



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

**RECOMENDACIONES PARA EXTENDER Y SOSTENER PRÁCTICAS LEAN A  
TRAVÉS DEL TIEMPO EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN**

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

**JAVIER ANDRÉS MARÍN ARAVENA**

PROFESOR GUÍA:  
LUIS FERNANDO ALARCÓN CÁRDENAS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
DAVID CAMPUSANO BROWN  
ALEJANDRO POLANCO CARRASCO

SANTIAGO DE CHILE

2015

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR  
AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL  
POR: JAVIER MARÍN ARAVENA  
FECHA: 14/04/2015  
PROF. GUÍA: Sr. LUIS FERNANDO ALARCÓN**

**RECOMENDACIONES PARA EXTENDER Y SOSTENER PRÁCTICAS LEAN A  
TRAVÉS DEL TIEMPO EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN**

En el presente trabajo se busca realizar recomendaciones para extender el uso de prácticas Lean en los proyectos de Construcción en Chile y asegurar su sostenibilidad en el tiempo. Con énfasis en el sistema de Control y Planificación de Proyectos "Last Planner System (LPS)", una de las principales herramientas del enfoque de Construcción sin pérdidas utilizado en Chile.

Se realizó una revisión de la literatura para definir conceptos fundamentales en el enfoque Lean, desde su fundación asociada a Toyota Production System, hasta recientes estudios en la Construcción, sobre herramientas, conceptos clave, marcos sugeridos y estrategias de implementación. Además, se investigó el uso de innovadoras y exitosas prácticas en otros países e industrias, para extender la implementación Lean y buscar su sostenibilidad.

Posteriormente se evalúa la situación actual de la implementación Lean en 10 empresas Constructoras Chilenas, utilizando los conceptos definidos anteriormente; Aspectos culturales como colaboración, empoderamiento, transparencia y liderazgo; Principios Lean como lograr un flujo continuo y eficiente, mejora continua de los procesos y uso actual de herramientas con enfoque Lean.

A través de entrevistas Gerenciales, Focus Group de Implementadores, Visitas a terreno y una Encuesta Organizacional, se logra un diagnóstico de las implementaciones, detectando puntos débiles, barreras, oportunidades, y prácticas exitosas.

Finalmente se desarrollan recomendaciones para extender y sostener las prácticas, relacionadas con el involucramiento de los altos mandos, potenciando el liderazgo y alineación de la implementación en todos los niveles de la empresa. Y se incluyen recomendaciones aplicables directamente en terreno, para mejorar el nivel de implementación de LPS y aprovechar todo su potencial, aumentar el entendimiento de la filosofía Lean, y extenderla a herramientas de fácil aplicación, estandarizarlas y medir sus implementaciones.

## Tabla de Contenido

ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Motivación.....	1
1.2. Objetivos .....	2
1.3. Contexto y Grupo de Trabajo .....	2
1.4. Metodología.....	2
1.5. Resultados Esperados.....	5
1.6. Cuadro Resumen.....	5
2. CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....	7
2.1. Toyota Production System .....	7
2.2. Lean Manufacturing.....	7
2.3. Principios del Modelo Toyota (J. K . Liker, D. Meier).....	8
2.4. Enfoques, Conceptos y Herramientas Lean.....	9
2.4.1. Producción Just in Time .....	9
2.4.2. Jidoka: Automatización .....	10
2.4.3. Kaizen: Mejoramiento Continuo .....	10
2.4.4. Heijunka: Producción Flexible .....	10
2.4.5. Visual Management: Gestión Visual.....	11
2.4.6. VSM: Value Stream Mapping .....	13
2.4.7. S: Ordenar, Limpiar, Clasificar, Estandarizar, Sostener.....	14
2.4.8. Estandarización .....	15
2.4.9. Gemba.....	16
2.4.10. Líneas de Balance (LOB).....	16
2.4.11. Andon .....	18
2.4.12. Kanban .....	19
2.4.13. Poka Yoke.....	22
2.4.14. Pérdidas: Mura, Muri, Muda.....	23
2.5. Lean Thinking.....	24
2.6. Lean Construction .....	25

2.7.	Last Planner System.....	26
2.7.1.	Programa Maestro.....	26
2.7.2.	Planificación Intermedia (PI).....	27
2.7.2.1.	Análisis de Restricciones .....	27
2.7.2.2.	Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE) .....	28
2.7.3.	Planificación Semanal.....	28
2.7.4.	Indicadores de Last Planner .....	29
2.7.4.1.	Porcentaje de Plan Completado (PPC).....	29
2.7.4.2.	Causas de No Cumplimiento (CNC).....	29
2.7.4.3.	Porcentaje de Cumplimiento de Restricciones (PCR) .....	29
2.7.5.	Reuniones Semanales.....	29
2.7.6.	Planificación Tradicional v/s LPS.....	30
2.7.7.	Recomendaciones para la implementación de LPS .....	31
2.8.	Lean Project Delivery.....	31
2.9.	"Las 5 grandes ideas" .....	32
2.10.	The House of Toyota.....	33
2.11.	The Lean Management Enterprise .....	33
2.12.	Papers Lean Construction.....	35
2.12.1.	Lean Construction, de la Teoría a la Implementación .....	35
2.12.2.	Conceptos claves para la implementación .....	37
2.12.3.	Temas estratégicos en la Implementación .....	39
2.12.4.	Desarrollo de una estrategia para implementar Lean.....	41
2.12.5.	Incentivos e innovación para sustentar la implementación de Lean Construction..	42
2.12.6.	Impactos y Dificultades en la implementación de LPS en compañías de Brasil .....	43
2.12.7.	LPS como puerta de entrada para comportamientos Lean .....	47
2.12.8.	Marco Sugerido para la Implementación de LPS.....	48
2.12.9.	Evaluación de los impactos de la Implementación de Lean Construction. ....	50
3.	CAPÍTULO 3: DESARROLLO HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN.....	53
3.1.	Resumen Marco Teórico .....	53
3.2.	Triángulo Lean, Alarcón. ....	55
3.3.	Recopilación de Conceptos .....	56
3.4.	Triángulo Lean Propuesto.....	59

3.5.	Herramientas de Diagnóstico .....	60
3.5.1.	Entrevista Gerencial.....	60
3.5.2.	Focus Group.....	61
3.5.3.	Visitas a Terreno.....	62
3.5.4.	Encuesta Organizacional .....	65
4.	CAPÍTULO 4: DIAGNÓSTICO .....	67
4.1.	Cultura.....	67
4.1.1.	Respeto, Confianza.....	69
4.1.2.	Colaboración .....	69
4.1.3.	Empoderamiento, Motivación .....	71
4.1.4.	Comunicación, Transparencia.....	74
4.1.5.	Liderazgo .....	79
4.1.6.	Dirección y Estrategia .....	80
4.2.	Herramientas (Tecnología) .....	83
4.3.	Filosofía.....	86
4.3.1.	Flujo Eficiente de Valor.....	86
4.3.2.	Flujo Continuo, Estabilidad .....	87
4.3.3.	Estandarización .....	91
4.3.4.	Mejora Continua.....	92
4.3.5.	Conocimientos Previos Lean, Valorizar Lean .....	94
5.	CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN Y COMENTARIOS.....	97
6.	CAPÍTULO 6: RECOMENDACIONES .....	102
6.1.	Plan de Entrenamiento Lean .....	102
6.2.	Informes de Experiencia Lean por Proyecto .....	103
6.3.	Evaluación de la implementación Lean .....	104
6.3.1.	Evaluar uso de herramientas.....	104
6.3.2.	Lean Construction Key Performance Indicators (LC-KPI's).....	105
6.3.3.	Matriz de Madurez.....	106
6.4.	Grupos Colaborativos, Comités de Desarrollo y Mejoramiento .....	108
6.5.	Rotación de actividades .....	108
6.6.	Visual Management.....	109
6.7.	Estandarizar Comunicación de Obra a Gerencia y retroalimentación.....	109

6.8.	Productividad y Perdidas.....	110
6.8.1.	Potenciar Value Stream Mapping .....	110
6.8.2.	Actividades que agregan y no agregan valor, y detección de desperdicios. ....	110
6.8.3.	Líneas de balance .....	111
6.8.4.	Plan de adquisiciones con foco Just in Time .....	112
6.9.	Tecnologías de Información.....	113
6.10.	Potenciar Implementación de LPS.....	114
6.10.1.	Propuesto de Reunión Tipo .....	115
7.	CONCLUSIONES.....	117
8.	BIBLIOGRAFÍA .....	118

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro Resumen Investigación .....	6
Tabla 2: Resumen Conceptos y Herramientas Lean .....	9
Tabla 3: Checklist observacional, Sección 1, 2 y 3: Nivel de implementación de LPS.....	63
Tabla 4: Checklist observacional, Sección 4: Aspectos Generales de la Reunión.....	64
Tabla 5: Checklist observacional, Sección 5: Cultura Lean .....	64
Tabla 6: Encuesta asistentes a la reunión de Planificación .....	65
Tabla 7: Encuesta Organizacional .....	66
Tabla 8: Resultados Generales Encuesta Organizacional .....	69
Tabla 9 Visitas a Terreno, Nivel de implementación de LPS .....	89
Tabla 10: Buenas Prácticas, Nivel de implementación de LPS .....	89
Tabla 11: Nivel de implementación por Empresa .....	91
Tabla 12: Propuesto de Reunión tipo de Last Planner .....	116

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Metodología de Investigación .....	4
Figura 2: Visual Management, zonas de trabajo. ....	11
Figura 3: Visual Management, Seguridad .....	12
Figura 4: Visual Management, PPC .....	12
Figura 5: Visual Management: Evaluación Subcontratos .....	13
Figura 6: VSM, Estado actual Empresa Montaje Grúas .....	14
Figura 7: 5S's, Lean (Fuente: Akro-Mils Company).....	15
Figura 8: Líneas de Balance, Escenario 1.....	17
Figura 9: Líneas de Balance Escenario 2.....	18
Figura 10: Andon en Construcción.....	19
Figura 11: Kanban, acopio de materiales y zonas.....	20
Figura 12: Kanban, acopio de materiales.....	20
Figura 13: Kanban y Heijunka Box.....	21
Figura 14: Post-it, Planificación Interactiva .....	21
Figura 15: Muestra Post-It, Planificación.....	22
Figura 16: Operario con Chapulin .....	23
Figura 17: Muda, Pérdidas Lean.....	24
Figura 18: Esquema Planificación Tradicional.....	30
Figura 19: Esquema Planificación con sistema LPS .....	30
Figura 20: Modelo Lean Project Delivery, Ballard 200b.....	32
Figura 21: "La Casa Toyota", IGLC.....	33
Figura 22: 4 Disciplinas Lean Management, Lean Enterprise (McKinsey).....	34
Figura 23: Evaluación Implementación LC, IGLC (O. Salem, J. Salomon) .....	37
Figura 24: Cornerstones para la implementación, IGLC (A. Pekuri).....	39
Figura 25: Plan de Estandarización, IGLC (N. Morrey) .....	41
Figura 26: "La Casa Toyota adaptada a LC, IGLC (T. Alves).....	42
Figura 27: Nivel de Implementación LPS, y correlación PPC .....	51
Figura 28: Comparación de PPC en proyectos sin y con uso de TI.....	52
Figura 29: Triángulo Lean, Alarcón.....	56
Figura 30: Triángulo Lean, Aspectos considerados para el Diagnóstico .....	60
Figura 31: Visitas a Terreno, Checklist Observación Cultura .....	67
Figura 32: Visitas a Terreno, Encuesta Cultura.....	68
Figura 33: Resultados Generales Encuesta Organizacional .....	68
Figura 34: Visitas a Terreno: Rango de Participación reunión de Planificación .....	70
Figura 35 Entrevista Gerencial, Dificultades en la implementación .....	70
Figura 36 Visitas a Terreno, Encuesta Planificación .....	71
Figura 37: Entrevista Gerencial: Barreras en la implementación.....	72
Figura 38 Entrevistas Gerenciales: Estrategias para enfrentar resistencias al cambio.....	72
Figura 39 Entrevistas Gerenciales: Participación en la Implementación.....	73
Figura 40 Entrevistas Gerenciales: Participación en estandarización. ....	73
Figura 41 Visitas a Terreno: Encuesta Planificación .....	74
Figura 42 Entrevista Gerencial, factor de éxito en las implementaciones.....	75
Figura 43 Entrevista Gerencial: Estrategias para enfrentar resistencias. ....	75



Figura 44 Entrevista Gerencial: Canales utilizados para transmitir estandarización de procesos.	76
Figura 45 Entrevista Gerencial: Canales para transmitir información desde Gerencia.	77
Figura 46 Entrevista Gerencial: Canales de comunicación de Terreno hacia Gerencia.	77
Figura 47 Entrevista Gerencial, Nota Comunicación de Gerencia a Terreno	78
Figura 48 Entrevista Gerencial: Nota Comunicación de Terreno a Gerencia	78
Figura 49 Visitas a Terreno, Checklist observación Reunión	79
Figura 50 Visitas a Terreno, Encuesta Transparencia.	79
Figura 51 Entrevista Gerencial: Perfiles de trabajadores para impulsar los cambios.	80
Figura 52: Entrevista Gerencial, motivos para implementar Lean.	81
Figura 53 Entrevista Gerencial, nuevas competencias en el proceso de selección	81
Figura 54 Entrevista Gerencial, competencias deseables en trabajadores	82
Figura 55 Entrevista Gerencial, capacitaciones internas Lean	82
Figura 56 Entrevista Gerencial, Lean y estrategia.	83
Figura 57 Entrevista Gerencial, Herramientas implementadas.	84
Figura 58 Entrevista Gerencial: Herramientas y Fases implementadas en la Planificación	84
Figura 59 Utilización de Herramientas Lean en instancias Gerenciales	85
Figura 60 Entrevista Gerencial: Utilización de Herramientas Lean en instancias Gerenciales	85
Figura 61 : Visitas a Terreno, Observación Herramientas Lean	86
Figura 62 Visitas a Terreno, Estandarización y Planificación Pull	87
Figura 63: Entrevista Gerencial, Barreras en la implementación	88
Figura 64 Visitas a Terreno, Nivel de implementación de LPS	90
Figura 65 Entrevista Gerencial, Estandarización.	91
Figura 66 Visitas a Terreno, Encuesta Estandarización	92
Figura 67 Visitas a Terreno, Observación Mejora Continua	93
Figura 68 Visitas a Terreno, Observación herramientas CNC.	93
Figura 69: Visitas a Terreno, Observación Planificación	94
Figura 70 Entrevista Gerencial, Resistencias al cambio.	95
Figura 71 Visitas a Terreno: Encuesta Entendimiento de la Filosofía Lean	96
Figura 72: Structured Lean Training Program, Higways Agency	103
Figura 73: Knowledge Transfer Pack (KTP), Higways Agency	104
Figura 74: Evaluación de herramientas Lean, ASCE	105
Figura 75: Lean Construction KPI's.	106
Figura 76: Lean Enterprise Self Assesment Tool, Maturity Matrix	107
Figura 77: Desperdicios, diagrama de Pareto	110
Figura 78: Cartas de Balance, Operación Grúa	111
Figura 79: Curvas de Velocidad, Plan Maestro	112
Figura 80: Plan de adquisiciones Just in Time, en Prog. Maestro con Líneas de Velocidad	113
Figura 81: Diagrama de Ishikawa.	114
Figura 82: Planificación Interactiva	115

## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Motivación

Lean Construction, o Construcción sin pérdidas, es una nueva visión para la gestión y producción en el sector de la Construcción (Koskela, 1992) que toma cada día más fuerza a nivel mundial. Basada en el sistema de producción de Toyota, busca hacer los procesos más eficientes, diseñando sistemas de producción para minimizar las pérdidas de recursos (Esfuerzo, Tiempo, Materiales), haciendo frente al gran problema de estancamiento y baja productividad en la Industria Constructora.

Una de las herramientas más difundidas en la construcción sin pérdidas, e implementada y probada con éxito en variados proyectos y empresas en Chile, es El Último Planificador, o The Last Planner System (LPS).

