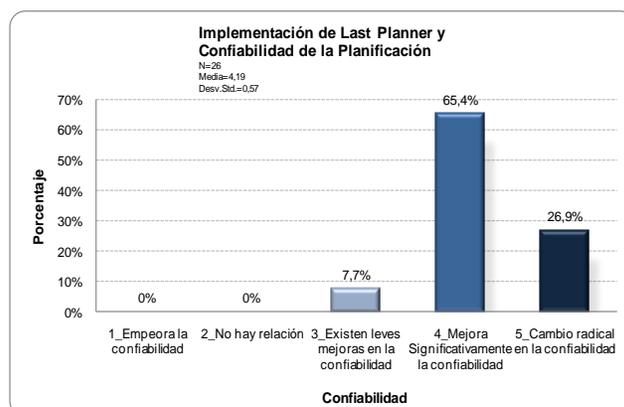


Figura 4-23: Evaluación de Relación LPS y Confiabilidad de la Planificación.

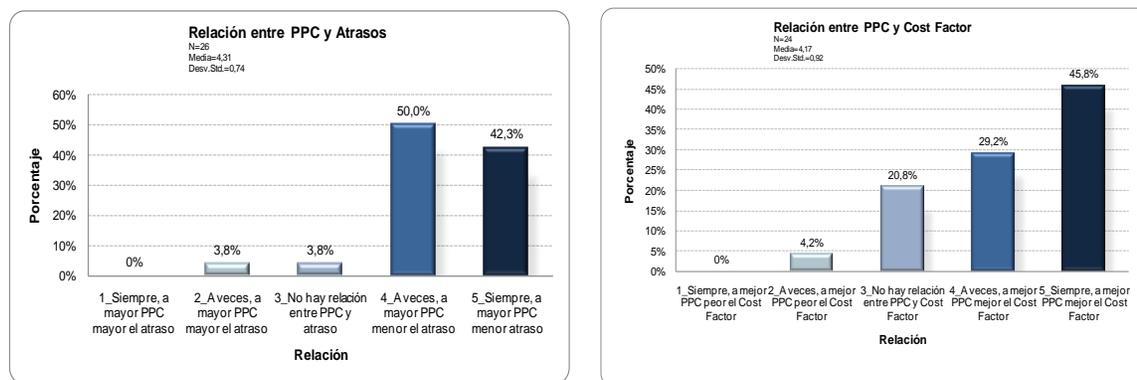


Figura 4-24: Evaluación de Relación entre PPC, Atrasos y Costos

A partir de la evaluación por parte del equipo de proyecto se establece relación significativa entre la implementación de LPS y una mayor confiabilidad de la planificación (Fig. 4-23), del mismo modo se observa evaluación de relación significativa entre la evolución del PPC y la disminución del atraso y el menor costo (Fig. 4-24). Esta tendencia en la percepción del equipo coincide con los resultados de la relación del coeficiente de Pearson entre PPC-SPI-CPI anteriormente expuestas.

4.4.4 Relación con el Cliente

A continuación se presentan los resultados de la evaluación del impacto de Last Planner en la relación de la empresa constructora con los respectivos mandantes. Se establece que la evaluación del impacto sea realizada por el equipo a partir de la posición del cliente. El objetivo de esta evaluación es determinar si LPS tiene impacto en la relación empresa-cliente y contrastar los resultados con la tendencia establecida en la encuesta de satisfacción al cliente. Las distribuciones de las evaluaciones de 1 (No tuvo Impacto) a 5 (Alto Impacto) para las distintas variables son:

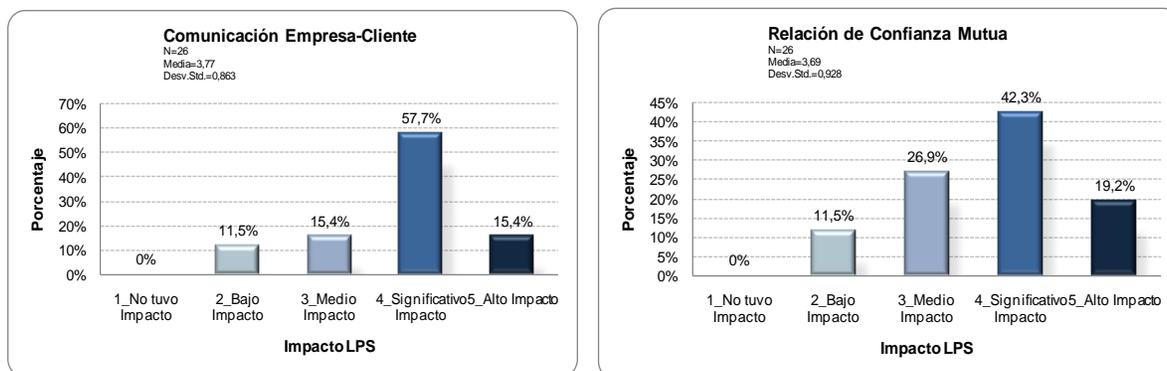


Figura 4-25: Impacto en Comunicación y Confianza Empresa-Cliente.

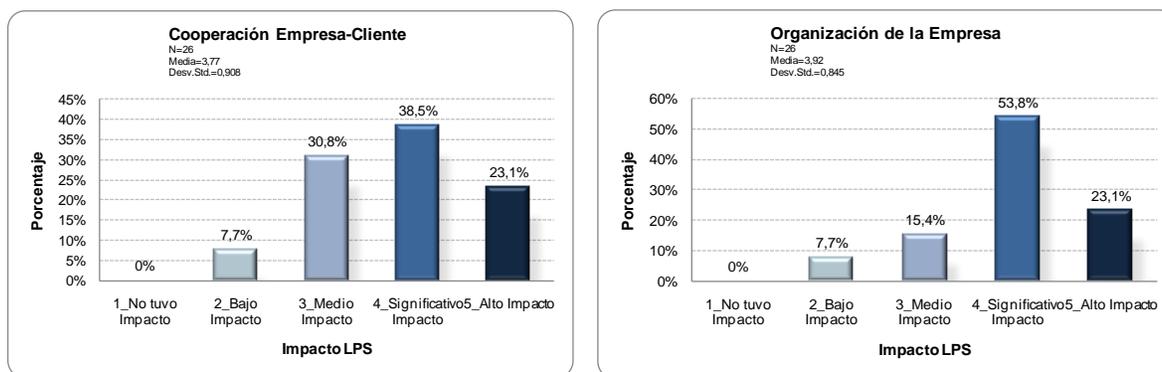


Figura 4-26: Impacto en Cooperación Empresa-Cliente y Organización.

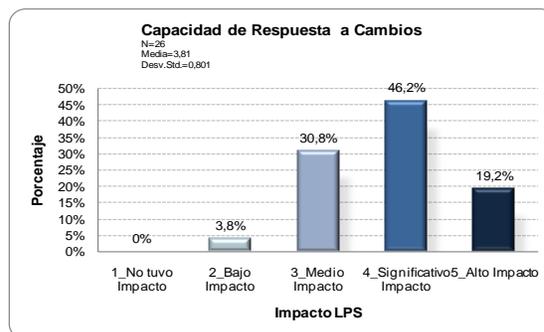


Figura 4-27: Impacto en Respuesta a Sugerencias Cliente y Cambios.

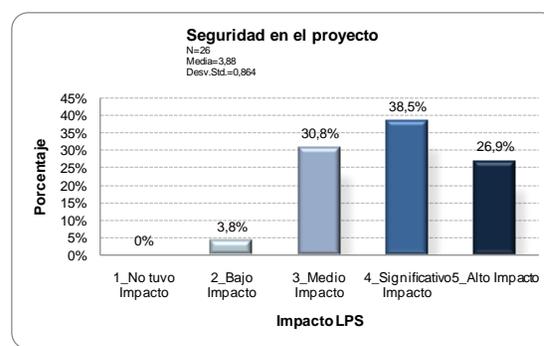


Figura 4-28: Evaluación de Impacto en Resolución de Conflictos y Seguridad.

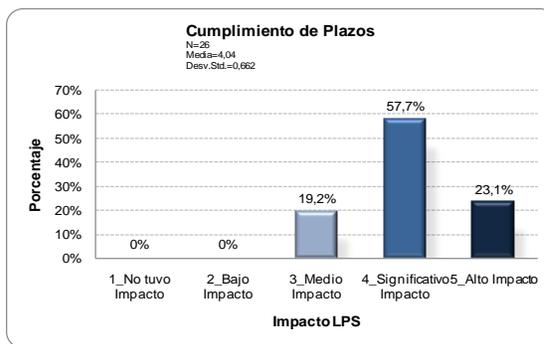
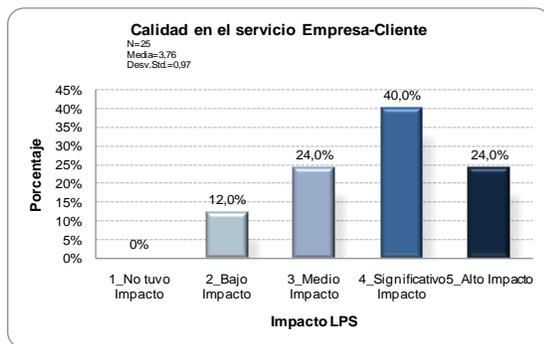


Figura 4-29: Evaluación de Impacto en Calidad de Servicio y Plazos.

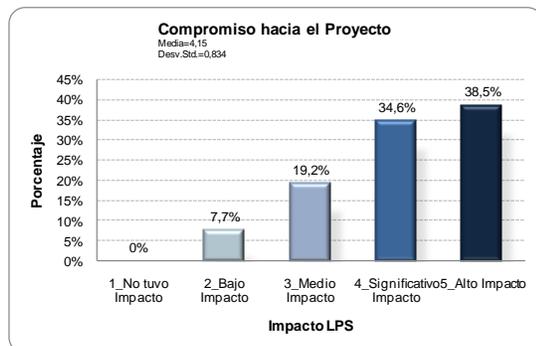


Figura 4-30: Evaluación de Impacto en Compromiso y Satisfacción Global.

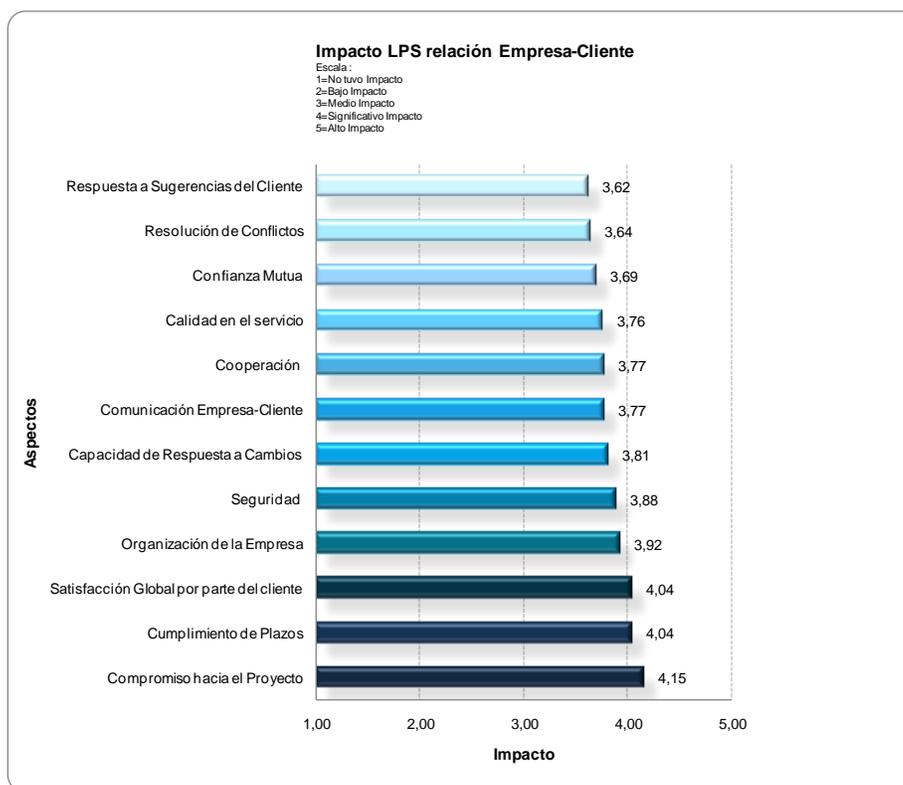


Figura 4-31: Impacto de LPS en Variables de Relación Empresa-Cliente.

A partir de la evaluación media por variable se observa que todos los valores se ubican por sobre el nivel de medio impacto y están por sobre el nivel de significativo impacto en 3 de las 12 variables (Fig. 4-31). Los aspectos con mayor impacto de LPS son la percepción de Compromiso, Cumplimiento de Plazos y Satisfacción Global por parte del Cliente. Los menores valores se presentan en Respuesta a Sugerencias y Resolución de Conflictos. Los anteriores resultados indican que a pesar de la mayor percepción de compromiso y organización de la empresa con el proyecto, y la satisfacción global general del cliente con la empresa, persiste la problemática de resolución de conflictos y respuesta a sugerencias, lo cual es expresión de la falta de integración del Cliente al sistema, quien lo percibe como una metodología propia de la constructora en la cual no tiene injerencia.