Last Planner System (LPS), desarrollado originalmente por Ballard y Howell, fundadores del Lean Construction Institute, es un sistema de planificación y control de proyectos que apunta a incrementar la fiabilidad de la planificación, Con esto, mejorar el desempeño, mediante un control efectivo de la incertidumbre. Incorpora nuevos conceptos a la planificación, distinguiéndose del sistema tradicional, como lo son el "Qué se debe hacer", "Qué se puede hacer", "Qué acción debe tomarse", "Quién es el responsable de ella", etc. Y, adiciona al Plan Maestro de la Obra, Planificaciones Intermedias y Semanales, e indicadores de seguimiento y control. De esta forma, no busca competir con el método de planificación tradicional, de redes y caminos críticos, si no que es un buen complemento que permite manejar la variabilidad de la planificación.

El LPS se viene implementando en Chile desde los últimos 12 años con buenos resultados en numerosos proyectos de Ingeniería y Construcción. Se han realizado estudios de impacto, de buenas prácticas, de capacidad predictiva de indicadores, pero es necesario investigar la forma de implementarlo de manera eficaz y sostenible en el tiempo. Junto con extender la filosofía Lean que hay detrás de éste sistema, con nuevas herramientas, y enfoques, permitiendo aprovechar todo el potencial y consolidando prácticas a nivel de toda la organización.

## 1.2. Objetivos

Objetivo General:

Desarrollar recomendaciones que permitan extender la implementación Lean, y asegurar su sostenibilidad en el tiempo.

Objetivos Específicos:

- Conocer los sistemas organizacionales de las empresas, y el estado actual de las implementaciones Lean, identificando aspectos claves en la cultura y barreras asociadas a la implementación y su sostenibilidad.
- Identificar buenas e innovadoras prácticas en empresas y proyectos que han tenido implementaciones exitosas en Chile.
- Identificar buenas e innovadoras prácticas que se han desarrollado en otros países e industrias, estudiando su aplicabilidad en la Construcción Chilena.
- Formular recomendaciones para extender y sostener prácticas Lean.

## 1.3. Contexto y Grupo de Trabajo

El presente trabajo, se enmarca en una investigación del Centro de Excelencia en Gestión de la Producción (GEPUC), de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Se desarrolla con un equipo multidisciplinario de Profesionales con amplia experiencia en la industria de la Construcción y trabajo con empresas de la Industria; Ingenieros Civiles Constructores, Psicólogos, Estudiantes de Pregrado y Post Grado.

## 1.4. Metodología

- **Revisión Bibliográfica:**

Se estudiarán conceptos claves relacionados con Lean Construction, Planificación Tradicional, Las Planner System, Productividad, Benchmarking. Documentos generados por GEPUC, Tesis relacionadas.

Se estudiarán enfoques y herramientas en Implementaciones Lean exitosas en el resto del Mundo, tanto en la Industria de la Construcción como en otras, clasificándolas y analizando su aplicabilidad en Chile.

- **Levantamiento de Datos: Diagnóstico**

Se realizará un levantamiento de datos, que pretende realizar un diagnóstico de la situación Lean de la empresa, así como obtener información de su sistema organizacional y cultura empresarial. Lograr detectar las prácticas de gestión que impulsan desempeños exitosos, barreras culturales, entendimiento e involucramiento de la organización en niveles gerenciales y en terreno. Se desarrollará este diagnóstico en 4 meses, comenzando en Agosto 2014.

Se trabajará con importantes empresas constructoras asociadas con GEPUC, que participan en un grupo colaborativo que busca investigar, innovar y desarrollar estrategias, y que facilitarán su sistema de trabajo e implementación Lean. Entre ellas se encuentran: Constructora Basco S.A., Constructora EBCO S.A., Constructora Precon S.A., Constructora Ingevec S.A., Desarrollos Constructivos AXIS S.A., Constructora Queylen S.A., Ingeniería y Construcciones Incolur S.A.

Se utilizarán 4 herramientas detalladas a continuación:

-Entrevista Gerencial: Se realizará una entrevista con el Gerente General, Gerente de Operaciones y Gerente de Recursos Humanos. Se abordarán temas comunicacionales, de expectativas, objetivos, planificación, estandarización, perfiles de trabajadores, objetivos estratégicos, etc.

-Focus Group de Implementadores: Todas las empresas que comienzan la transformación Lean contemplan en sus equipos de trabajadores un implementador, que tiene la misión de liderar el cambio. Se realizará un Focus Group con implementadores de cada empresa, para detectar prácticas, barreras, oportunidades, etc., en la implementación Lean.

-Visitas a Terreno: Se realizarán visitas a terreno de proyectos de cada empresa, para tener una visión de la realidad de la implementación, nuevas herramientas, y opiniones de trabajadores que ejecutan las distintas herramientas. Se participará en las reuniones de Planificación, para observar el nivel de implementación del Sistema Las Planner, y aspectos generales y particulares de los proyectos.

-Encuesta: Se realizarán encuestas organizacionales a cada empresa, incorporando a un gran número de trabajadores, cargos directivos administrativos y capataces, para obtener una visión más general de la transformación Lean. Abordando temas sobre conocimientos técnicos, filosofía, planificación, estandarización, comunicación, participación, etc.

- **Análisis y Estudio de datos:**

-Se analizará toda la información rescatada en la etapa anterior, para entender el estado actual de las implementaciones Lean en las empresas, factores claves, barreras y oportunidades.

-Se buscarán las buenas prácticas que hayan permitido implementaciones exitosas.

-Se contrastará la información de la situación Chilena, con estudios realizados en países más avanzados en filosofía Lean, como Brasil en Sudamérica, para entender posibles causas de falla en implementaciones a nivel nacional.

-Se desarrollarán recomendaciones para extender las prácticas Lean, y para que éstas sean sostenibles, con el apoyo de herramientas ya utilizadas en otros países e industrias, experiencia de implementadores de empresas y consultores GEPUC.

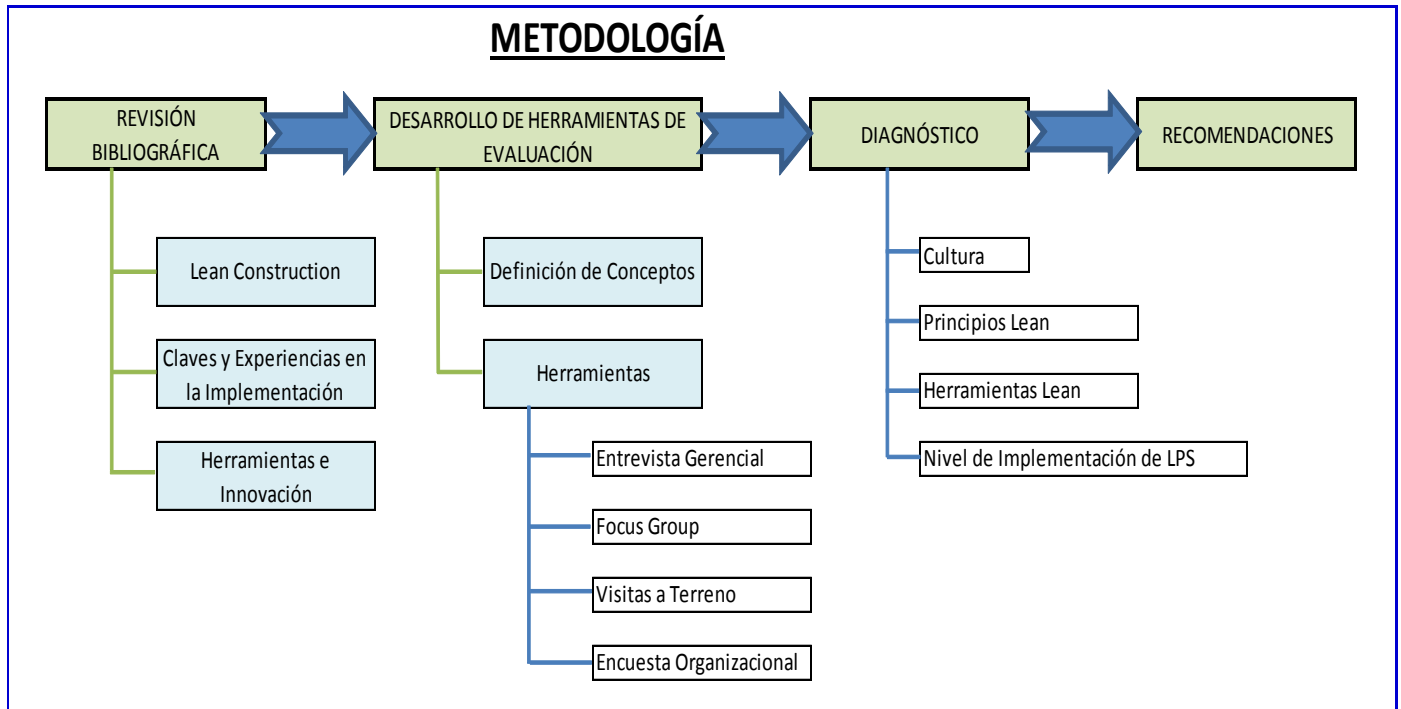


Figura 1: Metodología de Investigación

## **1.5. Resultados Esperados**

- Informe de diagnóstico de los factores clave de las empresas, cultura, sistema organizacional, principios y herramientas, importantes en la implementación y sostenimiento de prácticas Lean.
- Recomendaciones para extender y sostener prácticas Lean a través del tiempo, en la Industria Constructora Chilena.

## **1.6. Cuadro Resumen**

En la Tabla 1 , se esquematiza y resume la información obtenida en las diferentes fuentes de la revisión bibliográfica (Capítulo 2) por temas y conceptos relevantes. Además se relaciona con las herramientas desarrolladas para la evaluación de la situación Lean de cada empresa participante en la Investigación (Capítulo 3), y las recomendaciones finales (Capítulo 6).

		REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA														Herramientas de Evaluación					
		Fundamentos							Papers												
		Toyota Production System, Lean Manufacturing	Lean Thinking	Lean Construction	Lean Project Delivery	"Las 5 Grandes Ideas"	Lean Management Enterprise	De la teoría a la Implementación	Conceptos claves para la Implementación	Temas Estratégicos en la Implementación	Estrategia de Implementación (Estandarizar)	Incentivos e Innovación para sostener LC	Impactos y Dificultades en la Implementación	LPS como puerta de entrada a LC	Marco sugerido para la Implementación	Evaluación de los Impactos de LC	Entrevista Gerencial	Focus Group	Visitas a Terreno	Encuesta Organizacional	
TEMAS/CONCEPTOS	Mejora Continua (Kaizen)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•				•	•	
	Automatización (Jidoka)	•						•													
	Flexibilización (Heijunka)			•									•								
	Just in Time	•										•									
	Multifuncionalidad	•																			
	Polivalencia	•																			
	Pérdidas/Desperdicios (Mudas)	•		•					•				•						•	•	
	Enfoque en Procesos	•		•	•	•		•							•						
	Estabilidad			•				•	•				•	•					•	•	
	Pull Production	•	•									•	•						•		
	Requerimientos del Cliente		•	•				•		•										•	
	Cadena de Valor		•	•				•		•					•				•	•	
	Flujo Continuo		•							•					•						
	Estandarización	•								•		•						•	•	•	•
	Visual Management	•		•				•	•			•	•					•		•	•
	Desarrollo de Personas y Equipos	•						•		•	•	•		•		•		•	•	•	•
	Tecnología	•														•				•	•
	Last Planner System							•				•	•	•		•		•	•	•	•
	Colaboración				•	•	•			•			•	•					•	•	•
Confianza				•	•	•			•					•				•	•	•	
Liderazgo									•					•			•	•	•	•	
Compromiso				•	•										•			•	•	•	
Prácticas de Gestión						•		•	•						•		•	•	•	•	
	<i>Capítulo</i>	2.1	2.5	2.6	2.8	2.9	2.11	2.12	2.13	2.14	2.15	2.16	2.17	2.18	2.19	2.20	-	-	-	-	
RECOMENDACIONES	Evaluación de Implementación Lean							•									•		•		
	Mejorar Implementación de LPS							•					•	•	•	•	•	•	•	•	
	Potenciar Visual Management							•	•			•					•		•		
	Estandarizar								•	•	•						•	•	•	•	
	Productividad y Pérdidas								•				•						•		
	Comités de Desarrollo y Mejoramiento									•					•	•	•	•	•	•	
	Capacitaciones y Entrenamiento														•	•	•	•	•	•	
	Rotación, Multifuncionalidad																	•	•	•	•
Ampliar Herramientas																	•	•	•	•	

Tabla 1: Cuadro Resumen Investigación

## 2. CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Toyota Production System

El 'Sistema de Producción Toyota es uno de los principales legados de Toyota. Se hizo conocido como TPS en 1970, pero fue establecido mucho antes por Taiichi Ohno, Eijy Toyoda y Shigeo Shingo. Basado en los principios de Jidoka (automatización), Just-in-time y Kaizen (mejora continua), una filosofía orientada a optimizar todos los procesos de producción para lograr productos de la más alta calidad y al más bajo costo.

En el sistema, es un factor fundamental la reducción de inventarios y defectos en las plantas de Toyota y de sus proveedores, y sustenta todas las operaciones en el mundo.

Basado en la valorización del trabajo estándar, la mejora continua o kaizen y el respeto por las personas, este sistema constituye la base del éxito de Toyota.

### 2.2. Lean Manufacturing

Los creadores del concepto Lean Manufacturing fueron James P. Womack y Daniel T. Jones, del Massachusetts Institute of Technology (MIT). Los investigadores analizaron la evolución de los sistemas de gestión de producción, en particular, lo que sucedió durante los últimos 50 años del siglo veinte en la industria automotriz mundial.

En los 80', el MIT realiza un estudio en la industria automotriz de Japón y Estados Unidos. Concluye que las fábricas en Japón tienen 50% más de productividad que fábricas en USA, y con menores desperfectos. Se observa, en las fábricas Japonesas mayor multifuncionalidad y polivalencia (rotación, menos divisiones) y equipos de trabajo (no trabajos individuales). Con esto se obtendrían eliminación de esperas, reducción de puntos de conciliación. Además se enfoca el control a procesos completos.

La palabra Lean en inglés significa "magra", es decir, sin grasa. En español se le ha llamado Manufactura esbelta, o Manufactura ágil, y está basada en el sistema de producción desarrollado por la Compañía Toyota (TPS).

Es un conjunto de técnicas que sirven para mejorar y optimizar los procesos operativos de cualquier compañía industrial. El objetivo es minimizar el desperdicio. Incluye enfoques como el Justo a Tiempo, Kaizen (mejoramiento continuo), PokaYoke (a prueba de fallos), que logran disminución de inventarios, tiempos de ciclo, mejor atención, servicio al cliente, mejor calidad. El objetivo es eliminar todas aquellas actividades que absorben recursos pero no crean valor (en Japón se designan Mudras): defectos, sobreproducción, inventario inmovilizado, esperas, movimientos de traslado, entre otros. Al disminuir los desperdicios, se incrementa la productividad.



## 2.3. Principios del Modelo Toyota (J. K . Liker, D. Meier)

- I. Filosofía como base
  - 1) Gestión con una Filosofía a largo plazo.
- II. Enfoque en Procesos
  - 2) Proceso como flujo continuo.
  - 3) Pull Production.
  - 4) Heijunka: Nivelar carga de trabajo.
  - 5) Calidad al primer intento.
  - 6) Estandarización es la base de la mejora continua y del empoderamiento de los trabajadores.
  - 7) Gestión y Control Visual.
  - 8) Uso de Tecnología probada, para apoyar a personas y procesos.
- III. Agregar Valor, desarrollando personas y equipo.
  - 9) Líderes que entiendan, practiquen y transmitan la filosofía.
  - 10) Desarrollar a las personas y equipos, siguiendo la filosofía de la compañía.
  - 11) Respeto por compañeros y proveedores, ayudando a mejorar.
- IV. Aprendizaje
  - 12) Ir y ver el problema, entender la situación.
  - 13) Decisiones lentas consensuadas, rápidamente implementadas.
  - 14) Organización en aprendizaje, a través de la reflexión y mejora continua (Kaizen)

## 2.4. Enfoques, Conceptos y Herramientas Lean

A continuación se detallan una serie de conceptos y herramientas utilizados bajo la Filosofía Lean, resumidos en la Tabla 2.

CAP.	HERRAMIENTA	DESCRIPCIÓN
2.4.1	Just in Time	Producción en cantidades necesarias, y momentos justos
2.4.2	Jidoka	"Automatización": Equipo y trabajadores con habilidad y entrenamiento para evitar errores y detener la línea de producción ante anomalías
2.4.3	Kaizen	"Mejora Continua", eliminando desperdicios en los sistemas productivos
2.4.4	Heijunka	"Producción Flexible", para afrontar cambios repentinos en las condiciones de trabajo
2.4.5	Visual Management (VM)	Gestión Visual: Herramientas y técnicas que fortalecen la comunicación y el intercambio de comunicación
2.4.6	Value Stream Mapping (VSM)	Mapa de procesos
2.4.7	5S	Ordenar, Limpiar, Clasificar, Estandarizar, Sostener
2.4.8	Estandarización	Establecer un acuerdo acerca de la mejor forma de hacer algo, y documentarlo
2.4.9	Gemba	Donde se crea valor y se realiza el trabajo
2.4.10	Lineas de Balance (LOB)	Herramienta de Planificación y Control de proyectos que tienden a normalizar sus procesos, entregando una mirada sistémica
2.4.11	Andon (VM)	Dispositivo visual, que advierte sobre una anomalía
2.4.12	Kanban (VM)	Etiquetas visuales para intercambiar información
2.4.13	Poka Yoke	"A prueba de errores", métodos que evitan errores en los procesos.
2.4.14	Pérdidas	Actividades que no agregan valor, bajo la filosofía Lean.

Tabla 2: Resumen Conceptos y Herramientas Lean

### 2.4.1. Producción Just in Time

Con el fin de evitar problemas como sobreproducción, exceso de equipos y operarios, se han creado sistemas flexibles que puedan adaptarse a las fluctuaciones de la demanda. Con Just in Time, todos los procesos producen las piezas necesarias en el tiempo necesario.

El JUST IN TIME se basa en tres principios: el sistema PULL, el FLUJO CONTINUO y el TAKT TIME.

"El sistema "PUSH" se caracteriza por que los lotes de fabricación previamente planificados "EMPUJAN" la producción. Por el contrario, en el sistema "PULL", cada procesos o cliente retira el producto o las piezas del procesos anterior a medida que las

necesita. De esta forma, un centro de trabajo o servicio únicamente trabaja cuando el proceso siguiente le comunica la necesidad de hacerlo" (Fernández, 2004).

#### **2.4.2. Jidoka: Automatización**

Otorga al equipo y trabajadores habilidad para evitar errores parando la línea de producción, cuando una anomalía es detectada, y, en última instancia, resolver los problemas de forma autónoma.

Proporciona a las máquinas y los operadores la capacidad de detectar cuando se ha producido una condición anormal y de inmediato dejar de trabajar. Esto permite que las operaciones estén diseñadas para construir, garantizar y mejorar siempre la calidad de cada proceso, y para separar hombres y máquinas para el trabajo más eficiente.

#### **2.4.3. Kaizen: Mejoramiento Continuo**

La expresión Kaizen viene de las palabras japonesas "kai" y "zen" que en conjunto significan la acción del cambio y el mejoramiento continuo, gradual y ordenado.

Adoptar el Kaizen es asumir la cultura de mejoramiento continuo que se centra en la eliminación de los desperdicios y en los despilfarros de los sistemas productivos. Se trata de un reto continuo para mejorar los estándares.

#### **2.4.4. Heijunka: Producción Flexible**

Heijunka System, está enfocado a lograr una producción flexible/fluida. El objetivo, es absorber la fluctuación repentina en la demanda, mediante la producción de varios modelos diferentes en pequeñas cantidades en la misma línea. Permite eliminar algunas tareas, por lo que es más fácil estandarizar el trabajo. Éstas buenas prácticas reducen la necesidad de mano de obra.

¿Por qué proporciona un aumento de productividad?

Para amortizar las inversiones fijas en las líneas, el uso de los recursos tiene que ser maximizado (maquinaria), de manera de producir más, con los recursos existentes. Esto se consigue, con el cambio de una línea dedicada a un sólo producto, que es sensible a las variaciones de demanda, a una línea flexible, capaz de fabricar varios tipos de productos. Las fluctuaciones en la demanda son absorbidas. El efecto de la variabilidad se reduce. (Una línea produce 4 productos. La demanda de uno cae, esta puede seguir funcionando, e incluso aumentar la producción de los otros 3). Además, el trabajo estandarizado permite agregar más valor. La práctica Heijunka distribuye y equilibra la producción en todos los medios disponibles.

### 2.4.5. Visual Management: Gestión Visual

Herramientas y técnicas que fortalecen la comunicación y el intercambio de información dentro de la empresa, y el proyecto. Se muestra en forma general lo que se espera de los trabajadores y de la productividad del proyecto, y como se está llevando a cabo, aportando a la transparencia de los procesos. Muestran tendencias de rendimiento, preferentemente en tiempo real. Corresponde también a información de suministros, lotes, maquinarias. Con órdenes de suministro, fechas de vencimiento, etc. Se fomenta lo denominado "clear visual workplace". Con esto, se logra mejorar la transparencia y fomentar el mejoramiento continuo.

Algunos ejemplos son pantallas visuales, cuadros de indicadores gráficos de control de producción, tableros de comunicación del equipo. Colocación de planificación (LOB) en las oficinas de administradores y en sectores comunes para todos los trabajadores. Técnicas en reuniones de planificación, como paneles con post-its coloreados por especialidades y responsables.

#### Visual Management en Construcción:

- Estandarizar sitios de trabajo: Vías, Caminos, y zonas bien demarcadas (Fumadores, escombros, acopio de material, oficinas, talleres, bodegas, etc.) Figura 2.

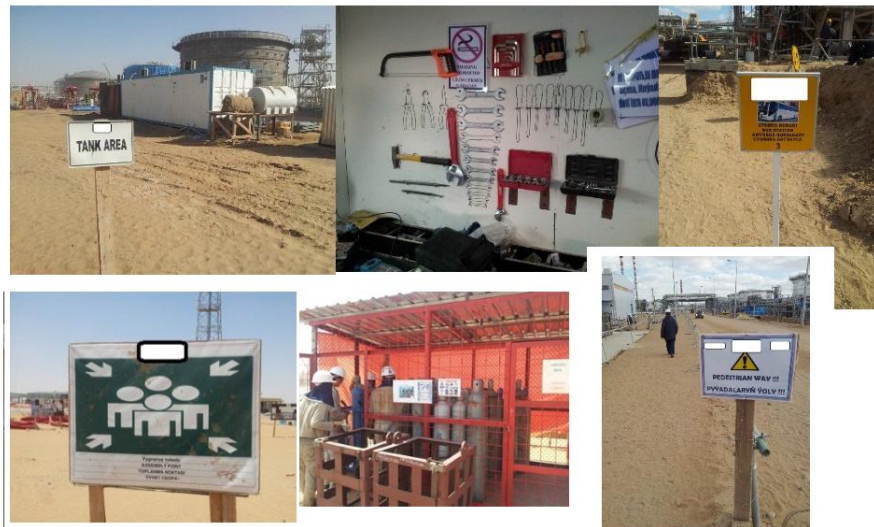


Figura 2: Visual Management, zonas de trabajo.

- Seguridad: Algunos ejemplos como Señales móviles de seguridad, recordatorios visuales, color para el mantenimiento de equipos, etc. (Figura 3).



Figura 3: Visual Management, Seguridad

- Transparentar información sobre rendimiento de los equipos: El rendimiento de los equipos, tanto de la casa como subcontratos, se puede mostrar en pantallas, tableros, en sectores estratégicos de los proyectos (entrada, comedores, oficina). Se publican PPC de proyecto y por área, además de paneles de evaluación de subcontratos.

Es una herramienta importante para conocer los procesos actuales, detectar problemas, y entregar una motivación importante al personal: Se conocen sus rendimientos históricos, y se plantean objetivos (Figura 4 y Figura 5).



Figura 4: Visual Management, PPC

Evaluación Subcontratos Semana 31 (12 de Septiembre al 17 de Septiembre de 2014)

Subcontratos	Plazo	Seguridad	Compromiso	Aspectos Administrativos	Calidad del Producto	Gestión
HERNAN CAMPOS	●	☹	●	●	●	●
ROBERTO OCARANZA	●	☹	●	●	●	●
L. EQUIPOS	●	☹	●	●	●	●
JORGE SAN MARTIN	●	●	●	☹	●	●
ERFO	●	●	●	●	●	●
YAZMAR	☹	☹	☹	☹	●	☹
TECPRO	●	●	●	●	●	●

Figura 5: Visual Management: Evaluación Subcontratos

#### 2.4.6. VSM: Value Stream Mapping

El Value Stream Mapping (VSM) es una herramienta que sirve para ver y entender un proceso e identificar sus desperdicios, permitiendo detectar fuentes de ventaja competitiva. Ayuda a establecer un lenguaje común entre todos los usuarios/actores del mismo y comunica ideas de mejora, enfocando el uso de un plan priorizando los esfuerzos de mejoramiento. Un flujo de valor muestra la secuencia y el movimiento de lo que el cliente valora. Incluye los materiales, información y procesos que contribuyen a obtener el producto final.

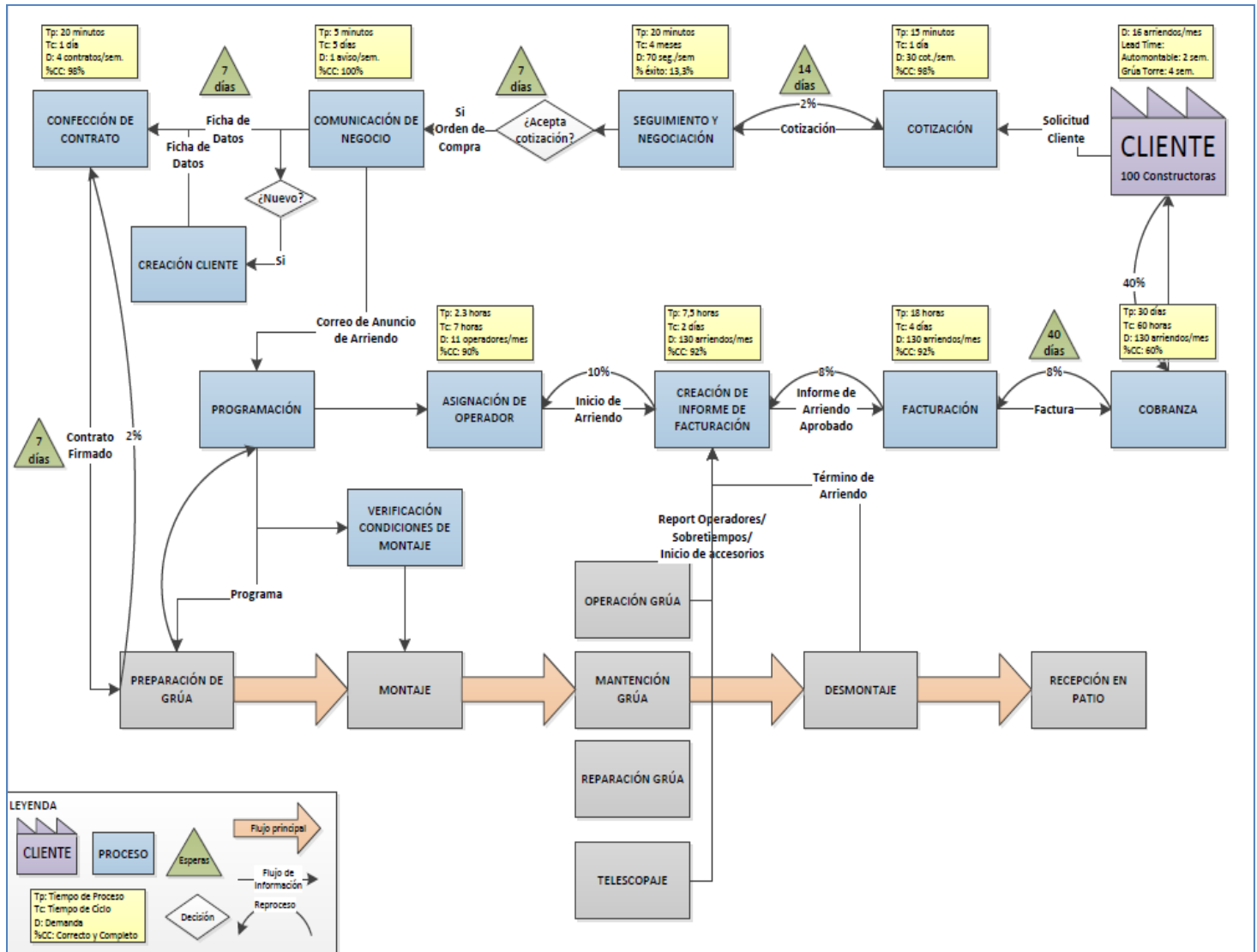
##### **Value Stream Mapping en Construcción:**

Es usado principalmente para mejorar los procesos, reducir tiempos y desperdicios, en los principales trabajos en terreno (Moldajes, Hormigonado, Tabiquería, etc.), y también a procesos administrativos, particulares por proyecto, y centralizados de las empresas.



En la Figura 6 se ejemplifica para una empresa de montaje de Grúas, todos los procesos de operación, estado actual y estado futuro con oportunidades de mejora.

Figura 6: VSM, Estado actual Empresa Montaje Grúas



### 2.4.7. S: Ordenar, Limpiar, Clasificar, Estandarizar, Sostener

Las 5s es una metodología que tiene como objetivo mantener un lugar de trabajo organizado, limpio y seguro; en el cual se puedan llevar a cabo procesos con un alto nivel de desempeño, por esto las 5S se consideran clave en la implementación de Lean y la eliminación de desperdicios.

Las 5S están basadas en 5 palabras en japonés que comienzan por la letra S (Figura 7):

- **Seiri:** Clasificar: Se debe mantener únicamente lo necesario en el puesto de trabajo, el resto debe ser removido.
- **Seiton:** Ordenar: Una vez se han definido los elementos o herramientas necesarias para el trabajo, éstas deben ser ordenadas e identificadas de manera que sean de fácil acceso y uso.
- **Seiso:** Limpiar: El área y lugar de trabajo debe mantenerse limpio para mantener un alto desempeño.
- **Seiketsu:** Estandarizar: Eliminar las causas de la suciedad y el desorden y hacer un estándar de las 3 primeras S.
- **Shitsuke:** Sostener: Se refiere al mantenimiento de los estándares, de esta forma se asegura que el sistema se mantenga y no se regrese a las prácticas anteriores.



Figura 7: 5S's, Lean (Fuente: Akro-Mils Company)

#### 2.4.8. Estandarización

Normas que permitan el acoplamiento de elementos construidos independientemente, garantizar repuestos, normas para garantizar calidad y la seguridad del funcionamiento. Busca ordenar y mejorar las actividades. Según la ISO, es establecer disposiciones destinadas a usos comunes y repetidos, con el fin de obtener un ordenamiento óptimo. La estandarización persigue 3 objetivos: Simplificación (sólo lo necesario), Unificación (para intercambiar), Especificación (lenguaje claro). Lograr un comportamiento estable, que genere productos y servicios con calidad homogénea y bajos costos. Debe discutirse con los miembros que realizan las tareas. ¿Cuál es el mejor método para alcanzar el objetivo de la tarea?. Elevar la eficiencia del proceso, eliminando todas las actividades innecesarias, y buscar la secuencia más lógica. Una vez acordado el proceso, se documenta en un estándar. **"Establecer un acuerdo acerca de la mejor forma de hacer algo"**.



### 2.4.9. Gemba

Una "herramienta de Lean" efectiva practicada por muchas organizaciones que persiguen la mejora continua y la excelencia en el rendimiento es la práctica moderna de "Gemba Walk".

Gemba Walk está diseñado para permitir a los líderes identificar los riesgos de seguridad existentes, observar aparatos y condiciones, preguntar acerca de las normas practicadas, adquirir conocimientos acerca de la situación laboral y construir relaciones con los empleados.

La palabra "Gemba" es un término japonés que significa el verdadero lugar donde se crea el valor y el trabajo real se realiza. Como parte de la filosofía Kaizen, se alienta a los gerentes a "Ir, ver y observar" (Genchi Genbutsu) los procesos de trabajo para sí mismos en Gemba con el fin de obtener un mejor entendimiento de sus operaciones. Masaaki Imai, un gurú de Lean, en su libro titulado "Gemba Kaizen: Un sentido común bajo costo Aproximación a la Gestión", afirma "Lo peor que un gerente puede hacer es vivir en un mundo aislado de Gemba.