4.4.5 Aspectos Metodológicos

Se evaluó la relevancia de los elementos metodológicos implementados del LPS en los casos de estudio y su incidencia en el éxito de la implementación del sistema, desde la perspectiva de los usuarios del sistema. Las medias de las evaluaciones de 1 (Sin Relevancia) a 5 (Alta Relevancia) para los distintos elementos fueron:

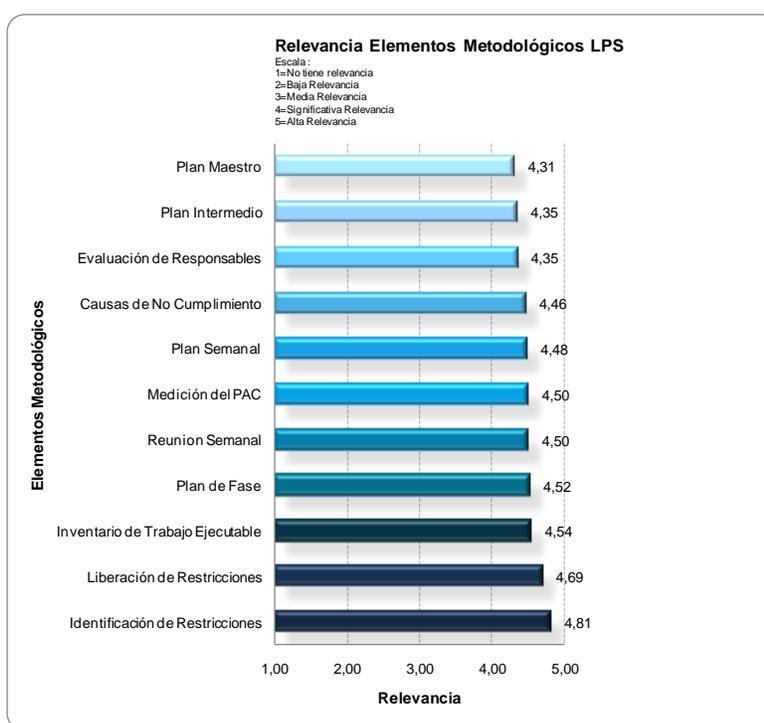


Figura 4-32: Relevancia de Elementos Metodológicos LPS.

Se puede observar que todos los elementos metodológicos implementados son significativos para el éxito de la implementación del sistema, siendo los que presentan mayores valores los procesos de identificación y liberación de restricciones y menor valor el plan maestro del proyecto (Fig. 4-32). Este último aspecto coincide con el planteamiento teórico del sistema LPS, en el cual la planificación es más confiable cuando nace del equipo y no cuando es impuesta o generada por terceros

como es el caso del plan maestro, el cual se establece sólo como referencia y no como herramienta de planificación para los últimos planificadores. En el otro sentido la identificación y liberación de restricciones es reconocido como el proceso más relevante y que a su vez presenta mayores desafíos ya que en la evaluación de desempeño de la organización el impacto de LPS en la liberación de restricciones presenta menores valores de impacto.

4.4.6 Participación de Equipos de Proyectos

Se evaluó la relevancia de los miembros (funciones) del equipo para una adecuada y efectiva implementación de LPS. Las medias de las evaluaciones de 1 (Sin Relevancia) a 5 (Alta Relevancia) para los distintos roles fueron:

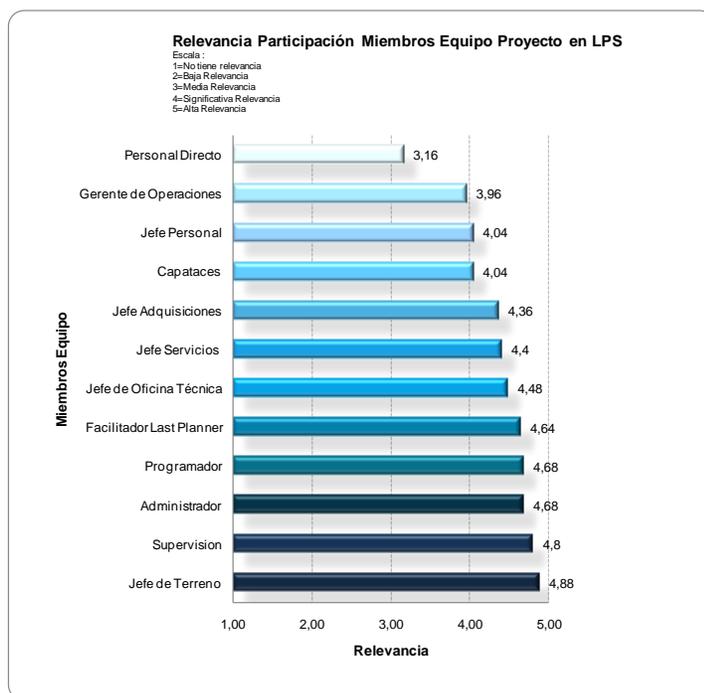


Figura 4-33: Evaluación de Relevancia de Participación de Equipo de Proyecto.

Del mismo modo se evaluó el aporte de los miembros del equipo en la implementación de LPS en los casos de estudio. Las medias de las evaluaciones de 1 (Altamente Negativo) a 5 (Altamente Positivo) para los distintos roles fueron:

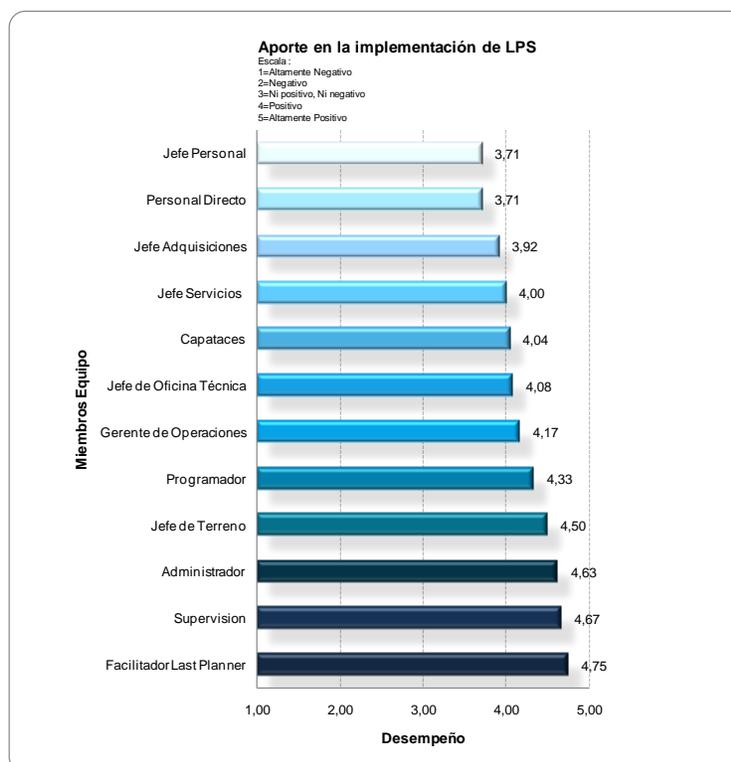


Figura 4-34: Evaluación de Aporte de Miembros de Equipo en Implementación.

A partir de los resultados de las evaluaciones, los roles con mayor relevancia son los de Jefe de Terreno, Supervisores y Administrador y con mayor aporte en los casos de estudio los roles de Facilitador Last Planner, Supervisión y Administrador (Fig. 4-33). Los roles con menor relevancia son los de Personal Directo, Gerente de Operaciones y aquellos con menor aporte Jefes de Personal, Personal Directo, Jefe de Adquisiciones y Jefes de Servicios.

Dentro de los roles identificados con mayor relevancia se identifican aquellos asociados directamente a las decisiones de producción, liderados por el Jefe de Terreno y los Supervisores, quienes establecen los compromisos de producción semanal. Por otra parte aparece el Administrador en un rol clave ya que a partir de su predisposición se logró la implementación del sistema y se impulsó la liberación de restricciones a través del control de responsables de liberación. La evaluación de mayor aporte (Fig. 4-34) a la implementación en los casos de estudio la tuvo el rol de Facilitador Last Planner, esto se explica por la función de capacitación permanente y difusión del sistema al interior de las organizaciones, cumpliendo el rol de promotor y velando por la implementación adecuada en esta fase inicial de adopción de la metodología por parte de la empresa.

Entre de los roles evaluados con menor relevancia aparecen el Personal Directo y el rol de Gerente de Operaciones, lo cual coincide con la teoría del sistema, en el sentido de que no son ellos quienes toman decisiones de producción pero si se ven afectados por las implicancias de los compromisos de producción establecidos, sus acciones asociadas y resultados implícitos. La evaluación de menor aporte se concentra en los roles de servicios a la producción, ya que como parte de la cultura organizacional de la empresa estos cargos no son considerados y presentan una alta rotación inclusive durante la duración de los proyectos. Al ser estos roles fundamentales en la liberación de restricciones y no interactuar con el sistema se encuentra otra causa del porque la liberación de restricciones no se concretó de una manera más efectiva.

4.4.7 Beneficios y Barreras Asociados a la Implementación de LPS

Se evaluaron los principales beneficios de la implementación de LPS en los casos de estudio mediante pregunta abierta. A partir de los beneficios señalados por los participantes los resultados son:

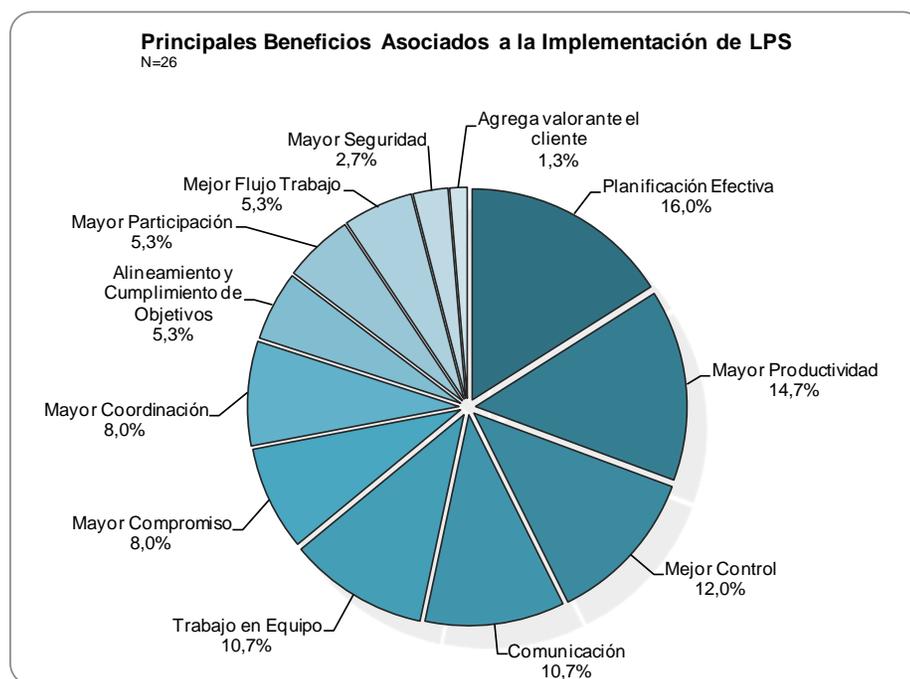


Figura 4-35: Beneficios de la Implementación de LPS.

Se observa que los beneficios identificados coinciden con los resultados de desempeño de los objetivos de los proyectos y la percepción de satisfacción del cliente. Del mismo modo los beneficios identificados concuerdan con las propuestas teóricas establecidas previo a la implementación de LPS, fundamentalmente el cumplimiento de objetivos y el impacto en la gestión de la organización. Los beneficios apuntan tanto aspectos organizacionales como metas de los proyectos, destacando la efectividad de la planificación, mayor productividad, mayor control, comunicación y trabajo en equipo.

Con el objetivo de establecer las recomendaciones metodológicas para futuras implementaciones se evaluaron las principales barreras de implementación de LPS desde la perspectiva del los usuarios. Los resultados de la evaluación mediante pregunta abierta son:

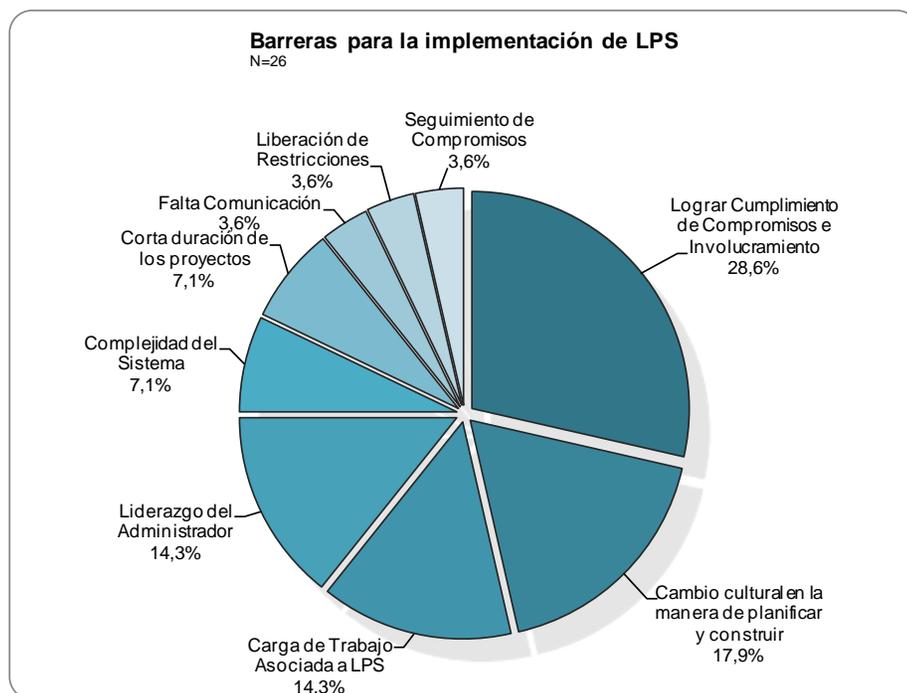


Figura 4-36: Principales Barreras para la Implementación de LPS.