**Gemba en Construcción:** El estar directamente en terreno es una característica muy importante en la Industria de la Construcción, que puede ser apoyada con la estandarización de algunas herramientas, Checklist, hoja de instrucciones o procedimientos. Esto valido tanto para mandos medios en terreno, como para Gerencia. Es importante que Gerencia, y en general el personal de Oficina Central no pierda de vista el terreno. Para esto se pueden alinear prácticas en la organización; establecer cada cuanto tiempo visitar los proyectos, definir el día y la hora, propósitos, objetivos, seguimiento de problemas, etc.

### 2.4.10. Líneas de Balance (LOB)

Como una nueva herramienta de Planificación y Control de proyectos, diferenciándose de los métodos tradicionales como el método de la ruta crítica (CPM), y con importantes ventajas en proyectos de tipo repetitivo (carreteras, edificios de oficinas o vivienda, etc.) se utilizan las líneas de balance. Basadas en que la producción tiende a la normalización de sus procesos, uniformes, medibles, predecibles, para planificar con mayor confianza y manejar de mejor forma la variabilidad.

Es una técnica de programación que permite mostrar el trabajo que realiza un proyecto de construcción como una sola línea, y representar un gran número de actividades en un documento más simple, a diferencia del diagrama de barras utilizado en los métodos tradicionales.

Se integran los procesos de forma concatenada para poder observar la información comparativamente en términos de tiempo. Lo que se muestra en la LOB no es la

duración de cada actividad en particular, si no, el ritmo que tiene cada proceso. Muestra cómo cada operación debe ser completada a un ritmo particular, para que la subsecuente proceda al ritmo requerido, permitiendo observar el sistema y tomar decisiones.

### Líneas de Balance en Construcción:

Para analizar diferentes estrategias de construcción, y efectuar un completo análisis de tiempos de ciclo (de cada partida), dotaciones de trabajo, reutilización de equipos, secuencias constructivas, etc. se desarrollan las líneas de balance, que además aportan a la comunicación, discusión y evaluación de la dirección del proyecto.

Como se muestra en la Figura 8 y Figura 9, en un estudio realizado en Brasil (Alves, IGLC), se analizan diferentes como ejemplo para las partidas de cerámicas (línea rosada) y Yesos (línea azul), con distinto número de equipos de trabajo, dotación de cada equipo, tiempo de ciclo de cada equipo, y repeticiones de trabajo de cada equipo. Obteniendo para cada escenario tiempos de trabajo total distintos.

Este análisis permite, además de datos precisos de tiempo y planificación, discutir los impactos de distintas decisiones, como dotaciones, formas de pago, secuencias, reutilización de fuerza de trabajo fomentando polifuncionalidad e trabajadores, etc.

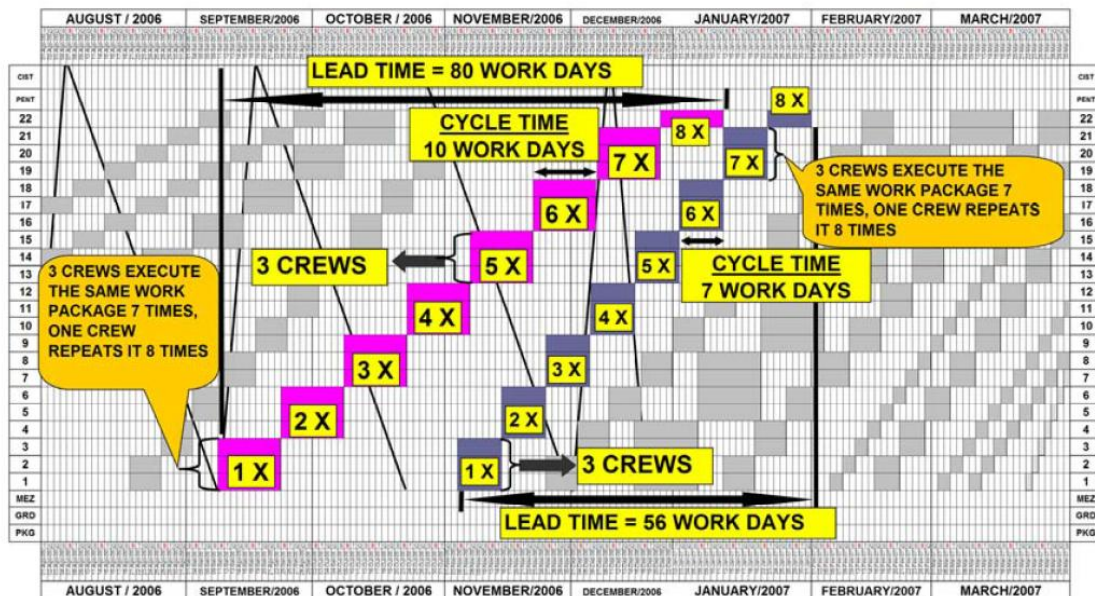


Figura 8: Líneas de Balance, Escenario 1

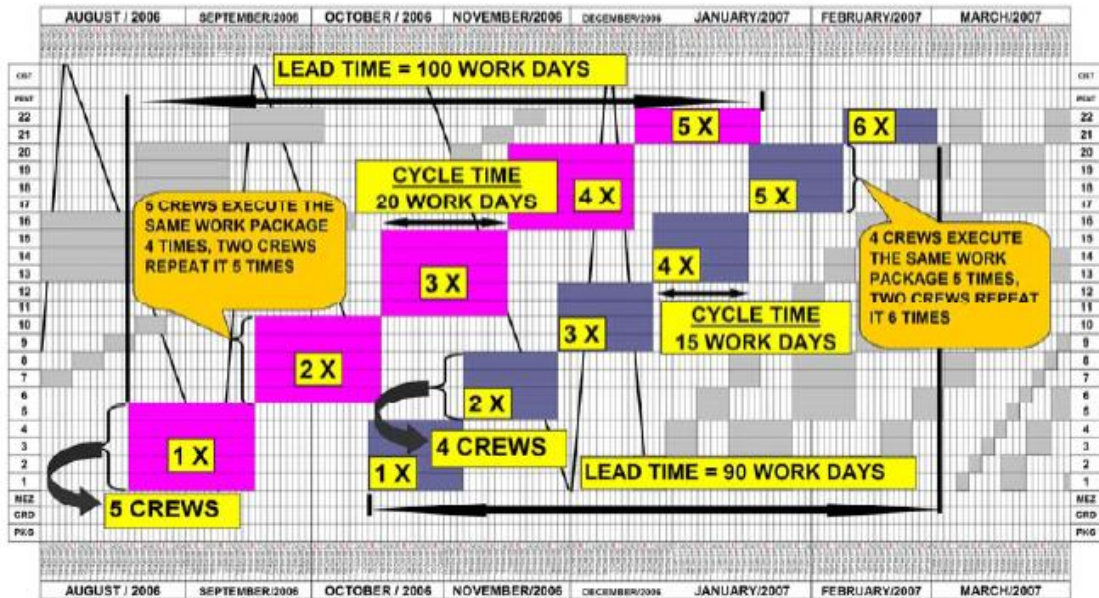


Figura 9: Líneas de Balance Escenario 2

#### 2.4.11. Andon

Dispositivo que de forma visual, advierte sobre una anomalía. El modo más simple, es una señal luminosa, que resalta un texto con un significado predefinido. Es una señal destinada a desencadenar una reacción inmediata frente a una anomalía. (Debe definirse que hacer, si no, la aplicación no cumple con su potencial de diseño). Advierte que el flujo está en peligro.

**Andon en Construcción:** Trabajando en conjunto con sistemas visuales para mejorar los flujos (Tarjetas Kanban, Heijunka Boxes) se pueden diseñar alertas visuales cuando los flujos estén detenidos. Si no hay tareas asignadas a una máquina (Grúa por ejemplo), se puede emitir una alerta a oficina de administración, o al jefe de obra indicando que hay un recurso que no se está utilizando.

También se han desarrollado sistemas Andon de semáforos (Figura 10), para evaluar la producción en los distintos pisos de un edificio, o para dar instrucciones o advertir al resto del personal. Verde para indicar que las actividades ocurren en forma normal, amarillo para indicar que las actividades se deben interrumpir duran los próximos 30 minutos, y rojo indica que la producción está detenida completamente. Los mismos trabajadores pueden presionar botones para iniciar las alertas Andon, si encuentran que hay falta de material, herramientas o información para continuar sus trabajos, o por alguna razón (luz, agua, etc.) los trabajos no pueden realizarse.

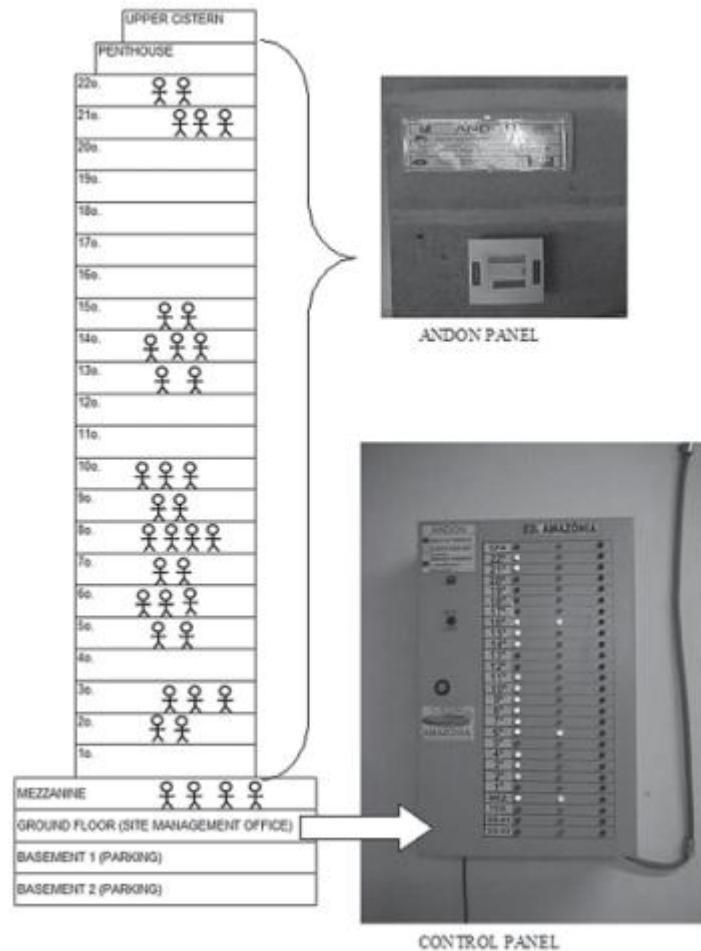


Figura 10: Andon en Construcción

### 2.4.12. Kanban

La metodología Kanban está enfocada a crear un sistema de producción más efectivo y eficiente, enfocándose principalmente en los campos de la producción y la logística

Los sistemas Kanban consisten en un conjunto de formas de comunicarse e intercambiar información entre los diferentes operarios de una línea de producción, de una empresa, o entre proveedor y cliente. Su propósito es simplificar la comunicación, agilizándola y evitando errores producidos por falta de información.

El ejemplo más común de “Kanban” son las etiquetas que se les incorporan a los productos mientras son fabricados, para que posteriormente quede identificado a dónde tienen que enviarse o qué características tiene.

Actualmente, el término Kanban ha pasado a formar parte de las llamadas metodologías ágiles, cuyo objetivo es gestionar de manera general cómo se van completando las tareas. Kanban es una palabra japonesa que significa “tarjetas visuales”, donde Kan es “visual”, y Ban corresponde a “tarjeta”.



**Kanban en Construcción:** Se pueden implementar tarjetas de producción para agilizar la distribución y uso de recursos. Tarjetas que en algunos casos pueden ser marcas para clasificar y predestinar los recursos (materiales) a determinadas zonas de producción, o tareas específicas. Con el fin de agilizar la utilización, y para estandarizar y poder medir futuros rendimientos (Figura 11 y Figura 12).

Otro ejemplo, son tarjetas de producción para la utilización de maquinaria (ejemplo: grúas). Este es un recurso muy solicitado y complicado de distribuir de forma eficiente, respondiendo a los intereses de todos los actores. Utilizando tarjetas de producción llenadas por los grupos de trabajo, procesadas y priorizadas por el equipo líder, se ordena y efectúa una adecuada distribución de maquinaria. Esta es mostrada visualmente para todos los trabajadores, en el formato de un panel de control (Figura 13).



Figura 11: Kanban, acopio de materiales y zonas

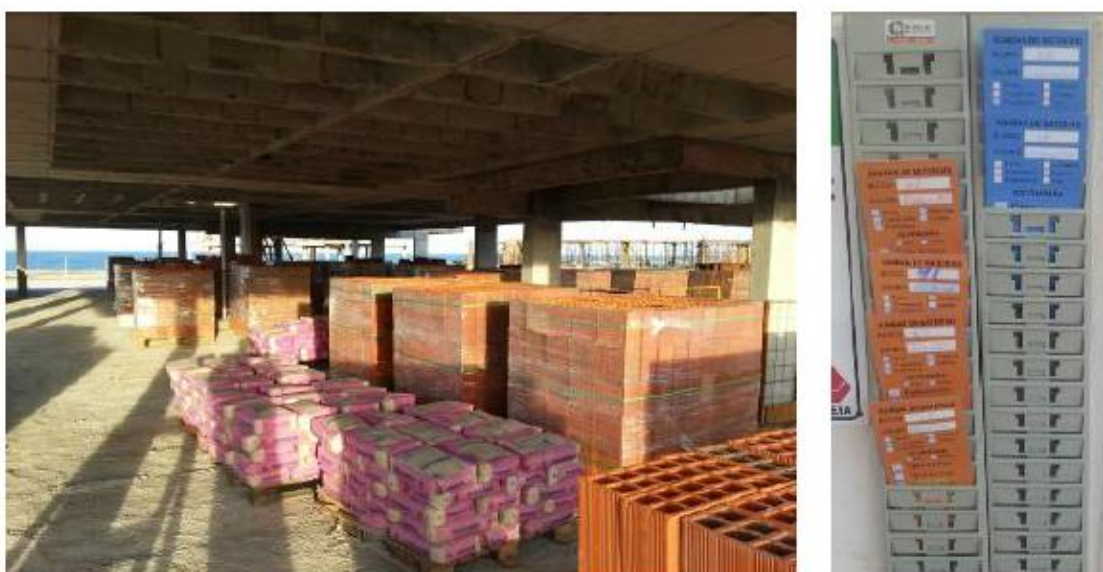


Figura 12: Kanban, acopio de materiales

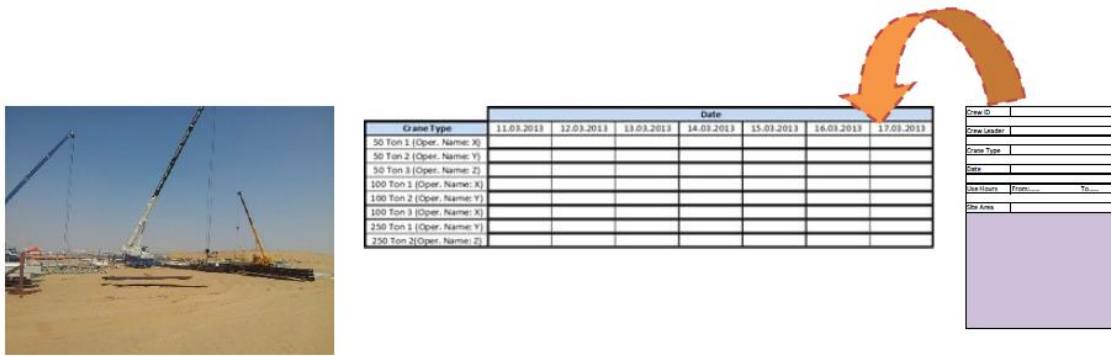


Figura 13: Kanban y Heijunka Box

Otro uso de tarjetas visuales, es en la Planificación Interactiva Propuesta para el nivel de Planificación de Plan Maestro, o Planificación Intermedia del sistema de Planificación y Control Last Planner. Mediante el uso de post-its, coloreados según partida (Figura 14 y Figura 15), cada uno de los últimos planificadores coloca su post-it en símbolo del compromiso semanal, o lookahead. Al usar este método, la reasignación o redistribución de trabajos es de manera más simple.



Figura 14: Post-it, Planificación Interactiva



Figura 15: Muestra Post-It, Planificación

### 2.4.13. Poka Yoke

Traducido como "a prueba de errores", son métodos que evitan los errores humanos en los procesos, antes que se conviertan en defectos. Asegura la calidad, disminuye la posibilidad de cometer errores. Este concepto va de la mano con Jidoka (Automatización), formando uno de los pilares del sistema de Producción Toyota, aportando con la eliminación de las variaciones en los procesos, logrando un trabajo más estándar, apuntando a la producción sin defectos y a la calidad en el primer intento.

#### **Poka Yoke en Construcción:**

Se pueden incorporar **Poka Yokes** a las grúas, implementando sistemas que cierran las plumas de la grúa en determinadas condiciones, ordenes, temperaturas ambientales y sobre determinadas velocidades de viento.

Se han incorporado Poka Yokes también para el aseguramiento de la calidad en los vanos de ventanas. Con una pieza estándar que asegure las medidas de los rasgos, en etapa de diseño y construcción, y luego de terminaciones, se estandarizarían las medidas de todos los vanos, permitiendo mejorar la productividad en la fabricación de aluminios (no hay necesidad de rectificar) y productividad en terreno.

Finalmente, un instrumento comunmente usado, es el "chapulin", en obra gruesa para medir el espesor del hormigón. Se introduce en el hormigón fresco y se gira, para marcar el espesor adecuado (Figura 16).



Figura 16: Operario con Chapulin

#### 2.4.14. Pérdidas: Mura, Muri, Muda

Bajo la filosofía Lean, es indispensable distinguir las actividades que agregan valor, y las que no. Las que no agregan valor se denominan pérdidas, y se clasifican, en Japonés, de la siguiente forma:

- Mura (Desigualdad): Básicamente consiste en las irregularidades, variaciones, en las condiciones de trabajo.
- Muri (Exceso): Es la sobrecarga en la línea de producción. Ya sea exceso de trabajo del personal, de maquinaria, etc., provocando ineficiencias, deterioros acelerados, y que generalmente aumentan defectos de calidad.
- Muda (Desperdicio): Es utilizar recursos superiores a los mínimos requeridos. Actualmente se han clasificado 9 tipos de desperdicios o mudas, de los cuales los primeros 7 fueron identificados en el TPS, y nuevos movimientos (Lean Solutions, [www.leansolutions.com](http://www.leansolutions.com)) agregan 2 más; Mala utilización del capital humano y desperdicios al medio ambiente (Figura 17).

1. **Sobreproducción:** Es considerado el peor de las mudas ya que genera los demás, consiste en producir antes de que el cliente lo requiera.
2. **Tiempo-Esperas:** Los operarios esperan que las maquinas terminen el ciclo, esperas por material, información, etc.
3. **Movimientos innecesarios:** Movimientos que se pueden evitar como búsqueda de herramientas o materiales.
4. **Transporte:** Cuando se transporta el material a algún sitio para un almacenamiento temporal.
5. **Sobre procesamiento:** Procesos más allá del estándar requerido por el cliente. Calidad que el cliente no requiere.
6. **Defectos/Re-trabajo:** Corresponde a los recursos utilizados (Materiales, tiempo, etc..) para cubrir una falla de calidad.



7. **Inventario:** Aumentan los costos por área, se puede volver obsoletos, demanda administración y cuidado que es costoso.
8. **Utilización de las personas:** No aprovechar la inventiva del personal para mejorar.
9. **Desperdicios al medio ambiente:** Son emisiones o energía desperdiciada que puede ser útil en otro proceso.



Figura 17: Muda, Pérdidas Lean.

## 2.5. Lean Thinking

Lean thinking, Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, discuten puntos claves en el nuevo sistema de producción, "Lean System", y exponen los 5 principios del pensamiento Lean.

- Valor: La correcta definición de valor por parte del cliente es el punto de partida para el pensamiento Lean. Determinar las características principales del producto. Es el primer paso para reconocer los desperdicios, y lo que no agrega valor.
- Cadena de valor: Actividades necesarias para diseñar y proporcionar un producto específico. Flujo físico de personas, materiales y equipo, deben ser parte del análisis del plan de producción y control de procesos. Realizando un análisis y definiendo cuáles agregan o no valor. Entendiendo los procesos, se pueden mejorar para reducir la variabilidad y los desperdicios.
- Flujo: Es uno de los principales aspectos en el pensamiento Lean, y busca remover completamente los desperdicios. Se busca lograr el flujo ideal, sin interrupciones, (flujo continuo) eliminando y reduciendo los tiempos de ciclo. Estandarizar, para lograr un flujo estable.
- Pull: Sistema de producción de abajo hacia arriba en la cadena, a pedido del cliente, en tiempo y cantidad justos.

- Perseguir la perfección: Proceso continuo con el objetivo de eliminar a lo largo de la cadena de valor, las actividades que no agregan valor. Aprendizaje y mejoramiento continuo.

## 2.6. Lean Construction

Lean Construction, o "Construcción sin pérdidas", es una combinación entre la gestión de proyectos de construcción y la aplicación de los principios y prácticas del Lean Manufacturing. Persigue el aumento de la productividad, eliminando pérdidas, minimizando los costos, maximizando el valor del producto final definido por el cliente.

Propuesto por Lauri Koskela (1992), analiza los flujos de materiales e información, su control y estabilidad. Los principios pueden resumirse de la siguiente manera:

1. Incrementar la eficiencia de las actividades que agregan valor.
2. Reducir la participación de actividades que no agregan valor (también denominadas pérdidas).
3. Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de los requerimientos del cliente.
4. Reducir la variabilidad.
5. Reducir el tiempo de ciclo.
6. Simplificar procesos.
7. Incrementar la flexibilidad de la producción.
8. Incrementar la transparencia de los procesos.
9. Enfocar el control al procesos completo.
10. Introducir la mejora continua de los procesos.
11. Mejora continuamente el flujo.
12. Referencias los procesos con los de organizaciones líderes ("benchmarking").

## 2.7. Last Planner System

Con la llegada de Lean Construction, o Construcción sin pérdidas, buscando minimizar o eliminar todas las fuentes de pérdidas en los procesos, las actividades son concebidas como flujo de materiales e información, controlándolas con el fin de obtener una mínima variabilidad y tiempo de ciclo.

**"El último planificador es un esfuerzo por incorporar conceptos de Lean Construction en las prácticas de gestión en la construcción. Apunta a mejorar la fiabilidad de la planificación, y con eso a mejorar los desempeños. Está especialmente diseñado para mejorar el control de la incertidumbre, proteger a las unidades productivas de ésta, aumentando la confiabilidad de los planes. Esto se logra, tomando acciones en diferentes niveles en el sistema de planificación".**

Desarrollado en USA por miembros de *Lean Construction Institute* (Ballard 94, 2000), no busca competir con el sistema tradicional de mallas y caminos críticos (enfoque en fechas), si no que, lo enriquece y complementa.

El sistema posee 3 niveles de planificación, donde se va afinando el plan, reduciendo la incertidumbre. Analizando lo que "debe" y lo que "puede hacerse", pudiendo identificar y remover restricciones. Estos son el Programa Maestro, la Planificación Intermedia, y la Planificación Semanal.

### 2.7.1. Programa Maestro

Corresponde a la planificación inicial, junto con presupuesto y el programa del proyecto. Un mapa de coordinación debe ser desarrollado con información que represente el real comportamiento (rendimientos) de la empresa.

Se deben desarrollar además subdivisiones, secuencias y generar hitos de control. Es una guía para programas de detalle o de fase.

En esta etapa es importante identificar actividades con tiempos de respuesta prolongados (abastecimiento generalmente), para anticiparse en los programas siguientes.

Una buena práctica, es desarrollar un programa de Fases, que es la separación etapas del programa maestro, para apoyar hitos. Esto, ya que en proyectos complejos el programa intermedio puede ser inmanejable directamente de un programa maestro. Luego, cada una de las fases será ampliada y desarrollada en la planificación intermedia.

### 2.7.2. Planificación Intermedia (PI)

Con el objetivo de controlar el flujo de trabajo y coordinar el diseño (planos), proveedores (materiales y equipos), recursos humanos, información y requisitos previos, necesarios para llevar a cabo la producción se detalla y ajusta el presupuesto y el programa maestro. Generalmente comprende un periodo de entre 3 a 6 semanas hacia el futuro. Incluye planificación de compromisos, para liberar restricciones.

Es el nivel encargado de asegurar que se cumplan todos los requerimientos para llevar a cabo la producción. Debe mantenerse e ir actualizándose un Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE), para asegurar un trabajo continuo, aún cuando las velocidades de producción varíen.

Dentro de este nivel de planificación, se encuentran los siguientes procesos:

- Definición de intervalo de tiempo
- Definición de actividades
- Definición de recursos
- Análisis de restricciones
- Tiro del trabajo desde las unidades de producción aguas arriba
- Balanceo de carga y capacidad

Con la definición del intervalo de tiempo, se logran definir las actividades pertenecientes a este periodo, detallando el programa maestro. Con esto se clarifican las restricciones de determinadas tareas. Se revisan las secuencias respectivas, análisis de capacidad y carga de las unidades productivas (cuadrillas de trabajo), desarrollo de métodos de ejecución.

#### 2.7.2.1. Análisis de Restricciones

De la P.I. sale un conjunto de actividades con restricciones asociadas (planos, materiales, mano de obra, equipos, prerrequisitos). Se deben asignar responsables de liberarlas. Las actividades para liberar estas restricciones también deben ser planificadas, siendo esta una parte integral de la planificación. Una vez liberadas las restricciones, es posible construir el inventario de trabajo ejecutable (ITE). Los pasos a seguir en esta etapa son:

- a) Revisar restricciones: Incluir al análisis las restricciones de las actividades que entran en la Planificación Intermedia, determinando un responsable por liberarlas.
- b) Preparación: Remover restricciones. Confirmar el tiempo de respuesta. Tirar las soluciones.

### 2.7.2.2. Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)

Las actividades con restricciones liberadas (sin restricciones) pasan a ser parte del ITE. Corresponden entonces a actividades con alta probabilidad de ejecutarse. Estas actividades pueden ser remanentes de planificaciones anteriores, próximas o lejas. Es importante mantener un ITE contundente, para afrontar problemas especiales, por variación de las condiciones de trabajo, o para dar trabajo si los rendimientos son superiores a los estimados, y evitar tiempos ociosos.

### 2.7.3. Planificación Semanal

Mayor nivel de detalle antes de realizar un trabajo. Se definen actividades y un programa de trabajo (duración, secuencia, diseño de cuadrillas). Se determina lo que se hará, dentro de lo que puede (PI), y dentro de lo que se debe (Plan Maestro), elevando las probabilidades de que lo planificado se ejecute con éxito.

"En su esencia básica, el SUP desarrolla acciones que permiten por una parte conocer lo que PUEDE hacerse para alinearlo con lo que SE HARÁ, y por otra parte liberar restricciones para que lo que puede hacerse sea mayor de lo que requiere planificar en el periodo"

Acá es donde aparece el Último Planificador. El plan de trabajo semanal del último planificador es el "Compromiso de Ejecución". Corresponde a la selección de tareas dentro del ITE. Escoger que trabajos serán realizados la próxima semana. Sólo asignaciones de calidad (dentro del ITE).

Los planes de trabajo semanal (PTS) son efectivos cuando cumplen 5 criterios de calidad:

**1)Definición:** Información específica para tener la información y materiales necesaria y poder coordinarse. De esta forma existe la posibilidad de dar la actividad por terminada.

**2)Consistencia o Legitimidad:** Todas las restricciones efectivamente deben estar liberadas.

**3)Secuencia:** La asignación debe hacerse con actividades legítimas en orden de prioridad. Se analiza si hay actividad relacionadas y dependientes de esta en el futuro.

**4)Tamaño:** Es congruente con la unidad productiva asignada.

**5)Retroalimentación:** Identificar las causas porque no se completa una asignación, y analizarla para tomar medidas.

## 2.7.4. Indicadores de Last Planner

### 2.7.4.1. Porcentaje de Plan Completado (PPC)

Corresponde a la medición del desempeño del sistema de Planificación, y el primer paso para aprender de las fallas e implementar mejoras. **Evalúa hasta qué punto el último planificador fue capaz de anticiparse al trabajo que se haría la semana siguiente.**

### 2.7.4.2. Causas de No Cumplimiento (CNC)

Corresponde a las causas del no cumplimiento de las actividades comprometidas en la Planificación Semanal. Es importante que éstas sean claras, para poder realizar un análisis eficiente y tomar medidas oportunas. Algunas CNC típicas en la Construcción Chilena son Falta de cancha, mala estimación de rendimientos, falta de materiales, falta de mano de obra, cambios en el diseño, etc.

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

Muestra como ha sido el desempeño en la liberación de restricciones, comprometidas en la Planificación Intermedia. Es importante para una planificación integral, tener responsables claros en la liberación, y una adecuada planificación y análisis en la preparación de restricciones.

## 2.7.5. Reuniones Semanales

La planificación debe desarrollarse idealmente en una reunión semanal, donde deben participar todos los estamentos involucrados. Los propósitos de la reunión serán: Evaluar PPC anterior, analizar CNC, Tomar acciones, Analizar actividades que entran a la planificación intermedia (análisis de restricciones, encargados de remover restricciones), determinar ITE (incluir actividades remanentes), formular PTS.

Además, en busca del mejoramiento continuo se debe hacer un análisis del porqué las actividades no fueron completadas (instrucciones, requisitos previos, recursos, procesos productivos). Es bueno graficar fallas según frecuencia de ocurrencia, así se podrán detectar causas predominantes y enfocar esfuerzos.

## 2.7.6. Planificación Tradicional v/s LPS

### Planificación Tradicional

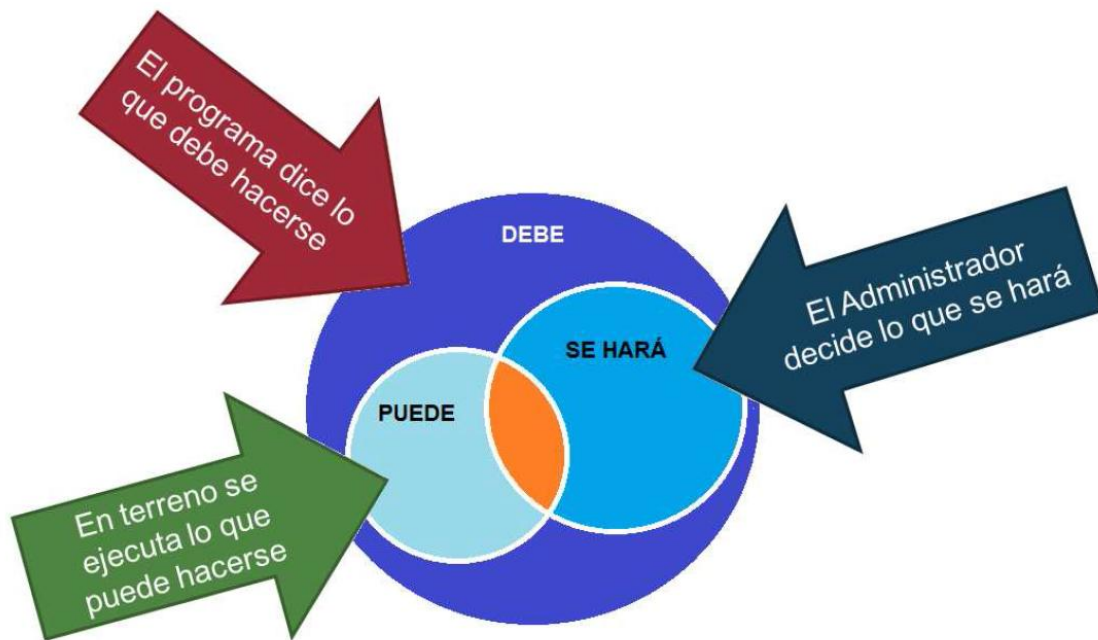


Figura 18: Esquema Planificación Tradicional

### Last Planner System

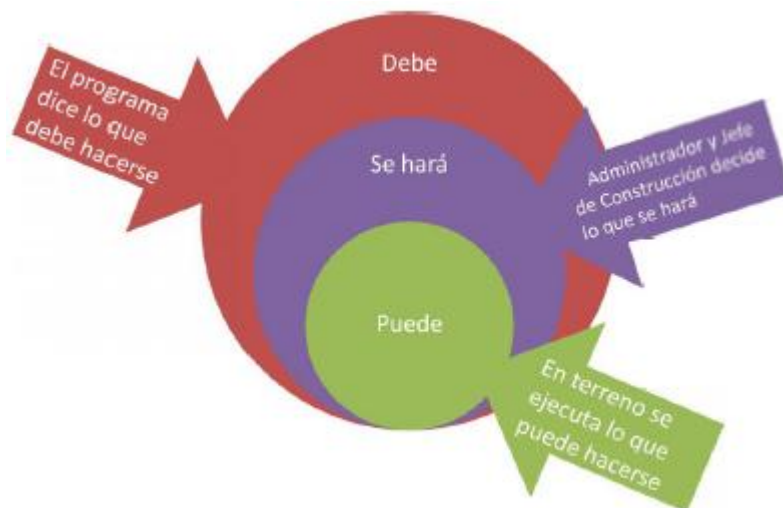


Figura 19: Esquema Planificación con sistema LPS

### 2.7.7. Recomendaciones para la implementación de LPS

Existen estudios y recopilaciones de experiencias que trabajan en conjunto con GEPUC, y realizadas en trabajos de títulos anteriores, como "Directrices y Recomendaciones para una buena implementación del Sistema Last Planner en proyectos de edificación en Chile", realizada por Daniel Sabbatino, en Abril de 2011. A continuación algunas de ellas:

- Reuniones bien preparadas (reuniones previas, preparación de material), rápidas y fluidas. Se debe ser riguroso y marcar bien las 3 planificaciones.
- Buena planificación de fases. Se sugiere utilizar panel y metodología de post-its (Planificación Interactiva).
- Dejar muy claro responsables de liberar restricciones. Éstas deben ser específicas. Realizar un buen seguimiento y análisis de CNC, atacando el problema de raíz. Se sugiere utilizar metodología de los 5 ¿Por qué?.
- Nombrar un facilitador o implementador. Debe educar, motivar y mediar la implementación del sistema. Buscando la conexión de la planificación con el Plan Maestro, para no caer en altos PPC pero mal rendimiento del proyecto. Por desvió de actividades, o por poca exigencia en la planificación.
- Publicación de los resultados del estado del proyecto para todos los participantes.