Las principales barreras se orientan hacia lograr el cambio cultural en la organización que posibilite el cumplimiento de los compromisos de producción y de liberación de restricciones por parte de los miembros del equipo. Para lograr este objetivo es determinante el liderazgo que ejerza la administración en la implementación del sistema, la capacitación sistemática y la consideración en la toma de decisiones que afecten al proyecto. También se hace referencia a la carga de trabajo adicional y la complejidad del sistema lo cual pone evidencia la relevancia de revisar el

procedimiento de implementación y elementos metodológicos de acuerdo a las posibilidades y necesidades de cada organización.

4.4.8 Evaluación de Implementación Actual y Utilización a Futuro

Se evaluaron las mejoras percibidas por los miembros del equipo en los casos de estudio a partir de la implementación de LPS en contraste con las experiencias previas de construcción. Las frecuencias de las evaluaciones desde 1 (Peor que antes) a 5 (Mejoras Radicales) fueron:

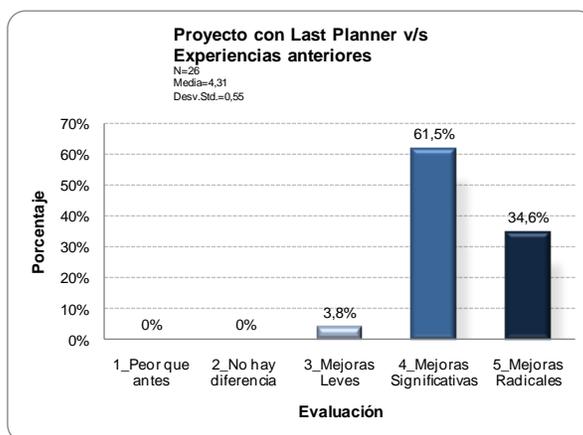


Figura 4-37: Evaluación Implementación LPS y Experiencias Previas.

La percepción de mejoras significativas de los proyectos que implementaron LPS coincide con los resultados generales de desempeño en relación a los objetivos de los proyectos y a los resultados de satisfacción de cliente entre aquellos casos con implementación LPS y aquellos sin LPS o previos en la empresa.

Respecto a la evaluación de si continuaría con la implementación de LPS en proyectos futuros los resultados de las evaluaciones desde 1 (No lo volvería a usar) a 5 (Lo utilizaría sin lugar a dudas) fueron:

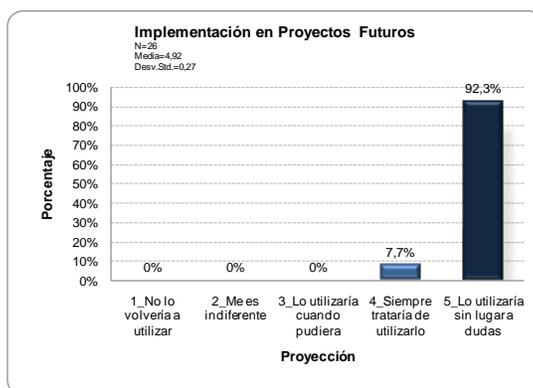


Figura 4-38: Disposición a Implementación a Futuro de LPS.

4.4.9 Mejoras a la Implementación

Se consultó mediante pregunta abierta respecto a mejoras a la implementación del sistema a partir de las experiencias en los respectivos casos de estudio. Las mejoras propuestas fueron:

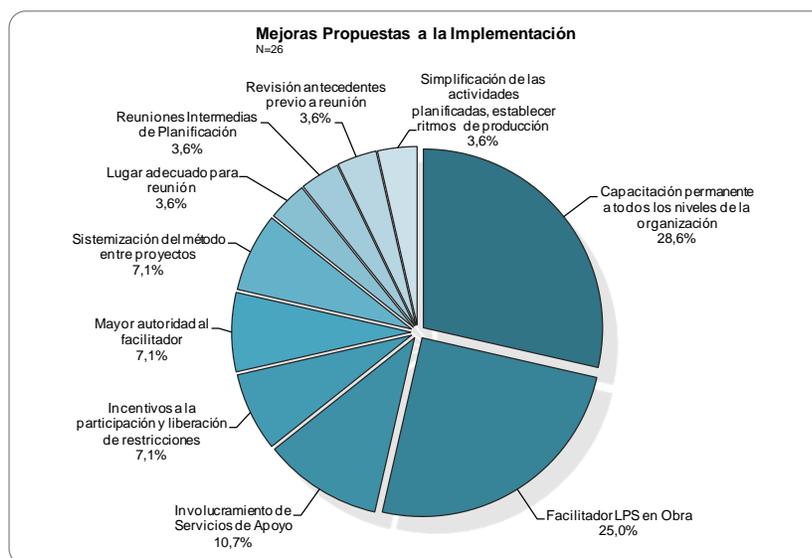


Figura 4-39: Mejoras Propuestas para la Implementación de LPS.

Los resultados apuntan a fortalecer la capacitación acerca del sentido y metodología del sistema y a lograr una implementación efectiva sin que signifique una mayor

carga de trabajo mediante el apoyo de un facilitador en la gestión de la información asociada al sistema. La sugerencia de mayor involucramiento de los servicios de apoyo coincide con la menor evaluación de aporte expuesta anteriormente y ratifica la necesidad reformulación de las políticas de la empresa en este sentido dado la responsabilidad de liberación de restricciones que recae en estas funciones.

4.4.10 Principales Desafíos de los Proyectos de Montaje Industrial en Minería

Con el objetivo de contextualizar los resultados de cumplimiento de objetivos y desempeño general de los casos en donde se implementó LPS se consulto mediante pregunta abierta cuales son los principales desafíos asociados a los Proyectos de Montaje Industrial en Minería. Los principales desafíos identificados como primera respuesta y luego en el global de respuestas fueron:

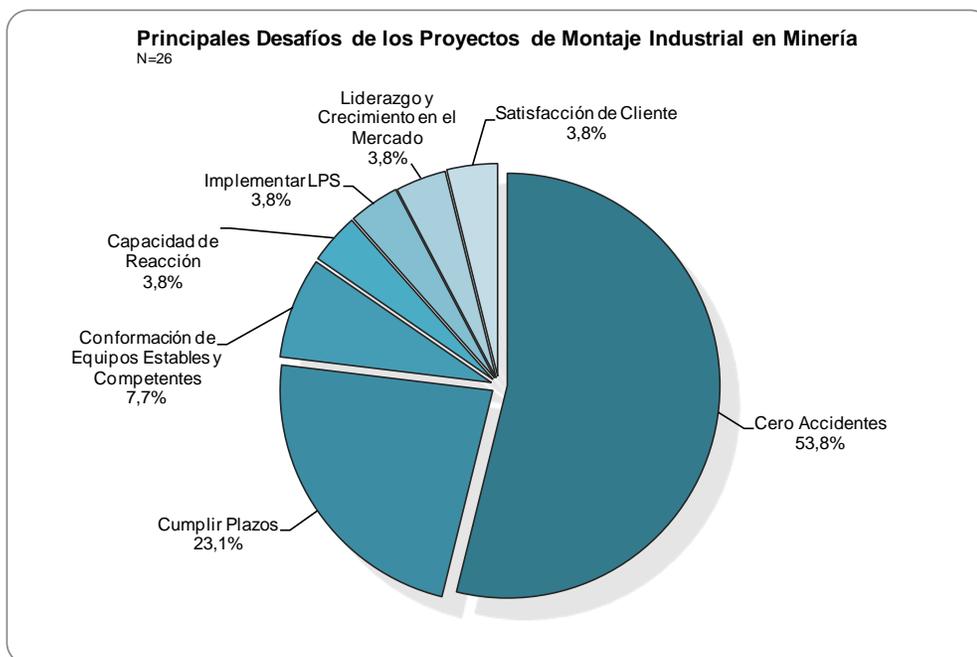


Figura 4-40: Principales Desafíos de Proyectos en Minería, Primera Respuesta.

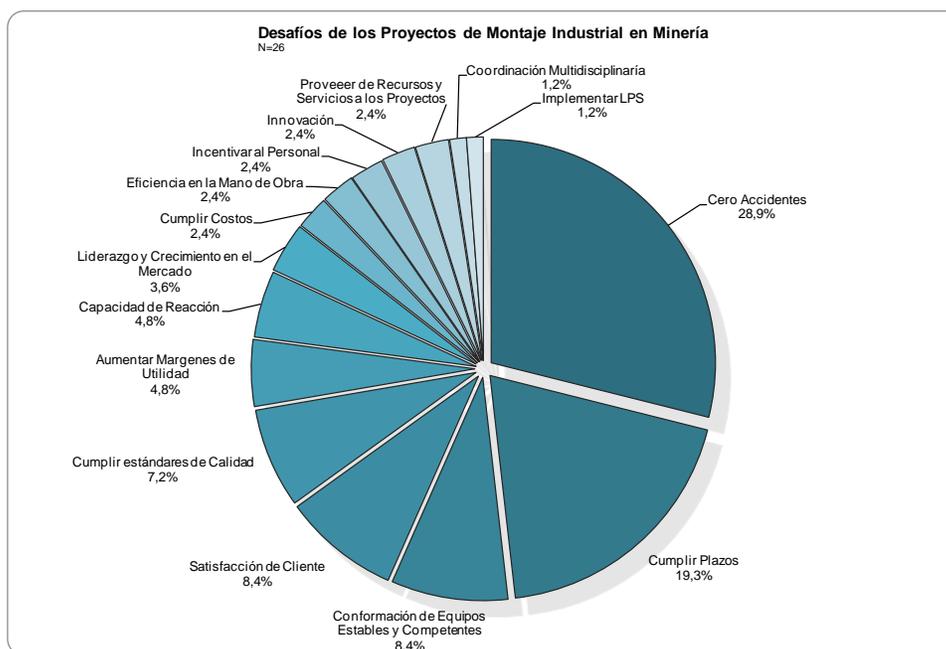


Figura 4-41: Principales Desafíos Proyectos en Minería, Global de Respuestas.

De acuerdo a indicado por los equipos de los proyectos, los desafíos principales son (Fig. 4-40,41): No tener accidentes, cumplir los plazos y conformar equipos estables y competentes. Estos objetivos están dentro de los establecidos para evaluación en la investigación de acuerdo a la revisión bibliográfica y experiencias anteriores de implementación, diferenciándose de experiencias de implementación anteriores principalmente por la relevancia que tienen de los aspectos de seguridad tal como se plantea en la introducción de la investigación.

4.4.11 Análisis General

En función de los resultados observados a partir de los registros, mediciones semanales, encuesta a equipos de proyectos, contextualizadas por la observación directa de los casos de estudio se establece la matriz de resultados, satisfacción e impacto de LPS general para los casos de estudio (Fig. 4-42).



Figura 4-42: Matriz de Resultados, Satisfacción e Impacto LPS.

En los tres casos de estudio se observa un desempeño global alto en función de los objetivos establecidos para los proyectos. Los resultados de desempeño de los proyectos coinciden con la evaluación realizada por los clientes, cuya evaluación en algunos casos fue superior a los resultados obtenidos. En cuanto al impacto de LPS en el resultado global de los distintos indicadores es posible establecer una relación significativa a partir de la evaluación de los equipos de proyectos y la relación observada entre el desempeño de la confiabilidad y la evolución de los plazos y

costos. La relación entre los resultados de los proyectos y la implementación de LPS varía dependiendo de la variable de análisis. En este sentido en los resultados de seguridad se observa una diferencia entre la percepción de los usuarios, los resultados reales y la evaluación del mandante. Lo anterior se explica en parte por la cultura de prevención de riesgos preexistente en la empresa y porque el objetivo de seguridad no es explícito en la implementación de LPS. Es posible observar incidencia de LPS a partir de la mayor planificación, la organización del entorno en el cual se ejecutan los trabajos y la reducción de las urgencias e improvisaciones en coincidencia con lo establecido por el marco teórico de Construcción Lean.

También se presentan diferencias en la evaluación del desempeño de la variable plazos de los proyectos, ya que a pesar de que los tres casos presentan atrasos, tanto el cliente como los equipos de proyectos establecen un alto desempeño, asociado a los mayores desvíos que habitualmente se presentan en este tipo de proyectos en comparación con los casos estudiados.

Existe coincidencia en la variable satisfacción del cliente desde la perspectiva de la empresa, los clientes y los equipos de proyectos. En función del alto desempeño mostrado la empresa partir de la implementación de LPS, fue posible la adjudicación de nuevos contratos con estos clientes, quienes manifestaron de manera explícita su satisfacción hacia la empresa.

Es posible observar que la implementación de LPS contribuye significativamente en el cumplimiento de los objetivos de los Proyectos de Montaje Industrial en Minería, presentándose el impacto de manera diferenciada entre las variables. La implementación de LPS no es el único factor determinante en el cumplimiento de los

objetivos y fundamentalmente en los aspectos de seguridad tiene una alta incidencia la cultura operacional y organizacional establecida previamente en la empresa.