### 2.8. Lean Project Delivery

Lean Construction nace para atacar problemas que limitan la efectividad y productividad de los proyectos de Construcción. Al principio, enfocado en la ejecución, pero que he evoluciona desde la mejora del desempeño en la fase de construcción, hasta cubrir el conjunto de etapas y fases del ciclo de vida de la infraestructura, pasando por la administración de proyectos, originando Lean Project Delivery.

Organizado en 5 fases, que incluye la participación de todos los actores desde las fases más tempranas del proyecto, en un procesos de diseño colaborativo, y esquemas contractuales novedosos; Definición, Diseño, Suministro, Ensamblaje y Uso, y transversalmente, Control de Producción y Estructuración del trabajo. Incluye conceptos de gestión, como el "partnering" o colaboración estratégica.

En general, se busca crear las condiciones para que el desarrollo del proyecto sea un procesos de creación de valor y que incluye conceptos como la colaboración y confianza entre los actores, aprendizaje y mejora continua, optimización global del sistema y no de las partes, compromisos confiables, etc.



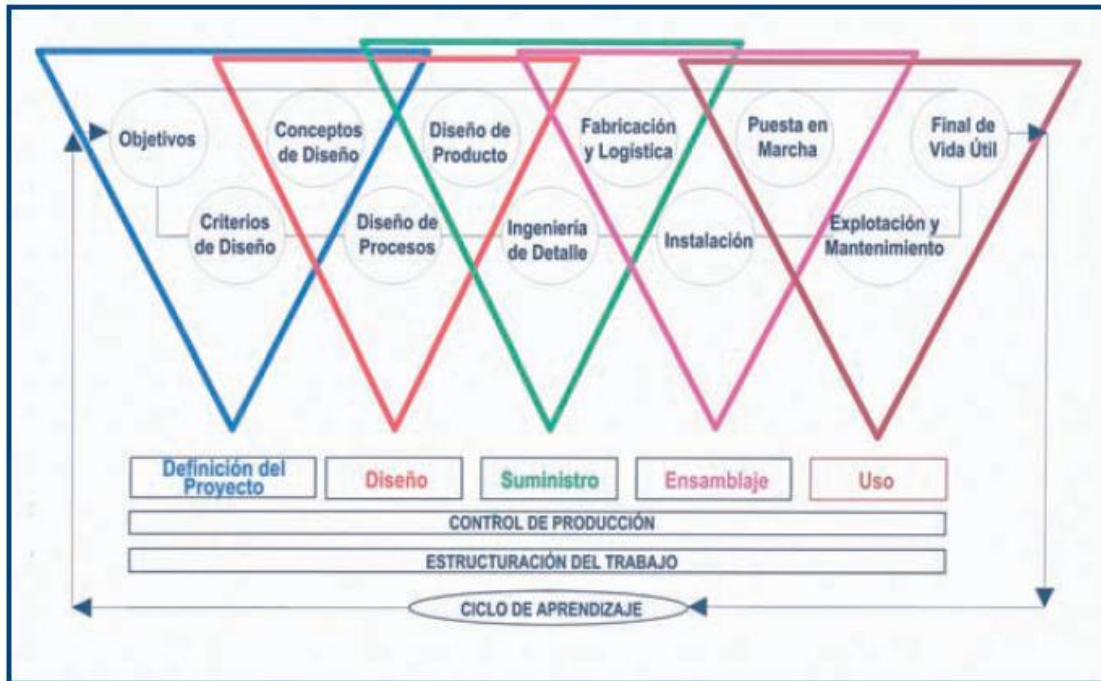


Figura 20: Modelo Lean Project Delivery, Ballard 200b

## 2.9. "Las 5 grandes ideas"

En 2004 Sutter Health, compañía Norteamericana, lideró un gran proyecto de construcción, de varias etapas y edificaciones, con un presupuesto de US\$7.000.000.000. Por la envergadura del proyecto, y la necesidad de innovación para el éxito, abordan el proyecto con el enfoque Lean Project Delivery, en etapa de producción, organización y contratos. Usaron una declaración de principio, llamada "las 5 grandes ideas", que resume los principios y focos de LPD.

- Colaborar, realmente colaborar en etapa de diseño, planificación y ejecución.
- Incrementar la relación entre los participantes; Compartir y aprender. Desarrollar confianza.
- Proyectos son cadenas de compromisos; Líderes deben dar coherencia (Uso de Last Planner como herramienta base en la planificación del proyecto).
- Optimice el proyecto, no las partes; Se pierde control cuando se ejerce presión por velocidad y costos en cada tarea. Puede mejorar el desempeño local, pero causar problemas mayores, complicando coordinación, accidentes, etc. Riesgos compartidos.
- Acoplar firmemente acción con aprendizaje; Mejoramiento continuo, aprendiendo de las acciones, información cte. respecto a que tan bien cumplió. Mejora costos, plazos y valor global.

En LPS, Seguimiento de la planificación, con sus respectivas CNC.

## 2.10. The House of Toyota

The House of Toyota muestra como diferentes conceptos Lean, se entrelazan y se aplican los conceptos a la industria de la Construcción de muy buena manera.

La base, otorga estabilidad para que el sistema funciones. Conceptos como Heijunka (Nivelar flujos de producción, balanceando carga y capacidad), Trabajo estandarizado y Kaizen (mejoramiento continuo).

Las columnas, que abordan conceptos como JIT y Jidoka, permiten que la producción y las entregas se efectúen sólo cuando se necesita, y la automatización (y habilidades y conocimientos de los trabajadores) necesaria para detener la línea de producción cuando se detectan anomalías.

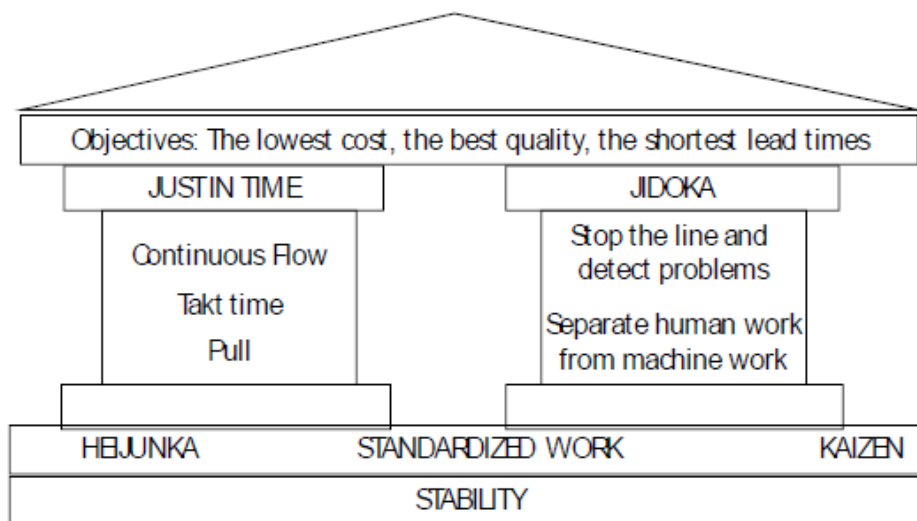


Figura 21: "La Casa Toyota", IGLC.

## 2.11. The Lean Management Enterprise

Muchas organizaciones de servicio se comprometen con las ideas Lean, y logran características como flexibilizarse para responder a los cambios del mercado, ofrecer valor para los clientes de la manera más eficiente, desarrollan a sus empleados para que contribuyan usando su máximo potencial, todos en las líneas de producción saben ver los problemas, solucionarlos, y empujan a mejorar las organizaciones. Tienen objetivos claros, para entender lo que los equipos quieren y como obtenerlo, y logran que su gente y sus procesos trabajen en conjunto para el mismo objetivo.

Lean Management busca incorporar principios y prácticas para crear una cultura de respeto, colaboración, objetivos compartidos. Renovarse, mejoramiento continuo, involucrar a la gente para que haga su mejor esfuerzo.

4 disciplinas fundamentales:

**The lean-management system is articulated through four integrated disciplines.**



Figura 22: 4 Disciplinas Lean Management, Lean Enterprise (McKinsey)

- **Entregar valor de manera eficiente para el cliente:** Partir por entender el valor real para el cliente, y donde, cuando, como y porque. Se debe configurar el trabajo para entregar ese valor, no más ni menos. Con la menor cantidad de recursos, mejorando la coordinación, eliminando lo redundante, asegurando la calidad en todos los procesos.
- **Desarrollar a la gente para liderar y contribuir a su máximo potencial:** Proveen la ayuda y herramientas para que los empleados puedan realmente dominar su trabajo, en terreno o en oficina. Cuidar el espacio de trabajo, gestión visual para que todos sepan que se necesita hacer, coaching para construir capacidades, reforzar estándares

- **Descubrir mejores formas de trabajar:** En un contexto siempre cambiante (clientes, competencia, economía, sociedad) la empresa debe continuamente pensar en la forma de hacer y dirigir el trabajo, y mejorar.  
Se necesita un sentido claro de lo que mejorar significa, una visión clara de las condiciones actuales, y habilidad para trabajar con otros para mejorar. Identificar y solucionar problemas debe ser parte de la descripción del trabajo de todos. Apoyando con estructuras para asegurar que los problemas fluyan hacia la gente mejor preparada para resolverlos.
- **Conectar estrategia, objetivo:** Las organizaciones que se mantienen operan con una dirección clara. Visión, objetivos, dan forma al trabajo diario. Resultando en que la gente tiene y comprende su rol en la empresa y porqué es importante. Continua evaluación, mejora.

## 2.12. Papers Lean Construction

A continuación se presenta el resumen de una revisión de Papers, principalmente del "International Group for Lean Construction ([www.iglc.net](http://www.iglc.net)) y sus distintas conferencias alrededor del mundo. Abarcando temas sobre herramientas, conceptos clave en la implementación, marcos sugeridos de implementación y estrategias de la filosofía Lean, y algunos particulares sobre implementación y evaluación de LPS.

### 2.12.1. Lean Construction, de la Teoría a la Implementación

Autores: O. Salem, J. Salomon, A. Genaidy, I. Minkarah

Palabras Claves: Lean Construction, Dirección de la Construcción, Teoría.

Compara Lean Construction con Lean Manufacturing. Se estudian herramientas específicas en la implementación Lean, y su impacto en el rendimiento del proyecto. En base a esto, se propone una evaluación lean con 6 elementos. LPS, Visual Management, Huddle meetings, first-run studies, 5s, Calidad.

Se proponen como temas fundamentales:

- **Variabilidad del flujo:** En Lean Manufacturing (LM) se utiliza Heijunka (nivelar la producción) para enfrentar las variaciones en la demanda, minimizando tamaño de lotes, flexibilizar operaciones, multifuncionalidad, mantención preventiva total. En construcción, una variación en algún producto/proveedor puede afectar al proyecto completo. LPS se encarga de la variabilidad.
- **Variabilidad en los procesos:** LM utiliza Jidoka (automatización). Detectar automáticamente defectos para parar el proceso. Capacitando a maquinas y/o trabajadores. En Lean Construction (LC) es difícil encontrar defectos antes de la instalación u operación. Por eso concentra esfuerzos en prevenir. Acciones se

implementan en lugares de trabajo para asegurar la calidad en el primer intento de todas las partidas.

- **Transparencia:** En LM 5s para asegurar la limpieza en las plantas. En LC, 5S para un limpio, claro, transparente lugar de trabajo, para que el flujo de los materiales sea eficiente entre almacenes y su lugar final. Incrementar la visualización permite identificar los flujos de trabajo y crear conciencia de las acciones de trabajo.
- **Mejoramiento Continuo (Kaizen):** En LM trabajadores proponen ideas y participan de mejoramiento de los procesos. Calidad, Mantención, Reducir costos, seguridad se pueden potenciar constantemente. En reuniones de grupo se puede opinar y mejorar asignaciones, y mejorar objetivos. "First-Run" estudios permiten rediseñar tareas críticas. PDCA (Plan Do Check Act) se usa para desarrollar el estudio. PLAN (se estudia el procesos, etapas y se dan ideas para eliminar lo innecesario), DO (se prueban las nuevas ideas en el first-run), CHECK (como se comporta), ACT (se comunica la nueva mejora, y se crea el estándar).

#### **Recomendaciones:**

- **LPS:** Planificación interactiva con todos los subcontratos, look-ahead de 6 semanas, PPC a la vista.
- **Visual Management:** Compromiso a la vista sobre prácticas de seguridad, Señales de seguridad potentes repartidas por la obra, Fecha de hitos del proyecto repartidas por la obra, PPC a la vista.
- **Reuniones Grupales:** Reunión de capataces (Discutir plan semanal), Reuniones diarias de 5 minutos (trabajo diario, seguridad, aseo)..
- **First-Run Studies (PDCA):** Se eligieron 2 faenas y se mejoraron productividades, mejorando el procesos, secuencias, personal. Ideas y mejoras dadas por parte de los mismos participantes.
- **5S's:** SORT (clasificar: material ordenado y separado cerca de lugares de trabajo, ordenar material, standarizar (esquema de uso de material, con apoyo visual), limpieza (luego de la actividad, limpiar), sostener practicas anteriores.
- **Fail-Safe for Quality:** Control de Calidad (Evaluación de calidad general al inicio, estandarizar prácticas, dando espacio para el mejoramiento), Control de Seguridad.

**Evaluación Lean:** Se desarrolla una evaluación para evaluar la implementación de cada técnica. Basada en un checklist para cada práctica. Cada herramienta dividida en elementos esenciales para el éxito en la implementación, con puntaje para cada elemento según criterios definidos. El encargado de cada herramienta completaba los checklist con el apoyo del equipo investigador. Se midió al inicio, en una meta propuesta por los líderes, y al final del estudio. Se presentan los resultados en una tela

de araña, para proveer a los directores una foto general del progreso de la implementación.

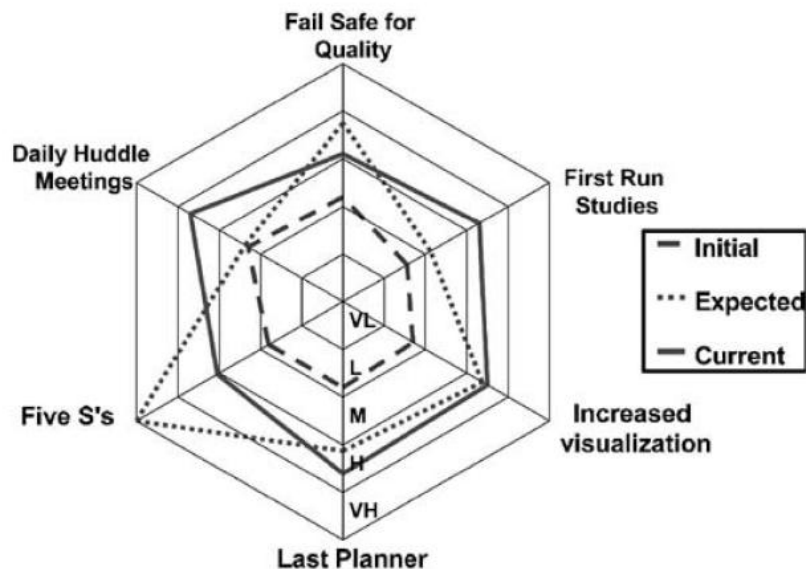


Figura 23: Evaluación Implementación LC, IGLC (O. Salem, J. Salomon)

### 2.12.2. Conceptos claves para la implementación

Autores: A. Pekuri, M. Herrala, A. Aapaoja, H. Haapasalo

Palabras Claves: Lean Construction, Implementación, Transformación, Cultura

**Principios y Cultura:** La gente confunde Lean con herramientas o técnica y luego fallan en transformar la cultura de la organización. En Lean, el objetivo general es crear valor para el cliente y crear un flujo continuo de este. Algunos principios claves:

- Cliente primero, y maximizar el valor.
- Mejoramiento continuo (Kaizen)
- Desarrollar y empoderar a las personas. El conocimiento se aprecia cuando se toman decisiones con conciencia. El secreto de toyota se encuentra en la profundidad de la filosofía empresarial, de la gente y la motivación humana.

**Prácticas:** Se requiere un sistema que provea una básica estabilidad y empodere a las personas. Hay algunas prácticas efectivas, no herramientas, pero prácticas que ayudan a identificar problemas y protegen al sistema de la variabilidad, y proveen una base para el mejoramiento continuo.

- Eliminar desperdicios, desigualdad y sobrecarga; La variabilidad causa problemas. Se debe eliminar, usando un mínimo inventario, y prevenir futura creación de desperdicios.
- Estandarización: Permite definir problemas entre el objetivo y las condiciones reales. Protege de la variación, y provee una base para el mejoramiento continuo.
- Visual Management: Gerencia/Administración/Manejo Visual: Habilidad para reconocer y remediar condiciones anormales es importante. El objetivo es manejar comunicación simple y atractiva, para el estado de los actuales procesos.

**Herramientas y Métodos:** A nivel operacional, el uso de herramientas para aumentar el valor del cliente. Así, las herramientas o técnicas Lean serán una forma práctica para eliminar desperdicios. Hay que ser cuidadoso en los métodos, ya que la transformación Lean es un procesos dinámico, único para cada organización.

- Lean Production: Minimizar tiempos de ciclo, perfeccionando el flujo de materiales e información; JIT, Kanban, 5S, andon, jidoka, etc.
- Lean Product Development: Tomar todo el conocimiento disponible tempranamente en el desarrollo del producto por personas calificadas, herramientas para las necesidades específicas de los productos; Co-Location (Personal y líneas de productos en una sola área, para permitir comunicación rápida y constante)  
QFD (quality function dellyment: método de gestión de calidad:implementar métodos para lograr la calidad)  
Supplier involvement: temprana participación de proveedor, para aprovechar sus conocimientos y capacidades. Añade valor al sistema productivo.
- Lean Construction: Técnicas anteriores, complementadas con sistemas como LPS, relational contracting (), choosing by advantages (), target costing (herramienta de reducción de costes, considerando todo su ciclo de vida, and BIM ())

**Empresa Lean:** Las organizaciones que logran crear una empresa lean, logran la totalidad de los beneficios de Lean. Además involucrar a todos los participantes.

**Cornerstones para la implementación Lean:** 39 entrevistas desarrolladas en Finlandia y California, 2011. Con el fin de explorar practicas de los profesionales (arquitectos, ingenieros, administradores, gerentes) en la implementación Lean e identificar aspectos importantes para el éxito en la implementación. Los factores fundamentales obtenidos, son conceptos amplios.



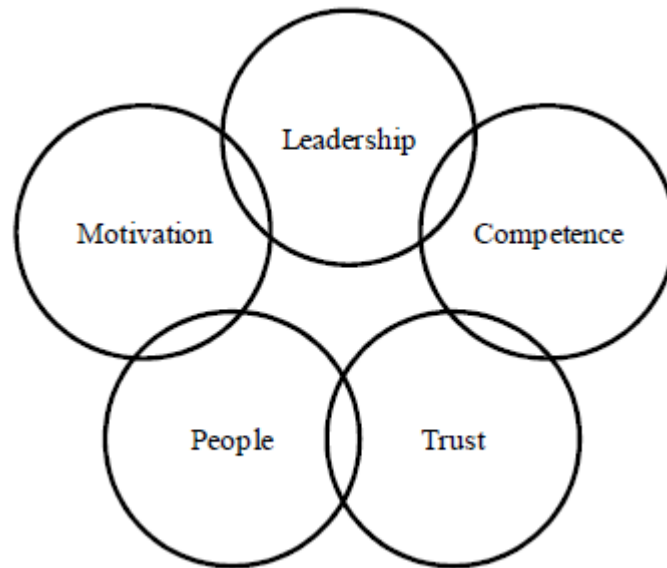


Figura 24: Cornerstones para la implementación, IGLC (A. Pekuri)

- Liderazgo: Importante para motivar a todos. Administradores deben aprender y entender lo que es convertirse en Lean, y tener un comportamiento acorde. Deben destinar los recursos suficientes para soportar la transformación cultural, y dar tiempo para el entendimiento.
- Competencia: Entrenamiento es crucial.
- Gente: Personas adecuadas, conocer las habilidades de los demás. Se necesita a los altos mandos comprometidos.
- Confianza: Confianza entre las empresas involucradas es vital.
- Motivación: Participación y compromiso de las personas.

### 2.12.3. Temas estratégicos en la Implementación

Autores: J. Barros Neto, T. Alves.

Palabras Claves: Lean Construction, Implementación, Estrategia.

Se observa la necesidad de estudiar y analizar la relación entre los objetivos estratégicos de las empresas y Lean, ya que se ve que las compañías parten implementando herramientas en el nivel de producción, con baja complejidad, y no establecen la relación con los objetivos estratégicos de la empresa. Sin esta orientación estratégica, la implementación Lean fallará, así como otras iniciativas que intenten mejorar la productividad.

En Brasil hubo un auge de implementación Lean. Muchas empresas lo adoptaron. Con el paso del tiempo, algunas comenzaron a frenar en avances Lean en términos de sostener las prácticas, y implementaron nuevas. Algunas empresas retrocedieron, retornando a las prácticas tradicionales.

Se cree que esto, se debe a que las empresas implementan herramientas Lean, desde un punto de vista operacional, y no se sustentan porque no están fundadas en una base sólida. Algunas empresas no tienen visión de futuro para definir objetivos que buscan en la implementación Lean, y el camino para alcanzarlos.

Un enfoque muy importante a considerar, propuesto por Alarcón 2002, es la colaboración. Colaboración, diferentes entrenamientos, compartiendo experiencias e información, desarrollando una competencia saludable entre empresas, trabajando en conjunto, aprendiendo más rápido de las fallas.

Factores estratégicos en la implementación Lean y la relación con estrategia de la empresa.

- Analizar el contexto: Muchas compañías implementan Lean siguiendo trayectorias. Cada compañía debe adoptar conceptos, principios y herramientas acorde a sus necesidades y contextos.
- Analizar estratégicamente los recursos con la implementación Lean: Algunos recursos pueden ser considerados estratégicos para ciertas empresas y la relación con los clientes. La implementación Lean puede ser parte del marketing, y de mostrar la empresa mas organizada.
- Beneficios de la implementación Lean: Empresas pueden ser más competitivas si cosechan beneficios Lean. El uso de una estrategia lean debe incluir acuerdos entre todos los participantes de la industria, para que todas las compañías puedan obtener beneficios en sus cadenas (proveedores).
- Definir e implementar estrategias de producción: Deben estar alineadas con criterios de competitividad en sus mercados.
- Implementar Lean from bottom-up( abajo hacia arriba): Primero en proyectos, luego a empresas. La implementación se va a extendiendo a otros proyectos luego del aprendizaje y ajustes. Luego a sectores administrativos, financieros, y proveedores.
- Involucrar a trabajadores y administradores: Tener varias perspectivas, involucrar a gente nueva que no tenga en la cabeza los procesos tradicionales. Colaboración y compartir información es esencial en la implementación.
- Internalizar-Repasar el conocimiento en la empresa: Que la implementación no depende de una o pocas personas.
- Mejoramiento Continuo: Mejorar procesos, aprender, internalizar conceptos Lean.

## 2.12.4. Desarrollo de una estrategia para implementar Lean

Autores: N. Morrey, C. Pasquire, A. Dainty.

Palabras Claves: Lean Construction, Estandarización, Procesos.

**Desarrollo de trabajo estandarizado:** El desarrollo de estas herramientas se convierte en la estrategia para que la industria pueda promulgar los principios Lean. Se denomina plan de estabilización, ya que se reconoce que solo cuando los procesos son estables se puede avanzar hacia un mejoramiento continuo (uno de los aspectos fundamentales en Lean). Estandarizar documentos de trabajo, mejores prácticas para trabajos particulares, permiten desarrollar las prácticas consistentemente, asegurando resultados de calidad, costos, seguridad. Además permite identificar y luego eliminar las pérdidas.

La mirada Toyota de la estandarización de trabajos, es que en lugar de rigidizar los estándares y hacer los trabajos rutinarios, sea la base para empoderar a los trabajadores e innovar en el lugar de trabajo. Fomenta a los trabajadores a resolver los problemas y desarrollar sus propios estándares. El estándar debe ser efectivo para transmitir el conocimiento

El proceso para crear las mejoras es: Entender las condiciones actuales, Desarrollar el contenido y el formato de la herramienta, Aprobación de la herramienta, Implementarla.

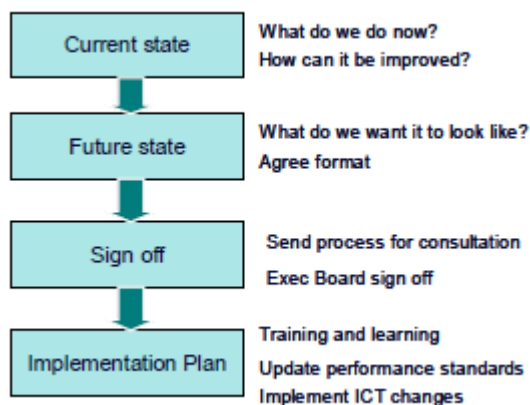


Figura 25: Plan de Estandarización, IGLC (N. Morrey)

### Herramientas desarrolladas: (Estándares)

- Agenda para reunión de lanzamiento de proyecto y check-list: Asegurar que todo el equipo maneje la información del proyecto y este de acuerdo con la estrategia.
- Evaluación de subcontratos: Evaluar y comunicar rendimiento de subcontratos.
- Carga de trabajo futura para subcontratos
- Revisión bimensual del Director: Check List con actividades y herramientas que supervisar que el equipo debe estar llevando a cabo.

- Check-list administrador: lista con tareas y herramientas críticas que debe chequear , que debe implementar y mantener su equipo de trabajo.
- Plan de calidad: Claves de control de calidad
- Hojas de traspaso: Hojas firmadas para el traspaso/fin/comienzo de actividades.
- Cuenta regresiva para completar el proyecto: Asegurar el reporte de todas las actividades para completar el proyecto.

### 2.12.5. Incentivos e innovación para sustentar la implementación de Lean Construction

Autores: Thaís Alves, José Barros-Neto, Luis Heineck, Sergio Kemmer, Pedro Pereira.

Palabras Claves: Innovación, Incentivos, Lean Construction, Estrategia.

La implementación de LC requiere profesionales involucrados en los procesos para que se logre con éxito. Además, se deben practicar iniciativas para mantener a los participantes motivados con el cambio. Las ventajas de LC deben ser visibles para todos. Los directores de proyectos deben ser creativos para educar a los participantes en los principios Lean. En este estudio, se muestran iniciativas e innovadores métodos en terreno, para motivar a los participantes ante la implementación Lean. Se han encontrado métodos innovadores y de bajo costo, basados en conceptos clásicos mezclados con Lean: Autonomation (*jidoka*), Production leveling (heijunka), kanban.

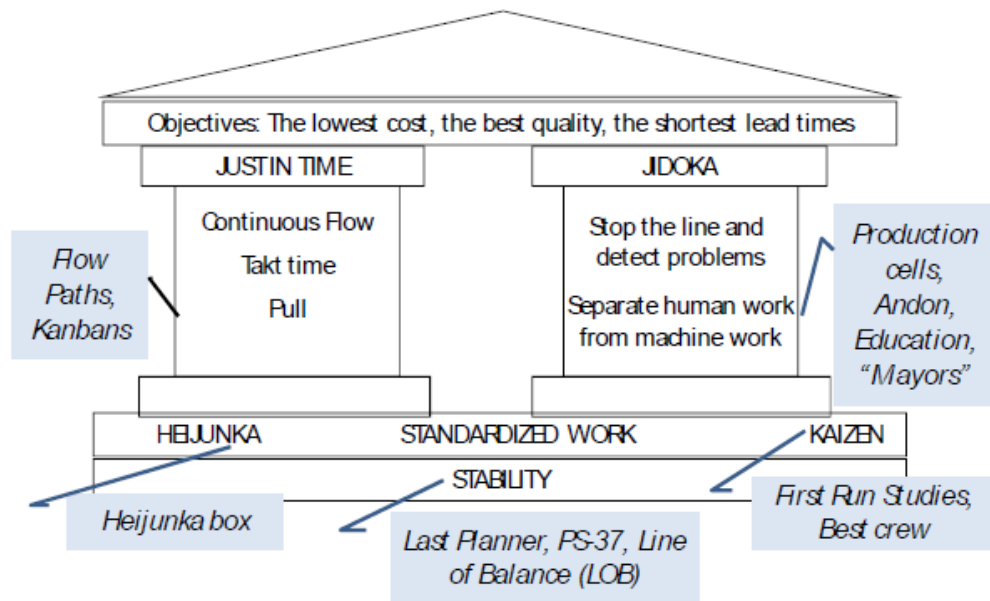


Figura 26: "La Casa Toyota adaptada a LC, IGLC (T. Alves)

**Visual Management** es muy importante también. Un buen sistema de comunicación, para detectar problemas, corregirlos, y así contribuir a un flujo de trabajo continuo. **Transparencia** promueve la automatización, para tomar decisiones rápidas.

#### 2.12.6. Impactos y Dificultades en la implementación de LPS en compañías de Brasil

Autores: D. Viana, B. Mota, C. Formoso, M. Echeveste, M. Peixoto, C. Rodriguez.

Palabras Claves: Last Planner System, Production Control, Impact, Perception.

Se desarrolla una evaluación de los impactos de la implementación de LPS, desde una perspectiva diferente. En vez de evaluar indicadores de rendimiento, se basa en las percepciones de la gente involucrada. Se aplica una encuesta en 3 niveles directivos: Ingenieros, Capataces, Líderes de Personal. La mayoría de los beneficios percibidos por los 2 primeros, son referentes al mismo procesos de planificación, mientras que los líderes en terreno perciben beneficios indirectos del sistema, como confianza en entrega de materiales, organización en terreno. Al identificar las percepciones de los involucrados, se obtienen indicadores sobre lo que está faltando entender sobre el sistema, entregando oportunidades de mejora. Se intentaran probar 2 hipótesis: La percepción de mejoras y dificultades del sistema cambia según el cargo; LPS entrega beneficios indirectos, tales como mejorar seguridad y eliminar desperdicios.