5. CONCLUSIONES

La implementación del sistema LPS, como parte de las estrategias destinadas a cumplir con los objetivos establecidos en el contexto de los Proyectos de Montaje Industrial en Minería, presenta un alto potencial de desarrollo y aplicación tanto para las empresas constructoras como para las empresas mandantes. A partir de los resultados observados en los tres casos de estudio en donde el sistema fue implementado es posible configurar el esquema operacional de LPS para el cumplimiento de los objetivos de los proyectos (Fig. 5-1)

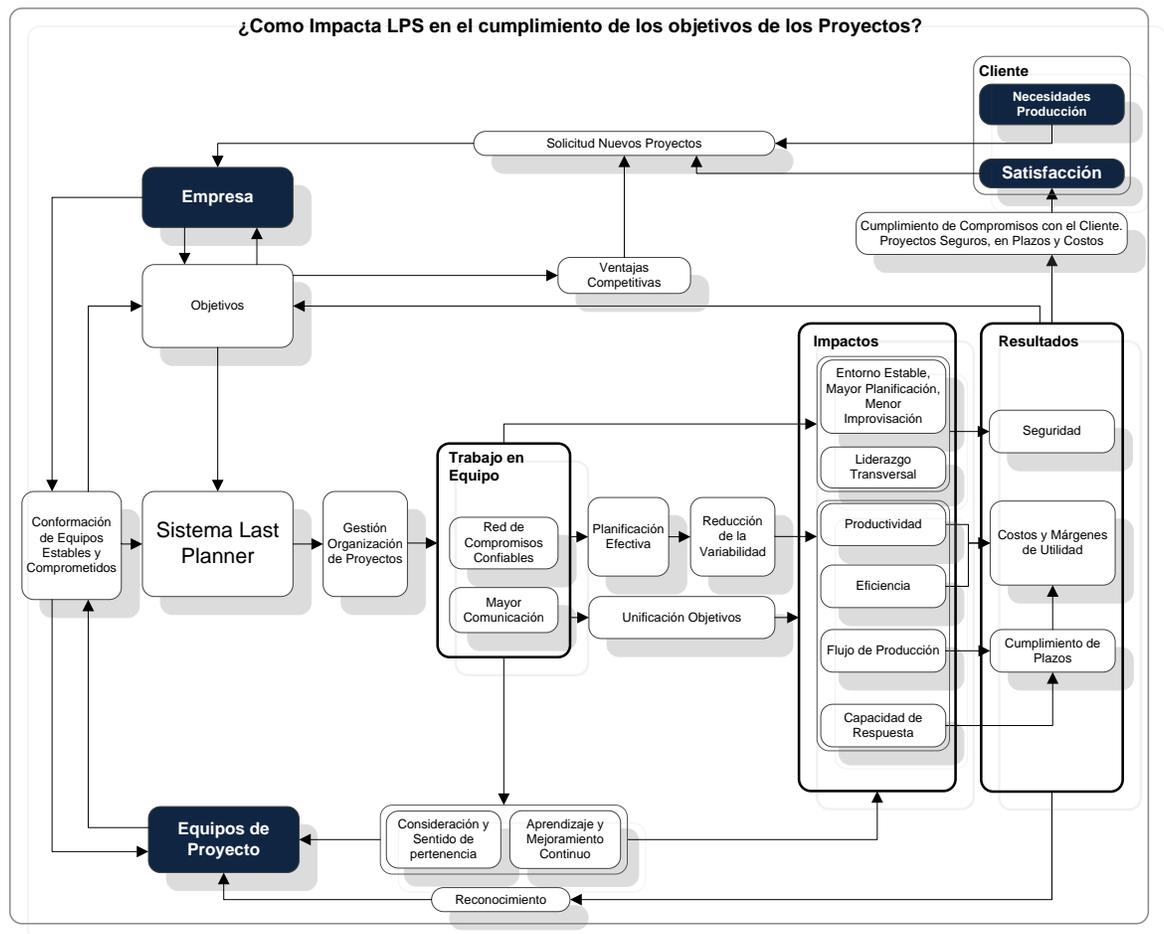


Figura 5-1: Esquema Impacto del LPS.

El LPS actúa sobre la gestión de la organización, posibilitando un mayor flujo de comunicación y el establecimiento de redes de compromisos confiables que permitan alcanzar los objetivos de los proyectos (Howell et al, 2004), configurando las instancias para el trabajo en equipo. Del mismo modo la mayor comunicación permite el unificar y difundir los objetivos de la organización, posibilitando la alineación de los esfuerzos de todos los miembros del equipo. A partir de la configuración de equipos de trabajo cohesionados e integrados la planificación establecida aumenta su confiabilidad, permitiendo la reducción de la variabilidad de la producción (Ballard, 2000). La reducción de la variabilidad incide en mayor productividad y eficiencia en el uso de los recursos, aumentando la capacidad de respuesta a cambios, reduciendo la improvisación y estabilizando el entorno general de trabajo y producción. A partir de estas condiciones aumenta la probabilidad de cumplir con las metas de seguridad, plazos y márgenes de utilidad definidas para los proyectos.

El cumplimiento de los requerimientos planteados por el cliente, principalmente en las variables de seguridad y plazos, establecen condiciones favorables para la solicitud de ejecución de nuevos proyectos y el fortalecimiento de los vínculos entre empresa y cliente, permitiendo a la empresa la conformación de equipos de trabajo estables. La implementación de LPS agrega valor al servicio entregado por la empresa entregando sustentabilidad a la operación y ventajas competitivas en el mercado.

Los positivos resultados observados a partir de la implementación de LPS en los casos de estudio, principalmente en los aspectos de la seguridad, márgenes de utilidad, productividad y gestión organizacional contribuyen a incentivar el uso de este sistema de planificación en el área de construcción de infraestructura para la industria Minera, del

mismo modo que algunos de los mandantes de los proyectos analizados en esta investigación han comenzado a implementarlo como exigencia para sus nuevos contratos.

5.1 Recomendaciones Metodológicas para la Implementación del LPS

A partir de la encuesta de evaluación del impacto de LPS y las observaciones en terreno, se establecen recomendaciones para la implementación de LPS. Están orientadas a implementación de LPS en proyectos en Minería pero no son excluyentes de implementar en otro tipo de proyectos:

- **Factor Administrador:** La implementación exitosa de LPS comienza por el convencimiento del Administrador del proyecto de la utilidad que presta el sistema para el logro de los objetivos del proyecto. Si existe evidencia de rechazo a la implementación por parte del Administrador no es conveniente la implementación, dado la significativa pérdida de recursos y desmotivación de la organización y la Gerencia hacia los resultados de la implementación. Es el Administrador quien refuerza la validez de los compromisos e impulsa con mayor fuerza la liberación de restricciones.
- **Metodología y Herramientas Versátiles y Simples:** La implementación de LPS debe estar orientada y adaptada a las necesidades de cada organización. No debe existir una rigidez metodológica que se imponga a los requerimientos de las organizaciones. Debe existir flexibilidad en la adaptación de la metodología a la realidad de cada proyecto. LPS logra mayor efectividad si la organización valida la metodología a utilizar. Las herramientas y formatos que se utilicen deben ser simples y de fácil comprensión por toda la organización, previo proceso de evaluación.

- **Facilitador Last Planner:** A partir de la experiencia de los casos de estudio y de presentar la mayor valoración de aporte por parte de los equipos de proyecto es recomendable la incorporación de un facilitador en las organizaciones que implementen el sistema. La implementación del sistema requiere de significativos recursos, fundamentalmente tiempo, por parte de quienes están involucrados. Para focalizar los esfuerzos en el cumplimiento de compromisos y liberación de restricciones es posible plantear que la tarea de reporte y generación de indicadores sea asistida por un gestor de la implementación. Es recomendable que este cargo tenga conocimiento del sistema y empatía con la organización dado el permanente rol de capacitación y promoción que cumple. Es fundamental hacer hincapié en el hecho de que el facilitador no es el responsable de la implementación, si contribuye a conformar la red de compromisos confiables al interior de la organización, sobre todo en las etapas iniciales de la implementación en la empresa.
- **Capacitación y Promoción Permanente:** El éxito del sistema depende de la confiabilidad de los compromisos que conforman la red de compromisos del sistema. Lograr confiabilidad en los compromisos es un desafío mayor que se ve afectado por factores culturales propios de las organizaciones. La costumbre de trabajar de manera planificada y de asignar validez a los compromisos se ve reforzada de manera significativa por la capacitación permanente y por la promoción que realicen todos los miembros de la organización liderados por el Administrador, Jefatura de Terreno y fundamentalmente la Supervisión. No es suficiente con una inducción inicial que exponga las bondades del sistema, la

capacitación debe ser permanente y se aproxima al modelo de capacitación utilizados en la prevención de riesgos.

- **Medición de Gestión de Restricciones:** Una vez que las barreras iniciales han sido superadas, el proceso de mayor relevancia es la liberación de restricciones. El desempeño de liberación debe ser medido mediante un índice de eficiencia en la liberación de restricciones, el cual debe ser controlado como mínimo de manera semanal y de manera óptima en forma diaria.
- **Incorporación del Cliente:** Es recomendable la incorporación del cliente en las reuniones de coordinación del sistema, permitiendo aumentar la transparencia en la relación empresa-cliente, generando confianzas, aumentando el flujo de comunicación, permitiendo la difusión y coordinación de la liberación de restricciones fundamentales para el éxito del proyecto.
- **Frecuencia:** En relación con la flexibilidad metodológica, la determinación de la frecuencia de reunión del equipo de proyecto debe adaptarse a las necesidades de cada proyecto. En escenarios de alta incertidumbre, tal como se presentó en los casos de estudio, la instancia de reunión semanal es insuficiente para permitir el flujo de información y la dinámica de generación y evaluación de compromisos requeridos para el proyecto. La reunión semanal única presenta la tendencia a extenderse y desvirtuarse. Es recomendable el tener reuniones breves y de manera diaria, favoreciendo una rutina de comunicación y evaluación que permita abordar los desvíos y la liberación de restricciones de manera ágil y oportuna. El ciclo de evaluación semanal generalmente no permite tomar control de manera proactiva.

- **Unidades Simples de Producción:** La simplificación metodológica incluye la simplificación de los compromisos de producción, en el sentido de las métricas utilizadas para expresar las cantidades. Es recomendable expresar los compromisos de producción en unidades físicas fáciles de medir y controlar tal como “Cantidad de Fundaciones” por sobre “m3 de Hormigón”. Esta estrategia contribuye a establecer rítmicas de producciones simples, comprensibles a todo nivel de la organización, facilitando el entendimiento y la comunicación. Son unidades posibles de monitorear por todos los involucrados en la operación y en cualquier momento, lo que permite control en tiempo real.
- **Instancia Metodológica de Mejoramiento:** Es recomendable la incorporación de una instancia metodológica que permita formalizar y controlar las acciones de mejoramiento continuo. El sistema LPS favorece la identificación y registro de causas de no cumplimiento pero no establece el vínculo con las acciones de mejoramiento que permitan evitar la ocurrencia de nuevos no cumplimientos. De este modo se recomienda complementar la implementación de LPS con la generación y seguimiento de proyectos de mejoramiento (Ej: Six Sigma), de tal modo de reforzar el beneficio de la implementación del sistema.
- **Incorporación de Servicios de Apoyo:** Se debe prestar particular atención a la integración de los departamentos que prestan servicios a la producción tal como Prevención de Riesgos, Calidad, Recursos Humanos, Adquisiciones y Servicios Generales, ya que existe la tendencia a no involucrarlos en la gestión de la producción y por lo tanto quedan excluidos de la red de compromisos. Este tendencia está asociada a la forma tradicional de conceptualizar el proceso de

construcción, enfocándose sólo en aquellas actividades de transformación (Koskela, 1992). En el rubro de la minería todas las actividades tienen la restricción inicial de evaluación de los requisitos de seguridad y el no considerarlos de manera oportuna y efectiva puede afectar el desempeño de los proyectos.

- **Procedimiento y Estandarización:** Debe existir una directriz para las implementaciones en todos los proyectos de una empresa. De este modo, a pesar de las adaptaciones particulares de cada implementación, se propicia una cultura única de implementación de LPS optimizando la utilización del conocimiento generado en las implementaciones anteriores.

5.2 Líneas de Investigación Propuestas

A partir de la presente investigación se establecen posibles líneas de investigación asociadas a las problemáticas identificadas en los casos de estudio y particularmente en la construcción de infraestructura productiva para clientes en el rubro de la Minería:

- Evaluación del Impacto de la Seguridad de las Operaciones en la definición de los Objetivos y Estructuras Organizacionales de los Proyectos y Empresas. En función a la relevancia que esta variable presenta actualmente en la definición de los objetivos estratégicos de las compañías mineras, las compañías de montaje industrial y en los objetivos de los proyectos. Durante el desarrollo de la presente investigación se pudo observar que más allá de los plazos y costos, la seguridad es la variable realmente trascendente para la evaluación de desempeño por parte de las compañías mineras.

- Evaluar el Impacto de la implementación de LPS en las Operaciones de Minería en Chile. Asociado a la escasa implementación actual, alto interés manifestado por las compañías y potencial impacto en las operaciones, que la implementación de LPS y Producción Lean representa.
- Desarrollar y evaluar estrategias de gestión enfocadas en aumentar la efectividad en la liberación de restricciones y cumplimiento de compromisos al interior de las organizaciones. Enfocado en desarrollar estrategias y competencias en las organizaciones que aborden las variables culturales y de comportamiento necesarias para la implementación de LPS en la industria.

BIBLIOGRAFIA

- Alarcón, L.F. eds. (1997), *Lean Construction*. Balkema, Rotterdam. 497 p.
- Alarcón, L.F., Diethelm, S., Rojo, O. and Calderón, R. (2008). Assessing the Impacts of Implementing Lean Construction. *Revista Ingeniería de Construcción*, Vol 23, No.1,26-33.
- Alarcón, L.F., Diethelm, S. and Rojo, O. (2002), Collaborative Implementation Of Lean Planning Systems in Chilean Construction Companies, Gramado, 2002. 11p.
- Alarcón, L.F. (1993). Modeling waste and performance in construction. *Proc. 1st Ann. Conf. Int.. Group for Lean Construction, Espoo, Lean Construction Institute*, 51-67.
- Ballard, G. (1993), Lean Construction and EPC performance improvement. *Proc. 1st Ann. Conf. Int.. Group for Lean Construction, Espoo, Lean Construction Institute*. 82-95.
- Ballard, G. (2000), The Last Planner System of Production Control. *Thesis submitted to the Faculty of Engineering of The University of Birmingham for the degree of Doctor of Philosophy*, May, 2000, 192p.
- Ballard, G. (2000), Phase Scheduling. *LCI White Paper-7*, April, 2000, 3p.
- Ballard, G. (2004), The Last Planner. *Northern California Construction Institute Monterrey*, CA, 8p.
- Ballard, G. and Howell, G. (1994). Implementing Lean Construction: Improving downstream performance. *Presented on the 2nd workshop on lean construction*, Santiago, 1994, 115-129.
- Ballard, G. and Howell, G. (1994), Implementing Lean Construction: Reducing Inflow Variation, *Presented on the 2nd workshop on lean construction*, Santiago, 1994, 97-104.
- Ballard, G. and Howell, G. (1994), Implementing Lean Construction: Stabilizing work flow. *Presented on the 2nd workshop on lean construction*, Santiago, 1994, 105-114.
- Ballard, G. and Howell, G. (2004), An Update on Last Planner. *Proceeding For the 11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-11)*, Blacksburg, VA, USA, July 2003, 13p.
- Banco Central de Chile, (2009), *Informe Producto interno bruto por clase de actividad económica, a precios constantes año 2008*, Base de Datos Estadísticos, Diciembre, 2009.
- Campero, M. y Alarcón, L.F. (1999). Administración de Proyectos Civiles, *Ediciones Universidad Católica de Chile*, Santiago, Chile., 322p.

Comisión Chilena del Cobre, (2009). Públicas Inversión en la Minería Chilena del Cobre y del Oro Proyección del período 2009 – 2015, *Dirección de Estudios y Políticas Públicas*, Agosto, 2009, 29p.

Cámara Chilena de la Construcción, (2009). Informe MACH 27, *Gerencia de Estudios*, Diciembre, 2009, 25p.

Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT), (2004), Cifras: Productividad Hoy, *Revista BIT*, Septiembre, 2004, 58-59.

Dozzi, S., Abourizk, S (1993). Productivity in Construction. *NRC Institute for Research in Construction*. 52 p

González, V., Alarcón, L.F., Mundaca, F. (2007). Investigating the Relationship between Planning Reliability and Project Performance. *15th Conference of International Group for Lean Construction: A New Paradigm For Managing Capital Projects*, East Lansing, Michigan, U. S., July 18th – 20th. 11p.

Goldratt, E. and Cox, J. (1984), *The Goal*. North River Press, 384p.

Hernández, R., Fernandez, C., Baptista, L., (2003), Metodología de la investigación Tercera Edición, 465p.

Howell, G. (1999). What is Lean Construction?. *Paper presentado en la séptima conferencia anual del grupo internacional de Lean Construction*, University of Berkeley, California, U.S.A. Julio, 1999, 10p.

Howell, G., Macomber, H., Koskela L. and Draper, J. (2004), Leadership and Project Management: Time for a Shift From Fayol To Flores. *Proceedings IGLC-12*, Copenhagen, Denmark, August 2004, 8p.

Howell, G. and Ballard, G. (1994). Lean Production Theory: Moving Beyond ‘Can-Do’. *Proc. 2nd Annual Conference of the Int’l. Group for Lean Construction*, Santiago, Chile, Available in Alarcón (1997),17-24.

Instituto Nacional de Estadísticas, (2008). Informe Distribución y Consumo Energético en Chile, *Boletín Informativo del Instituto Nacional de Estadísticas*, Septiembre, 2008, 8p.

Izquierdo, J. and Arbulu, R. (2008) Application of Production Management in Industrial EPC and Mining Projects in Peru, *16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, IGLC-16, Manchester, UK, 713-719.

Kerzner, H. (2000), Project Management, a systems approach to planning, scheduling, and controlling. *Project Management Institute; 7th edition*, September, 2000, 1200p.

- Kim, Y. and Ballard, G. (2000), Is the Earned-Value Method an Enemy of Workflow. *Proceedings Eighth Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC-6*, Brighton, UK, 10p.
- Knapp, S., Charron R. and Howell, G. (2007). Phase Planning Today. *Journal of Construction engineering Vol.22 N°3*, Santiago, December, 2007, 157-162.
- Koskela, L. (1992), Application of the new production philosophy to construction. *CIFE Technical Report #72*, Stanford University, September, 1992, 81p.
- Koskela, L., Laurikka, P. and Lautanala, M. (1994), Rapid construction as a change driver in construction companies. *Presented on the 3rd workshop on lean construction*, Albuquerque, 1994, 233-246.
- Koskela, L. and Jukka, L. (1995), Lean manufacturing of construction components, *Presented on the 2nd workshop on lean construction*, Santiago, 1995, 276-284.
- Koskela, L. (1993), Lean production in construction. VTT Building Technology, *Presented on the 1st workshop on lean construction*, Espoo, 1993, 1-10.
- Lima, M. (2009), The Competitiveness of the Chilean Mining. Presentación del Programa Economía de Minerales, *Centro de Minería*, Escuela de Ingeniería Pontificia Universidad Católica de Chile, 68p.
- Macomber, Harold, Howell, Gregory, (2003). Linguistic Action: Contributing to the theory of lean construction. *Proceedings of the 11th Annual Meeting of the International Group for Lean Construction*. Blacksburg, Virginia, pp. 1-10. July 2003. 10p.
- Management of Studies Chilean Camera of the Construction (2009), *Report MACH 27*, December, 2009. 25p.
- McKinsey & Company. (2009). Productividad como Motor de Crecimiento: El Próximo Desafío = Chile X 2. *Presentación ante la Confederación de la Producción y el Comercio de Chile*. Santiago, Chile, Diciembre 2009. 38p.
- Olano, R., Alarcón, L.F., and Rázuri C. (2009). Understanding the Relationship Between Planning Reliability and Schedule Performnace: A Case Study. 14p.
- Serpell, A. y Alarcón, L.F. (2000). Planificación y Control de Proyectos, *Ediciones Universidad Católica de Chile*, Santiago, Chile. 264p.
- Serpell, A., Venturi, A., Contreras, J., (1995). Characterization of Waste in Building Construction Projects, *3rd Annual Conference International Group for Lean Construction*, University of New Mexico, Albuquerque, USA, 16-19, October 1995. 68-80.

Tommelein, I. (1998), Pull-Driven Scheduling For Pipe-Spool Installation: Simulation Of A Lean Construction Technique. *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, July/August 1998, 124 (4) 279-288.

Womack, J.P., Jones, D.T., Roos, D. (1991). *The Machine That Changed The World: The Story Of Lean Production*. New York. *1st Harper Perennial Ed.*, 336p.

Womack, J.P., Jones, D.T., (1996). *Lean Thinking*:. New York. *1st Harper Perennial Ed.*, 396p.

Yin, R., (1994), *Case Study Research : Design and Methods*, Third Edition, 94p

ANEXOS

ANEXO A : MÉTODO DEL VALOR GANADO, RESUMEN GENERAL

El Método del Valor Ganado (EVMS Earned Value Method System) es una técnica de gestión que relaciona la programación y los costos a partir de la determinación del valor ganado como herramienta primaria (Kerzner, 2006). El método del Valor Ganado se establece como la herramienta central para el control de los proyectos desde la perspectiva tradicional del Project Management (PMI, 2004). La técnica de control del valor ganado provee una medida cuantitativa de medida del desempeño del trabajo ejecutado (Kim et al, 2000). El objetivo del método es proveer información temprana respecto a los desvíos en plazo y costos respecto del plan establecido inicialmente (Kerzner, 2006). Las tres variables fundamentales sobre las cuales se establece la metodología son (PMI, 2004):

- Valor Planificado (PV): Costo presupuestado a un determinado momento del proyecto. Se traduce en la línea base de Control.
- Valor Ganado (EV): Es el valor asociado de acuerdo a presupuesto del trabajo ejecutado a un determinado momento del proyecto.
- Costo Real (AC): Corresponde a el costo incurrido real para una determinada cantidad de trabajo ejecutado a determinado momento del proyecto

Debe haber correspondencia entre las unidades establecidas en presupuesto como medida de control y las unidades en la cuales se determine el costo real (PMI, 2004). En los Proyectos de Montaje Industrial en Minería es común que la expresión del presupuesto se establezca a través de las Horas Hombres Directas, las cuales son distribuidas en las actividades de acuerdo a rendimiento, determinando de este modo la línea base de control. En función de los tres valores anteriormente señalados se establecen las relaciones que

permiten determinar el desempeño del proyecto. Las estimaciones a partir del Valor Planificado, Valor Ganado y Costo Real son:

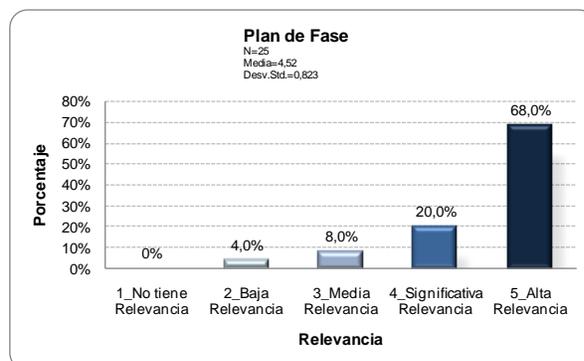
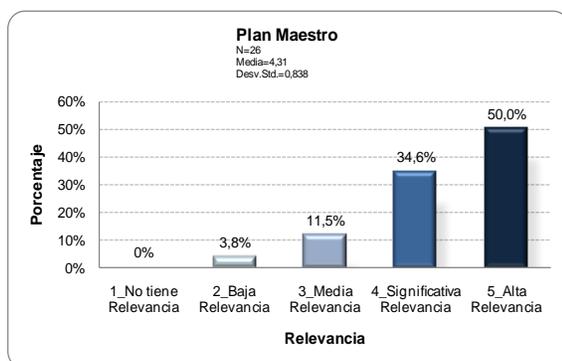
- Estimación Hasta la Conclusión (ETC): Corresponde a la determinación de los costos faltantes para completar las actividades en función de los rendimientos reales incurridos a la fecha o en una nueva estimación de realizada por la organización
- Estimación a la Conclusión (EAC): Corresponde a la proyección total de costos a incurrir al término del proyecto. Partiendo de la base del costos reales ya incurridos y la estimación de costo a término.
- Variación de Costo: Corresponde a la diferencia entre el Valor Ganado por las actividades ejecutadas y los costos reales incurridos para este trabajo a un determinado momento de control.
- Variación de Programa: Corresponde a la diferencia entre el Valor Ganado por las actividades ejecutadas y los valor presupuestados planificado a un determinado momento de control.

Los indicadores asociados a las variaciones de costos y programas son:

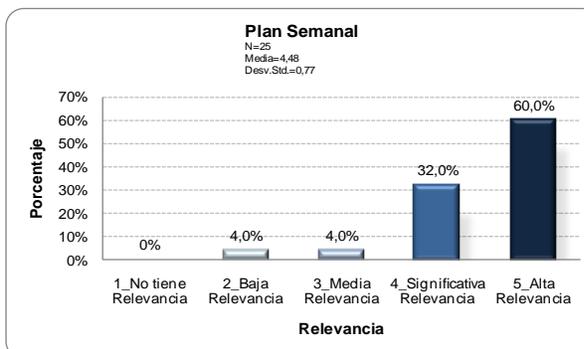
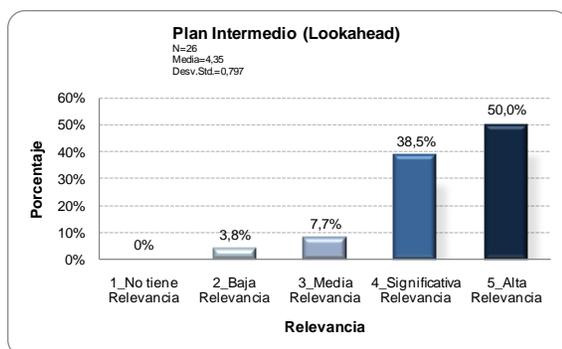
- Índice de Rendimiento de Costo (CPI): Es la razón entre El Valor Ganado y el costo real incurrido. El proyecto está dentro de lo presupuestado en la medida que presente valores sobre 1 en un determinado momento de control.
- Índice de Rendimiento de Programa (SPI): Es la razón entre El Valor Ganado y el Valor Programado. El proyecto está dentro de lo programado en plazos en la medida que presente valores sobre 1 en un determinado momento de control.

ANEXO B : GRÁFICOS EVALUACIÓN DE RELEVANCIA DE ELEMENTOS METODOLÓGICOS

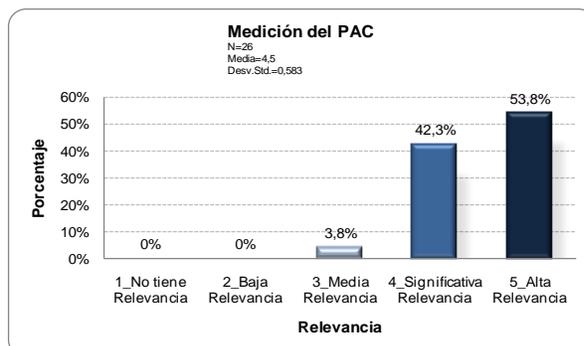
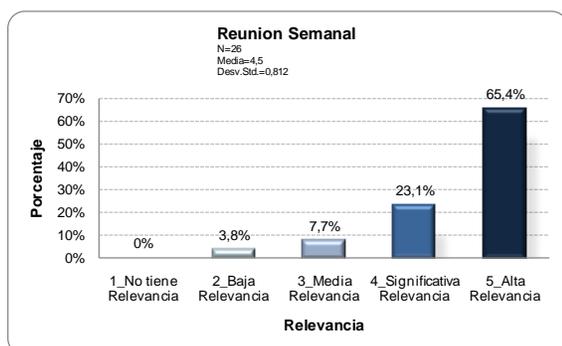
A continuación se incluyen los gráficos asociados a la evaluación de los elementos metodológicos del LPS a partir de la evaluación de relevancia emitida por los Equipos de Proyectos:



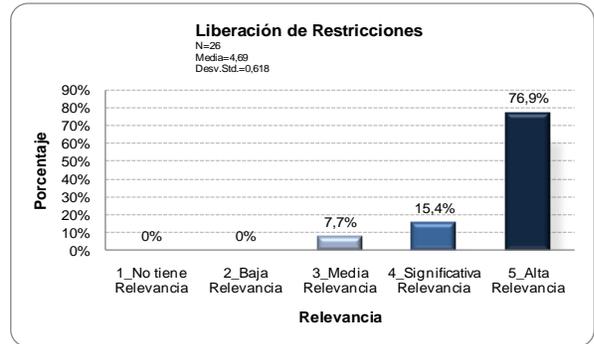
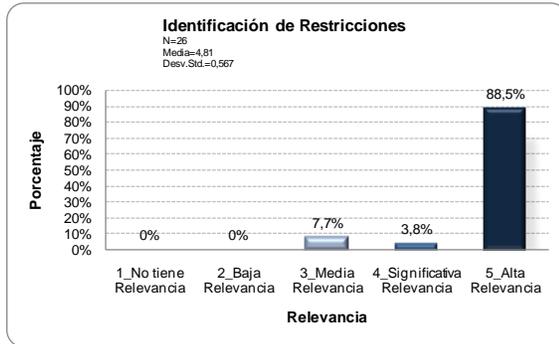
Evaluación Relevancia Plan Maestro y Plan de Fase



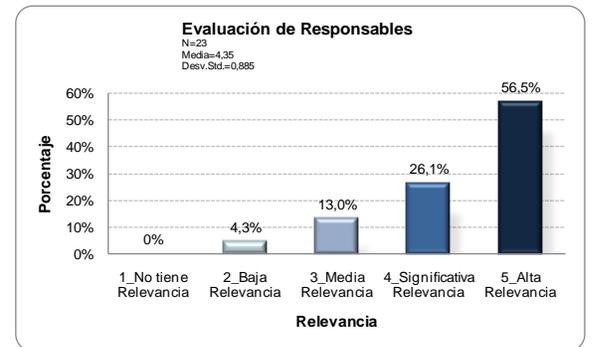
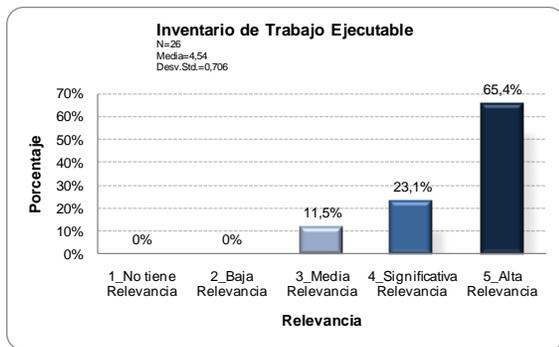
Evaluación Relevancia Plan Intermedio y Plan Semanal



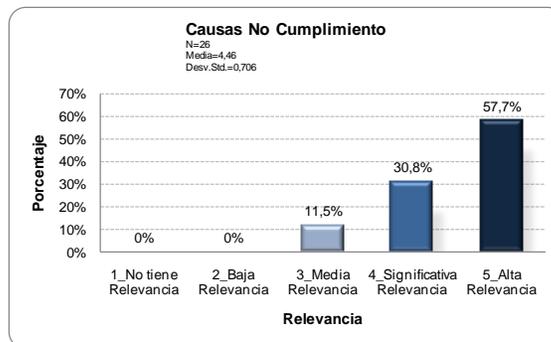
Evaluación Relevancia Reunión Semanal y Medición PAC



Evaluación Relevancia Identificación y Liberación Restricciones



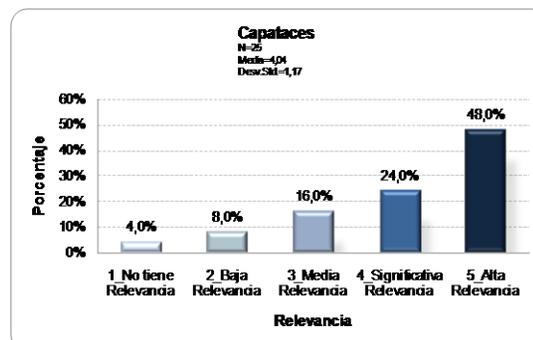
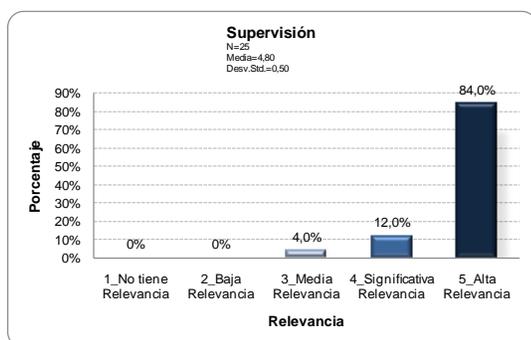
Evaluación Relevancia Inventario Trabajo y Evaluación Responsables



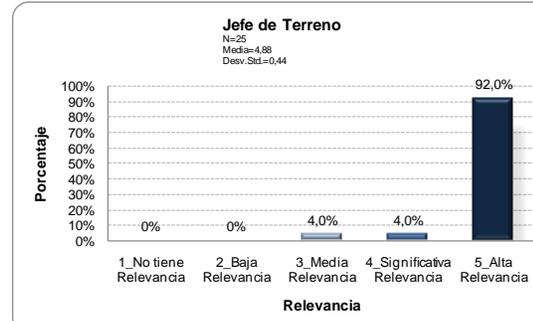
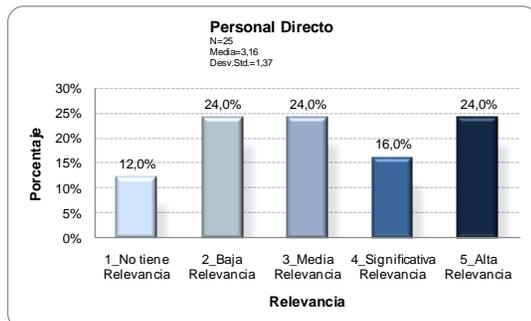
Evaluación Relevancia Causas No Cumplimiento

ANEXO C: GRÁFICOS EVALUACIÓN DE RELEVANCIA DE MIEMBROS DEL EQUIPO

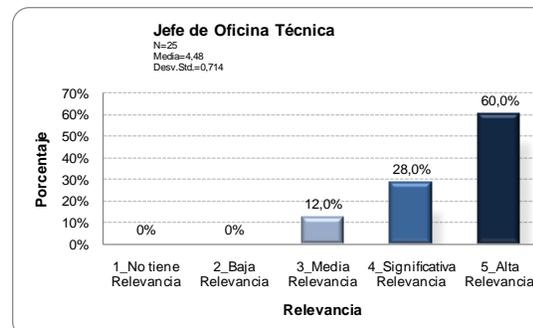
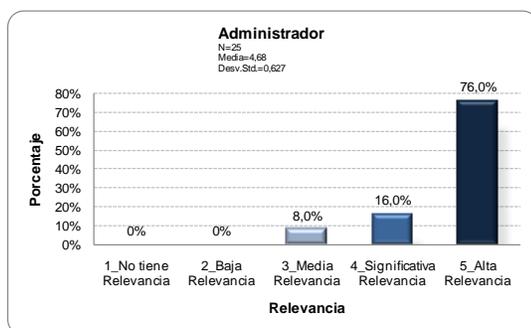
A continuación se incluyen los gráficos asociados a la evaluación de los miembros de los proyectos en la implementación del LPS a partir de la experiencia de los casos de estudio:



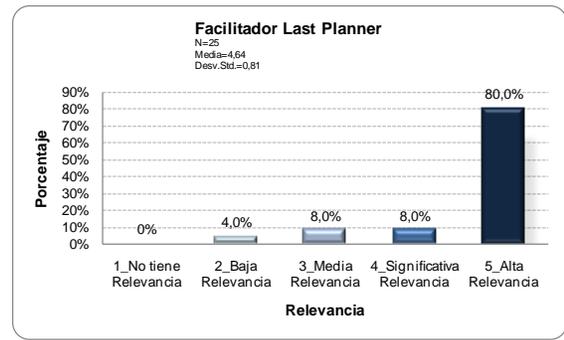
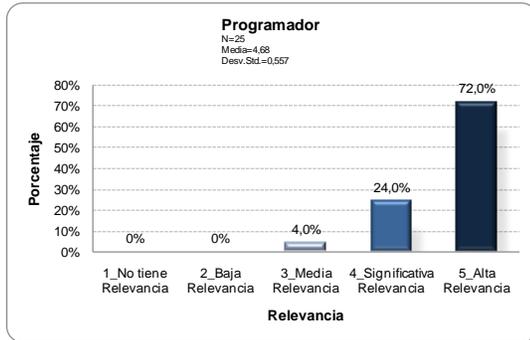
Evaluación Relevancia Supervisión y Capataces



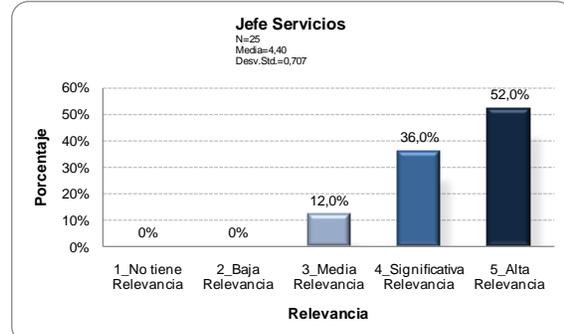
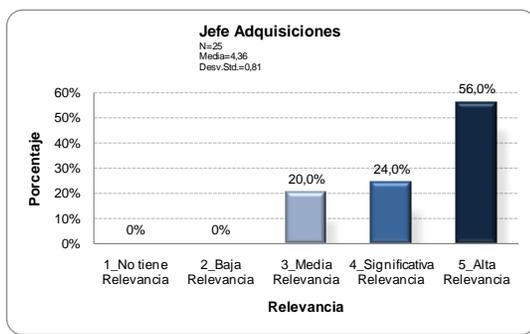
Evaluación Personal Directo y Jefe Terreno



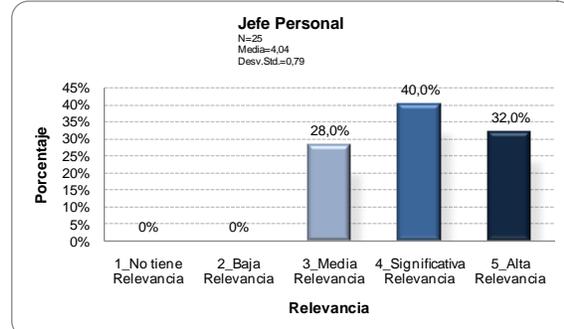
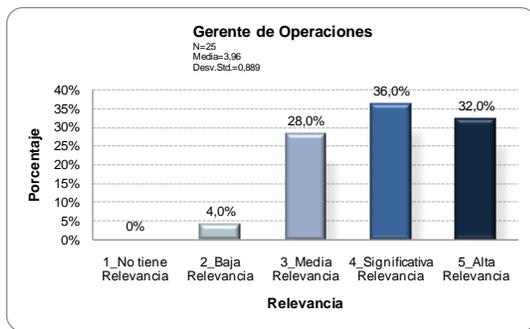
Evaluación Relevancia Administrador y Jefe Oficina Técnica



Evaluación Relevancia Programador y Facilitador Last Planner



Evaluación Relevancia Jefe Adquisiciones y Jefe Servicios



Evaluación Relevancia Gerente Operaciones y Jefe Personal

ANEXO D: ENCUESTA DE EVALUACIÓN DE IMPLEMENTACIÓN DE LPS

Gerencia de Operaciones

Encuesta

Evaluación del Proceso de Implementación de Last Planner

Nombre:

Proyecto:

Cargo en el Proyecto:

Fecha:

Le solicitamos contestar esta encuesta a conciencia, favor leer cuidadosamente las alternativas, nuestro objetivo es optimizar el resultados de nuestro trabajo, fortalecer nuestro equipo en un contexto de cero accidentes. Muchas gracias de antemano!!!

Objetivos

1. Desempeño Global

Evalúe la **magnitud del impacto** de Last Planner en el cumplimiento los objetivos del proyecto:

(Marque con una cruz en cada fila)

Aspecto	No tuvo Impacto	Bajo Impacto	Medio Impacto	Significativo Impacto	Alto Impacto
Resultado Global del Proyecto					
Seguridad <i>(Cero de accidentes)</i>					
Plazos <i>(Cumplimiento de Plazos)</i>					
Costos <i>(Resultado económico del proyecto)</i>					
Satisfacción del cliente					
Productividad <i>(Uso de los recursos)</i>					
Eficiencia Mano de Obra <i>(Cost Factor)</i>					
Calidad <i>(Ocurrencia de defectos)</i>					

2. Beneficio

Evalúe el **beneficio** asociado a la implementación de Last Planner para el cumplimiento de los objetivos en:

(Marque con una cruz en cada fila)

Aspecto	Altamente Negativo	Negativo	Ni negativo, Ni positivo	Positivo	Altamente Positivo
Resultado Global del Proyecto					
Seguridad <i>(Cero de accidentes)</i>					
Plazos <i>(Cumplimiento de Plazos)</i>					
Costos <i>(Resultado económico del proyecto)</i>					
Satisfacción del cliente					
Productividad <i>(Uso de los recursos)</i>					
Eficiencia Mano de Obra <i>(Cost Factor)</i>					
Calidad <i>(Ocurrencia de defectos)</i>					

Resultados

3. Comparación con proyectos anteriores

A partir de su experiencia en proyectos anteriores, como evaluaría usted la implementación de Last Planner:

(Marque con una cruz)

Aspecto	Peor que antes	No hay diferencia	Mejoras Leves	Mejoras Significativas	Mejoras Radicales
Proyecto con Last Planner v/s experiencias anteriores					

4. Uso futuro

Consideraría usted seguir utilizando el sistema?:

(Marque con una cruz)

Aspecto	No lo volvería a utilizar	Me es indiferente	Lo utilizaría cuando pudiera	Siempre trataría de utilizarlo	Lo utilizaría sin lugar a dudas
Implementación en proyectos futuros					

Confiabilidad-Desempeño

5. Confiabilidad

Evalúe la relación entre implementación de Last Planner y la confiabilidad de la planificación (PAC) del proyecto:

(Marque con una cruz)

Aspecto	Empeora la confiabilidad	No hay relación	Existen leves mejoras en la confiabilidad	Mejora Significativamente la confiabilidad	Cambio radical en la confiabilidad
Implementación de Last Planner y confiabilidad de la planificación					

6. PAC y Plazos

Evalúe la relación entre el PAC (Porcentaje de actividades completadas) y los plazos del proyecto?:

(Marque con una cruz)

Aspecto	Siempre, a mayor PAC mayor el atraso	A veces, a mayor PAC mayor el atraso	No hay relación entre PAC y atraso	A veces, a mayor PAC menor el atraso	Siempre, a mayor PAC menor atraso
Relación entre PAC y atraso					

7. PAC y Costos

Evalúe la relación entre el PAC y Cost Factor (HH Pagadas/HH Ganadas) del proyecto?:

(Marque con una cruz)

Aspecto	Siempre, a mejor PAC peor el Cost Factor	A veces, a mejor PAC peor el Cost Factor	No hay relación entre PAC y Cost Factor	A veces, a mejor PAC mejor el Cost Factor	Siempre, a mejor PAC mejor el Cost Factor
Relación entre PAC y Cost Factor					

Gestión y Organización

8. Cuáles son para usted los mayores beneficios que percibió a partir de la implementación de Last Planner

Beneficio 1:	
Beneficio 2:	
Beneficio 3:	

9. Desempeño de la Organización

Evalúe la **magnitud del impacto** generado por la implementación de Last Planner en los siguientes aspectos:

(Marque con una cruz en cada fila)

Aspecto	No tuvo Impacto	Bajo Impacto	Medio Impacto	Significativo Impacto	Alto Impacto
Mayor Planificación					
Mayor Control					
Identificación de Restricciones					
Liberación de Restricciones					
Reducción de Urgencias					
Compromiso del equipo con el Proyecto					
Cumplimiento de Compromisos					
Involucramiento de Supervisión					
Coordinación del Equipo					
Trabajo en Equipo					
Aprendizaje y Mejoramiento Continuo					
Valoración en la empresa					
Consideración en la toma de decisiones					

10. Beneficio a la Organización

Evalúe el **beneficio** asociado a la implementación de Last Planner en el desempeño de los siguientes aspectos:

(Marque con una cruz en cada fila)

Aspecto	Altamente Negativo	Negativo	Ni negativo, Ni positivo	Positivo	Altamente Positivo
Mayor Planificación					
Mayor Control					
Identificación de Restricciones					
Liberación de Restricciones					
Reducción de Urgencias					
Compromiso del equipo con el Proyecto					
Cumplimiento de Compromisos					
Involucramiento de Supervisión					
Coordinación del Equipo					
Trabajo en Equipo					
Aprendizaje y Mejoramiento Continuo					
Valoración en la empresa					
Consideración en la toma de decisiones					

11. Clientes y Proveedores

Evalúe el **impacto** asociado a la implementación de Last Planner en la relación con clientes y desde la perspectiva del cliente en los siguientes aspectos:

(Marque con una cruz en cada fila)

Aspecto	No tuvo Impacto	Bajo Impacto	Medio Impacto	Significativo Impacto	Alto Impacto
Mejor Comunicación Empresa-Cliente					
Relación de Confianza Mutua					
Mayor Cooperación					
Mejor Organización de la Empresa					
Mejor Respuesta a Sugerencias del Cliente					
Capacidad de Respuesta a Cambios					
Resolución de Conflictos					
Mayor Seguridad en el proyecto					
Mayor Calidad en el servicio					
Mayor Cumplimiento de Plazos					
Mayor Compromiso hacia el Proyecto					
Mayor Satisfacción Global por parte del					

Metodología

12. Metodología

Evalúe la relevancia de los siguientes elementos en el éxito del proceso Last Planner:

(Marque con una cruz en cada fila)

Aspecto	No tiene Relevancia	Baja Relevancia	Media Relevancia	Significativa Relevancia	Alta Relevancia
Plan Maestro					
Plan de Fase (Pizarra)					
Plan Intermedio					
Plan Semanal					
Reunion Semanal					
Causas de No Cumplimiento					
Medición del PAC					
Identificación de Restricciones					
Liberación de Restricciones					
Inventario de Trabajo Ejecutable					
Evaluación de Responsables					

13. Participación

Evalúe la relevancia de la participación de los siguientes miembros del equipo para una adecuada y efectiva implementación de Last Planner:

(Marque con una cruz en cada fila)

Aspecto	No tiene Relevancia	Baja Relevancia	Media Relevancia	Significativa Relevancia	Alta Relevancia
Supervision					
Capataces					
Personal Directo					
Jefe de Terreno					
Administrador					
Jefe de Oficina Técnica					
Programador					
Facilitador Last Planner					
Jefe Adquisiciones					
Jefe Servicios					
Gerente de Operaciones					
Jefe Personal					
Otro (Cual: _____)					

14. Desempeño

Evalúe el **aporte** a la adecuada implementación de Last Planner efectuado por los siguientes participantes:

(Marque con una cruz en cada fila)

Aspecto	Altamente Negativo	Negativo	Ni negativo, Ni positivo	Positivo	Altamente Positivo
Supervisores					
Capataces					
Personal Directo					
Jefe de Terreno					
Administrador					
Jefe de Oficina Técnica					
Programador					
Facilitador Last Planner					
Jefe Adquisiciones					
Jefe Servicios					
Gerente de Operaciones					
Jefe Personal					
Otro (Cual: _____)					

15. Barreras de Implementación

¿Cual es para usted la principal barrera para la implementación efectiva de Last Planner?:

16. Mejoras metodológicas

¿Que sugiere usted para mejorar la implementación de Last Planner?:

Causas de No Cumplimiento

17. Frecuencia de Causas

Evalúe cuales fueron las causas de no cumplimiento más frecuentes:

(Valoricé con 1 la más frecuente y 10 la menos frecuente)

Aspecto	Valor
Falta Equipo	
Falta Herramientas	
Falta Materiales	
Falta Personal	
Trabajos Previos	
Clima	
Falta Diseño	
Atraso por el mandante	
Cambio Prioridad	
Otra (Cual: _____)	

18. Causas Internas o Externas

Evalúe si las causas de no cumplimiento se generan por motivos internos de la empresa o por terceros (Cliente u otros):

(Marque con una cruz)

Aspecto	Siempre se debe a terceros	Mayormente por terceros	Mitad por terceros, mitad por nuestra empresa	Mayormente por nuestra empresa	Siempre por nuestra empresa
Causas Internas o Externas					

19. Impacto de causas

Evalúe cuales fueron las causas de no cumplimiento que tuvieron mayor impacto en el desempeño global del proyecto:

(Valoricé con 1 la que tuvo mayor impacto y 10 la que tuvo menor impacto)

Aspecto	Valor
Falta Equipo	
Falta Herramientas	
Falta Materiales	
Falta Personal	
Trabajos Previos	
Clima	
Falta Diseño	
Atraso por el mandante	
Cambio Prioridad	
Otra (Cual: _____)	

20. Cuáles son para usted los mayores desafíos de los proyectos de montaje industrial en minería?

Desafío 1:	
Desafío 2:	
Desafío 3:	

21. Evaluación General

Evalúe su nivel de satisfacción (100% el máximo, 0% el mínimo) con los siguientes aspectos:

Aspecto	%
Uso de Last Planner en la empresa	
Adecuada Implementación de Last Planner	
Capacitación en uso de Last Planner	
Beneficios de Last Planner	

Muchas Gracias, Favor reenviar este archivo a la brevedad.

**ANEXO E: PROTOCOLO DE IMPLEMENTACIÓN DE LPS, SISTEMA DE
GESTIÓN DE CALIDAD**

INSTRUCTIVO DE CALIDAD ADMINISTRATIVO (ITA 7.1-1-1)					
<u>SISTEMA DE PLANIFICACIÓN, COORDINACIÓN Y CONTROL</u>					
INDICE					
<ol style="list-style-type: none"> 1. Objetivos 2. Alcance 3. Responsabilidades 4. Definiciones 5. Procedimiento de Ejecución 6. Control del Proceso 7. Registros 8. Criterio de Aceptación 9. Documentos de Referencia 10. Control de Revisiones 11. Anexo 					
<i>REGISTRO DE REVISIONES</i>					
REVISION	DESCRIPCION	REVISADO POR	FECHA	APROBADO POR	FECHA
0	Nueva Instrucción		01/10/08		01/10/08
1	Según ISO 9001 2008		18/02/09		18/02/09

RESPONSABLE DE LA IMPLEMENTACIÓN:

ADMINISTRADOR DE OBRA

OBJETIVO.

Establecer un sistema de trabajo para la planificación, coordinación y control.

ALCANCE.

Todos los procesos y actividades asociadas con la planificación, coordinación y control.

RESPONSABILIDADES.

Todos los procesos y actividades asociadas con la planificación, coordinación y control.

Administrador de contrato

- Liderar las actividades relacionadas con el sistema indicado y velar por su correcta aplicación.
- Moderar y dirigir las reuniones de coordinación.
- Exigir la participación de los últimos planificadores verificando que los asistentes lleguen preparados a la reunión.
- Controlar el cumplimiento de los acuerdos y compromisos.
- Desarrollar proyectos de mejoramiento a partir del análisis de los indicadores generados por el Sistema (indicador del % de cumplimiento (PAC); Indicador de causas de no cumplimiento; Indicador de liberación de restricciones).

Jefatura de terreno

- Generar y difundir el programa a mediano plazo (en conjunto con oficina técnica).
- Identificar y gestionar la liberación de restricciones asociadas a las actividades de la planificación de mediano plazo. En este proceso, deberá hacer partícipes a cada uno de los supervisores asignados como responsables de área.
- Extraer de las restricciones detectadas por supervisión, aquellas más relevantes a fin de plantearlas en la reunión de coordinación.

- Revisar, validar y controlar los programas de corto plazo que genera supervisión a partir de la planificación de mediano plazo.
- Tomar responsabilidad directa en el logro de los compromisos 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3 y 3.2.4 coordinando y/o ejecutando las acciones que sean necesarias.
- Rendir cuentas del estado de los avances durante la reunión de coordinación.

Oficina técnica

- Apoyar al administrador de contrato y a la jefatura de terreno en las tareas de administración del sistema, registrando y comunicando la información generada.
- Generar y difundir el programa a mediano plazo (en conjunto con jefatura de terreno).
- Apoyar al administrador de contrato en la toma de decisiones y la aplicación de acciones de mejoramiento, sintetizando y analizando información a partir de datos generados del sistema de planificación participativa (en conjunto con jefatura de terreno).
- Jefes de unidades de apoyo (Calidad, Seguridad, RRHH, Adquisiciones)
- Identificar y gestionar la liberación de restricciones asociadas a las actividades de la planificación de mediano plazo. En este proceso, deberán hacer partícipes a los trabajadores de sus respectivas áreas.
- Rendir cuentas del estado de sus compromisos durante la reunión de coordinación.

Supervisores

- A partir de la planificación de mediano plazo entregada por la jefatura de terreno, generar programas de corto plazo y transmitir restricciones detectadas.
- Tomar responsabilidad directa en el cumplimiento de los programas de corto plazo por ellos mismos informado. Cuando una actividad informada en el plan de corto plazo no la puedan ejecutar, informar la causa raíz asociada al incumplimiento.

DEFINICIONES

Reunión de coordinación	Reunión que cuenta con la participación del administrador de contrato, Jefe de terreno, jefe de oficina técnica y jefes de unidades de apoyo, donde se rinde cuenta de los compromisos, se analiza la planificación de mediano plazo, se detectan restricciones y se comprometen actividades de ejecución y liberación de restricciones para los próximos días. El mismo estándar de reunión lo puede aplicar el jefe de terreno con sus respectivos supervisores.
Últimos planificadores	Integrante activo del Sistema de Planificación Participativa, perteneciente al último nivel dentro de la organización que se involucra en los procesos de planificación, coordinación y control.
PAC	Acrónimo de Porcentaje de Actividades Completadas, el cual se calcula según el porcentaje de actividades completadas que fueron comprometidas la semana anterior, sobre el total de actividades comprometidas para esa semana. Las tareas completadas tienen un valor de 1, mientras que las incompletas, aún cuando presenten un 99% de avance tienen un valor de 0.
Causas de no Cumplimiento	Causa raíz por la cuál no se pudo cumplir con una actividad comprometida.
Restricción	Prerrequisito necesario que impide la ejecución de una actividad.
Liberaciones de Restricciones	Liberación de los prerrequisitos necesarios para poder ejecutar una actividad. Estos prerrequisitos pueden ser materiales, planos, mano de obra, disponibilidad de espacio, etc. Su registro para el control denomina
Programa a mediano plazo (Lookahead)	“Estado de restricciones”
Programa a corto plazo	Planificación de actividades a ejecutar en las próximas 3 a 6 semanas dependiendo de las necesidades y condiciones de obra. Su actualización y análisis de rendimientos y productividades, es responsabilidad de la jefatura de terreno y unidad técnica.
Inventario de Trabajo Ejecutable	En el registro se deberá incorporar: 1.- Demanda de dotación a seis semanas plazo 2.- Actividades a desarrollar dentro de este periodo 3.- Análisis detallado de unidades físicas a ejecutar a un plazo de tres semanas. 4.- Comparación de dotación en terreno con HH asignados a actividades a desarrollar.
Compromisos de ejecución	Programación de no más de una semana, de las actividades que se ejecutarán en los días siguientes a la reunión de coordinación.
Compromisos de liberación	En el registro la supervisión deberá incorporar los compromisos de ejecución de corto plazo indicando: Actividad (con rendimientos evaluados según cantidad a realizar y HH a consumir), Distribución de sus trabajadores en el tiempo (verificar que la

	totalidad del personal asignado al supervisor tenga tareas a ejecutar), Cumplimiento, Causa raíz del incumplimiento (por plazo o calidad). En base a ello, y como metodología de control, el jefe de terreno debe verificar diariamente el cumplimiento procurando coordinar la distribución de los equipos en el campo.
Plan de fases	Todas las actividades que se pueden realizar durante la siguiente semana, sin importar la fecha en que originalmente fueron planificadas.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN.

El sistema de Planificación, coordinación y control se fundamenta en tres etapas. Estas

se observan en la siguiente figura.

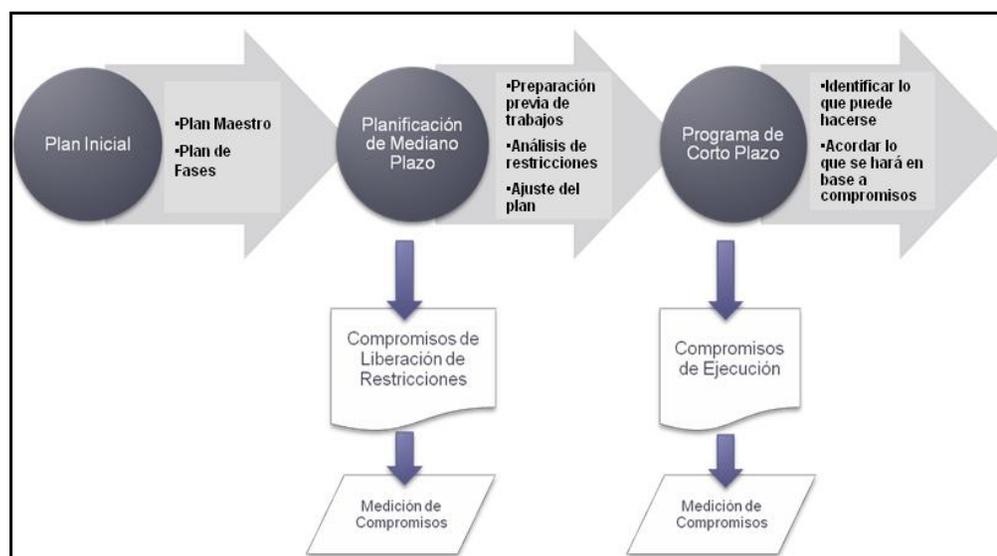


Figura N°1: Tres etapas del sistema de Planificación, Coordinación y Control.

En la figura 1:

Etapas 1: El sistema comienza con la revisión del plan inicial, que corresponde en la práctica, al **plan maestro**, o en una versión mejorada, al **plan de fases**. En esta etapa los principales actores de la ejecución y gestión tendrán una **reunión inicial (kickoff meeting)** en que se analizará el plan en su estrategia de ejecución, principales recursos, requerimientos especiales, etc. Una vez terminada esta etapa se considera que el plan inicial cuenta con la aprobación de todos los involucrados en el trabajo.

Etapa 2: Basados en el plan inicial se genera el “**programa de mediano plazo**” (FCA 7.1-1-3) (entre 3 y 6 semanas) que servirá como preparación de los trabajos, identificando y registrando todas las restricciones de las actividades estableciendo responsables y fechas de liberación.

Etapa 3: A partir del análisis de restricciones se identifican las actividades que pueden hacerse y se genera el “**programa a corto plazo**” (FCA 7.1-1-4) (1 semana) en dónde cada responsable de la ejecución compromete un determinado avance.

Cada semana se realizará una reunión de coordinación en la cual participaran desde el administrador de contrato hasta la línea de supervisión (representada en la persona del Jefe de terreno), en donde se analizarán los planes y se generarán compromisos. Los compromisos generados en dicha instancia serán controlados y medidos a través de indicadores de gestión. Dicha información queda reflejado en el registro de “**estado de restricciones**” (FCA 7.1-1-1)

La reunión de coordinación contempla los siguientes elementos:

- 1.- Unidad técnica en conjunto con Jefatura de terreno, prepara y entrega previo a la reunión, la planificación de mediano plazo a los jefes de las unidades de apoyo y a la supervisión.
- 2.- A partir del “**programa de mediano plazo**” (FCA 7.1-1-3), cada jefe de unidad de apoyo y supervisión prepara previo a la reunión los requerimientos o restricciones para ejecutar el trabajo.
- 3.- En reunión de coordinación, los jefes de unidades de apoyo coordinan la liberación de restricciones detectadas.
- 4.- En conjunto se acuerdan cuales serán las actividades que se desarrollarán en los próximos días. Cada responsable asume los compromisos por ejecutar los trabajos que le corresponden.
- 5.- A partir de estos registros se medirá: indicador del % de cumplimiento (PAC); Indicador de causas de no cumplimiento; Indicador de liberación de restricciones.

Según ello, el funcionamiento del sistema se explica en la siguiente figura:

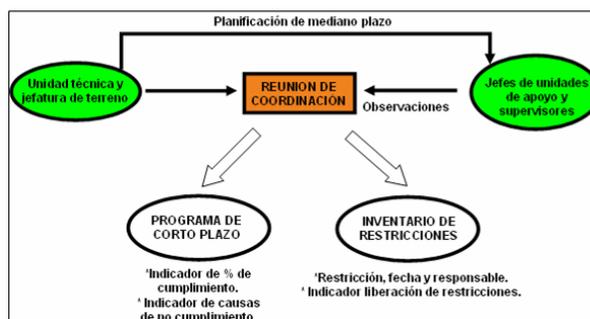


Figura N°2: Funcionamiento del Sistema de Planificación, Coordinación y Control

Para la instancia de reunión de coordinación se considera el siguiente resumen del instructivo:

Instante de ejecución	Administrador de contrato	Jefes de unidades de apoyo	Jefe de Oficina técnica y Jefe de Terreno	Supervisión
Permanentemente	Identificar y registrar restricciones	Identificar y registrar restricciones	Identificar y registrar restricciones	Identificar y registrar restricciones
	Cumplir compromisos	Cumplir compromisos	Cumplir compromisos	Cumplir compromisos
	Seguimiento y control de restricciones		Seguimiento y control de actividades	
Al menos 1 día antes de reunión de coordinación		Recibir planificación de mediano plazo	Entregar planificación de mediano plazo	Recibir planificación de mediano plazo
		Preparar reunión de coordinación	Preparar reunión de coordinación	Preparar reunión de coordinación
Durante la reunión de coordinación		Rendir cuenta del estado de sus compromisos	Rendir cuenta del estado de los avances del proyecto.	
		Tomar compromisos de liberación	Tomar compromisos de liberación	Tomar compromisos de ejecución y liberación
	Presentar análisis de indicadores de gestión			
Inmediatamente después de la reunión de coordinación.	Informarse del estado de compromisos de terceros	Informarse del estado de compromisos de terceros	Actualizar y publicar información.	

CONTROL DEL PROCESO

Será responsabilidad del administrador de contrato aplicar acciones que aseguren el control del proceso. Para ello la jefatura de terreno y oficina técnica seguirá y revisará periódicamente el cumplimiento de este procedimiento.

REGISTROS

Identificación	Almacenamiento	Protección	Recuperación	Retención	Disposición
Programa a mediano plazo (FCA 7.1-1-3)	Archivo Electrónico	Intranet Proyecto/Enc. Programación y Control	Intranet Proyecto	Intranet Proyecto	Intranet Proyecto
Planificación de corto plazo. (FCA 7.1-1-4)	Archivo físico	Supervisor	Lugar uso	Término de obra	Destrucción
Estado de Restricciones (FCA 7.1-1-6)	Archivo Electrónico	Intranet Proyecto/ Jefe de Terreno	Intranet Proyecto	Intranet Proyecto	Intranet Proyecto

CRITERIO DE ACEPTACIÓN

Indicador	Meta
Indicador de % de PAC	80% y con escasa variabilidad
Indicador de "Estado de restricciones"	80% o más (liberadas en plazo y calidad)

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Norma ISO 9001:2008 / 7.1

Documentos de Profundización Metodología "Last Planner (intranet/operaciones/lastplanner (libre acceso))

CONTROL DE REVISIONES

<u>Num. Rev.</u>	<u>Fecha</u>	<u>Descripción del Cambio</u>
0	01/10/08	Nueva Instrucción administrativa

ANEXO AL PROCEDIMIENTO

REUNIÓN DE COORDINACIÓN

Fecha, lugar y participante

- Fecha: Se debe establecer un día a la semana y una hora en que impostergablemente se realice la reunión de coordinación. Esta no podrá ser suspendida bajo ningún caso a menos que una causa mayor así lo amerite. Pueden existir reuniones extraordinarias en caso de emergencias, paradas de planta, etc. Se recomienda realizar reunión semanal el día Jueves de 17:00 a 18:30 hrs. y la entrega de la información por parte de equipo de proyecto debe ser el día Miércoles a última hora. Ciclo de día Viernes a Jueves, revisión de cumplimiento se entrega el día Miércoles con la proyección de día Jueves.
- Lugar: En sala de reunión todos los participantes deberán estar cómodamente ubicados, todos sentados, con espacio para apoyar y anotar. Deberá estar provista con pizarra y un espacio para proyectar. Se recomienda tener algún tipo de café, bebidas, galletas, etc. En caso de tareas específicas de alta complejidad o paradas de planta, la reunión podrá realizarse en el mismo frente de trabajo.
- Participantes: Gerente de contrato, Jefes de unidades de apoyo: (Oficina técnica, Adquisiciones, Seguridad, RRHH, Calidad), Jefe de terreno.

No es excusa para ausencia: reuniones imprevistas con el cliente; actividades de emergencias; paradas de planta; bajadas por turnos de los líderes, etc. La reunión no requiere confirmación pues los participantes deben llegar solos y a la hora.

Duración: No mayor a 1 hora 15 minutos dividida según:

- 30 minutos: Cada responsable rinde cuenta de los compromisos vencidos. Para ello, unidades de apoyo rinden cuenta de sus compromisos de liberación (“Estado de restricciones”), y la Jefatura de Terreno informa el PAC y las principales causas de incumplimiento de su supervisión.
- 45 minutos: Se analizan en conjunto las restricciones identificadas de la planificación de mediano plazo asignando responsables de liberación. Con la colaboración del resto del equipo, se asignan fechas y responsables para las restricciones identificadas. En caso que el responsable no sea capaz de dar una fecha debido a que el levantamiento de la restricción no depende exclusivamente de él, deberá hacerlo a más tardar un día después tras contactarse con el resto de la cadena de liberación. Si la fecha no satisface necesidad de proyecto, se estudia la reestructuración de los trabajos relacionados con dicha restricción.