**Grado de Implementación de LPS:** Checklist basado en 15 buenas prácticas de planificación y control

Practice	Average	Degree of implementation		
		Full	Parcial	None
Formalization of the planning and control process	90.6 %	13	3	0
Standardization of short-term planning meetings	87.5 %	12	4	0
Use of visual devices to disseminate information in the construction site	84.4 %	12	3	1
Corrective actions based on the causes non-completions of plans	81.3 %	11	4	1
Critical analysis of data	81.3 %	12	2	2
Correct definition of work packages	68.8 %	6	10	0
Systematic update of the master plan, when necessary	68.8 %	9	4	3
Standardization of the medium-term planning	65.6 %	10	1	5
Inclusion of only work packages without constraints in short-term plans	65.6 %	10	1	5
Participation of crew representatives in decision making in short-term planning meetings	62.5 %	4	12	0
Planning and controlling physical flows	56.3 %	3	12	1
Use of indicators to assess schedule accomplishment	50.0 %	6	4	6
Systematic removal of constraints	40.6 %	0	13	3
Use of a easy to understand, transparent master plan (e.g. by using a line of balance)	34.4 %	3	5	8
Scheduling a back-log of tasks	21.9 %	3	1	12

**Entrevistas:** A Ingenieros, capataces y líderes de terreno, para observar la percepción del impacto de LPS y sus dificultades, organizada en 6 categorías.

Categories	Explanation
<b>Design</b>	Includes the availability of drawings for production, and the control over design changes.
<b>Planning</b>	Refers to changes in weekly plans, delays due to interdependency between activities, matching load with capacity, availability of materials and information, and cost deviation.
<b>Control</b>	It is concerned with production control issues, including adherence to the planned sequence and safety management.
<b>Manpower</b>	Related to commitment of the crews and productivity.
<b>External Issues</b>	Related to suppliers, as well as client interference.
<b>Wastes</b>	Related to some of the wastes in production such as transportation, waiting, overproduction, processing, making-do, inventory and defects.

## Resultados y Discusión

El promedio de uso de PBP (15 prácticas evaluadas, Planing Best Practices) fue 63,3%, variando entre 90% y 50%. Los resultados confirman una similar característica en la implementación de otros estudios; La mayoría de las compañías tiene implementado lo

llamado como primer paso: Planificación Semanal participativa, y no son exitosos en el nivel de Planificación Intermedia o Lookahead. Ninguno tiene implementado un sistemático sistema para remover restricciones.

**Respecto a las percepciones sobre mejoras** que entrega la implementación, la más importante es la visualización y transparencia de la planificación. La menor citada, remoción de restricciones.

Table 13 - Main headings of the perception of improvements

<b>Main Headings</b>	<b>Answer</b>
Visualization of the future and planning transparency	26.2%
Construction site organization	23.1%
Control over tasks	12.3%
Increase in efficiency	12.3%
Participation in the planning process	7.7%
Constraints removal	6.2%
Others	12.2%

**Sobre percepción de dificultades**, la más importante es la adaptación a la nueva cultura. Desde una tradicional: Centralizada, CPM hacia una Participativa, pull-driven. Luego, las competencias del personal.

Table 14 - Main headings of the perception of difficulties

	<b>Total</b>	<b>Engineer</b>	<b>Foremen</b>	<b>Crew Leader</b>
Adaptation to the new culture	26,9%	36,0%	20,0%	16,0%
Personnel Qualification	20,9%	16,0%	32,0%	8,0%
Too much time spent on planning issues	9,0%	24,0%	0,0%	0,0%
Lack of information	4,5%	8,0%	4,0%	0,0%
Interdependence among processes	4,5%	0,0%	0,0%	12,0%
No answer	17,9%	4,0%	16,0%	28,0%

**En cuanto a percepción de impactos en la dirección de proyectos**, la con menor impacto es la relacionada con diseño y temas externos, a diferencia del impacto en la planificación y control y empoderamiento.



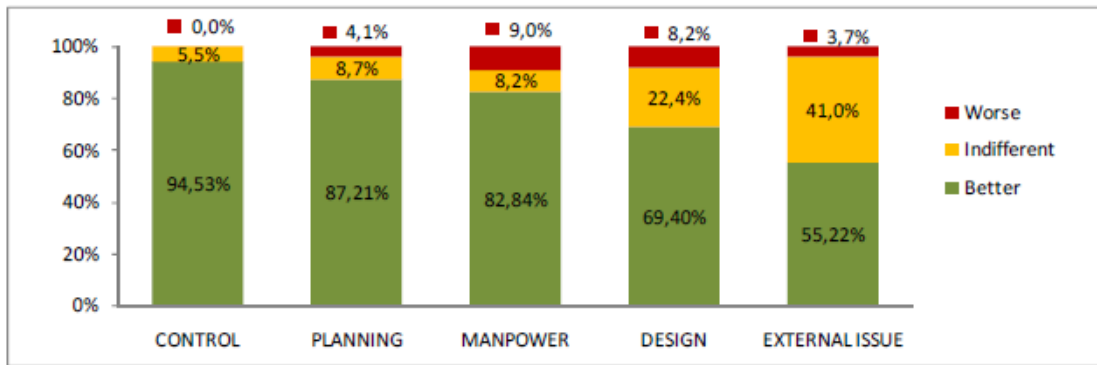


Figure 10 - Perceptions about the changes after Last Planner Implementation

**Impactos en la percepción en desperdicios**, todas las categorías perciben mejoras.

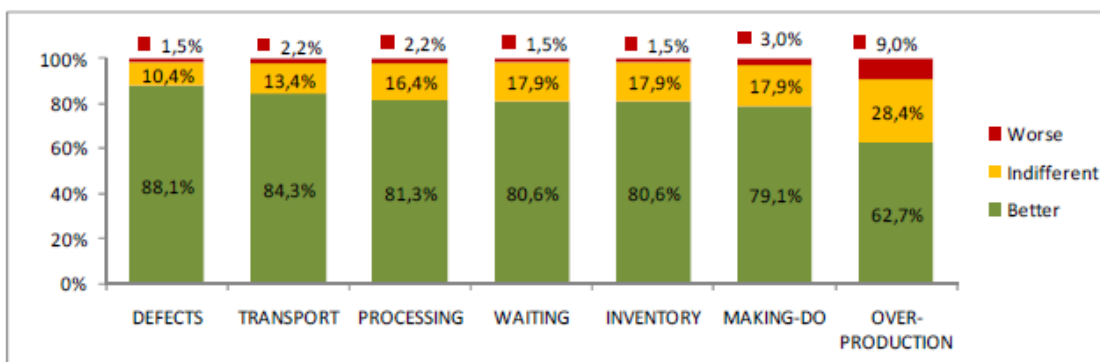


Figure 11 - Changing perception regarding wastes

## Conclusiones

Validando las hipótesis, se concluye que las mejoras son percibidas de igual forma entre todos. En cuanto a las barreras, directivos creen que el tiempo gastado y el cambio de cultura son las máximas, capataces indican que las capacidades de los trabajadores son las más importantes.

Todos concuerdan que la implementación del sistema mejora las condiciones de los sitios de trabajo, seguridad y desperdicios.

El 95% de los encuestados tiene la percepción que se mejora el sistema completo, y que es muy bueno el sistema de planificaciones participativas.

Con respecto al nivel de implementación de LPS, se concluye que hay ideas que no son entendidas. Se detectan problemas como capacidades de trabajadores, falta de compromiso de subcontratos. Es importante entender las limitaciones de LPS, aunque **juega un rol creando condiciones para lograr la estabilidad básica necesaria para implementar los pasos siguiente de Lean Construction.**

## 2.12.7. LPS como puerta de entrada para comportamientos Lean

Autores: D. Fauchier, T. Alves

Palabras Claves: Last Planner System, Lean Behavior, Collaboration

LPS enseña sobre la práctica, comportamientos fundamentales como colaboración, transparencia, planificaciones en distintos niveles, trabajo listo, compromisos claros, rendición de cuentas, métricas, etc. Plan confiable, Transparencia, monitoreo, mejoramiento continuo. Se promueven 3 comportamientos principales con la implementación de LPS: **Construcción de redes sociales, abordar múltiples necesidades en un ambiente dinámico, Tratar los proyectos de construcción como sistemas productivos.**

### ***Construcción de Redes Sociales***

Con la intención de cambiar el foco desde el uso de herramientas y planes detallados, hacia una gestión de proyectos como colaboración social, Chinowsky desarrolla a "Social Network Model" para fomentar la importancia de la comunicación entre los participantes del proyecto. Destaca que es importante reconocer el rol fundamental de los individuos, incluyendo la comunicación y confianza, como base para lograr buenos resultados. Al conocerse mejor entre todos, con necesidades y restricciones, el equipo completo se vuelve más consiente, y por lo tanto más propenso a tener mejores rendimientos en el tiempo.

Aún cuando LPS se implementa en parcialmente, se obtienen resultados positivos. Las reuniones semanales generan relaciones sociales entre involucrados y subcontratos, con mejores en las comunicaciones, confiabilidad y confianza, y de esta forma mejora la coordinación y resultados en un mejor flujo de trabajo. Utilizando Social Network Analysis (SNA) se monitorean las redes sociales en la implementación de LPS, y se comprueban positivas correlaciones (PRIVEN, Vitality y SACKS, Rafael. **Social network development in last planner system implemetations**).

La colaboración y la activa participación de todos los actores (capataces, etc.) en procesos de planificación, es fundamental para el éxito en la implementación de los planes. Esto es lo que diferencia a LPS del resto de las metodologías de planificación. Involucra más a Capataces y administradores en el plan, y como consecuencia en el proyecto. Luego de implementar los planes, surge nuevamente un periodo de reflexión y aprendizaje, gracias a los chequeos diarios y semanales que hace LPS del desempeño (PPC) y sus causas.

Adicionalmente, la implementación de LPS hacen surgir otros comportamientos en el entorno social, promovidos por el sistema. Algún grado de coaching, liderazgo, colaboración, confianza.

### ***Abordar múltiples necesidades en un ambiente dinámico***

Laufer (1994) Propone que la planificación debe abordar varios principios para ser efectiva: Jerarquía, Integralidad, Continuidad, Cooperación.

LPS aborda estos principios, promoviendo la continua revisión de los planes, involucrando a los stakeholders, y definiendo y comunicando los planes de buena forma. Además, LPS fomenta aprendizaje, mejoramiento continuo, comportamiento orientado a objetivos, pensamiento sistémico (proyecto como un sistema).

### **Proyectos de Construcción como Sistemas Productivos**

Lean incorpora en los proyectos de construcción 3 aspectos esenciales de producción: Transformación, Flujo y Valor.

Transformación como gestión eficiente de los recursos para lograr las tareas como se esperan. El flujo promueve la mirada de la construcción como una red de tareas interdependientes que necesitan ser gestionadas de manera integrada para una continua generación de valor para el cliente. El valor coloca al cliente del proyecto en una parte importante y promueve el cumplimiento de las tareas alineadas con lo que el cliente quiere.

Para abordar estos aspectos, el LPS trabaja para proteger la producción de la variación, con un estructurado planeamiento y control.

Algunos conceptos adoptados por LPS son: Tirar y Promover el flujo (información en tiempo real en los planes), Cantidades pequeñas de trabajo, para promover ciclos cortos. Reconoce la incertidumbre, y con esto al necesidad de ajustar continuamente el plan. Define claras metas de producción y como medirlas.

#### **2.12.8. Marco Sugerido para la Implementación de LPS**

Autores: F. Hamzeh

Palabras Claves: Last Planner System, Lean Construction

Muchas empresas se enfrentan a obstáculos significativos implementando LPS, relacionados con la organización, cultura, y factores técnicos. Se presenta un marco para la exitosa aplicación de LPS, prever obstáculos de implementación, invertir recursos en el proceso de cambio, implementar con éxito y mantenerlo. Las directrices propuestas se pondrán a prueba en el futuro.

Se destacan 17 factores que contribuyen al éxito de LPS de implementaciones previas, e investigaciones en gestión para el cambio. El estudio reporta la presencia de los factores en los 3 casos de estudio, y muestra su impacto en la implementación.

**Desafíos de Implementación:** LPS debe ser visto en primera instancia como la oportunidad para crear un buen rendimiento, y una empresa lean más competitiva.

Para implementar con éxito una herramienta Lean (como LPS), la organización se debe comprometer a aprender, cambiar, y establecer focos en las personas y la filosofía, y no solo foco en herramientas y métodos.

La industria ha puesto en marcha herramientas de implementación Lean a nivel de operaciones, con baja complejidad, sin la necesidad de atarlas con objetivos estratégicos. El proceso de implementación tiene obstáculos comunes en las organizaciones. Muchos intentan, algunos fallan, otros lo logran parcialmente.

Algunas dificultades son:

- Dificultad de adaptarse a la nueva cultura
- Personas no calificadas
- Mucho tiempo gastado en asuntos de planificación
- Información incompleta
- Alta interdependencia entre procesos.

El núcleo Lean está en los equipos de trabajo y en el mejoramiento continuo. Muchas empresas fallan en alguno de estos. La clave es preparar al equipos para que esté dispuesto a aprender.

Hamzeh destaca dos grupos de factores: Los locales, atribuidos a circunstancias del proyecto y al equipo, como poca experiencia en Lean, métodos de dirección tradicionales, LPS como novedad, liderazgo fragmentado, poca química de equipo. Los generales, como capital humano, inercia organizacional, resistencia al cambio, barreras tecnológicas.

**Marco Sugerido para la implementación:** Hay un común esfuerzo para entrenar a la gente para el sistema como una herramienta, pero los planes de implementación se quedan corto en las consideraciones filosóficas y sociales. Implementar LPS es un proceso lento y requiere del esfuerzo de los dueños, directores, y todos los involucrados.

- Desarrollar una clara visión para implementar LPS como un objetivo estratégico (no sólo operacional), y crear sentido de urgencia para implementarlo.
- Utilizar el apoyo de los dueños y directores de la organización. El cambio es imposible si un fuerte compromiso de la cabeza de la organización, y los niveles siguientes.
- Establecer un entusiasta y estudioso núcleo/equipo de trabajo. Antes del comienzo de la implementación. Deben desarrollar objetivos, identificar necesidades, entrenamientos.

### 2.12.9. Evaluación de los impactos de la Implementación de Lean Construction.

Autores: Luis F. Alarcón, Sven Diethelm, Oscar Rojo, Rodrigo Calderon.

Palabras Claves: Implementación, Last Planner System.

Ante la necesidad de ampliar el análisis y obtener evidencias empíricas para evaluar los impactos de la implementación de Lean Construction, se realiza este estudio en más de 100 proyectos de construcción, en los últimos 5 años. Este paper analiza algunos impactos observados en los proyectos y algunos aprendizajes de las implementaciones, con énfasis en Last Planner System (LPS).

#### **Reducción de la variabilidad de los Proyectos**

Se observa un aumento en el Porcentaje del Plan Cumplido (PPC) durante los 3 años de la investigación, atribuible a:

- Procesos de aprendizaje en el largo periodo de implementación por parte de las empresas.
- Mayor experiencia acumulada del equipo de implementadores de GEPUC.
- Desarrollo de herramientas de soporte.
- Gerentes involucrados y con entendimiento de los procesos.

La influencia del nivel de implementación de Last Planner en el PPC de los proyectos es clara. Se observan 2 grupos:

- Nivel de implementación básico, con énfasis en el Plan Semanal y un informal Plan Intermedio o Lookahead.
- Nivel de implementación con un claro y formal Lookahead.

Ordenando los proyectos por el promedio de PPC para facilitar el análisis, se concluye que los proyectos con una implementación más completa tienen un PPC más alto que los proyectos con una implementación básica (Figura 27).

Project	I=international, N=national	Weekly Workplan	PPC	Causes for non-compliance	Weekly planning meeting	Lookahead Plan	Workable Backlog	Learning Process	Average PPC	Average
I5	I	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	80%	80%
I1	I	✓	✓	✓	✓	✓	✓	65%		
I4	I	✓	✓	✓	✓	✓	✓	85%		
N3	N	✓	✓	✓	✓	✓	✓	75%		
N4	N	✓	✓	✓	✓	✓	✓	83%		
N11	N	✓	✓	✓	✓	✓	✓	89%		
N2	N	✓	✓	✓	✓	✓	✓	47%	63%	
N8	N	✓	✓	✓	✓	✓	✓	63%		
N10	N	✓	✓	✓	✓	✓	✓	67%		
I2	I	✓	✓	✓	✓	✓	✓	58%		
I3	I	✓	✓	✓	✓	✓	✓	74%		
N1	N	✓	✓	✓	✓	✓	✓	53%		
N5	N	✓	✓	✓	✓	✓	✓	70%		
N6	N	✓	✓	✓	✓	✓	✓	60%		
N7	N	✓	✓	✓	✓	✓	✓	59%		
N9	N	✓	✓	✓	✓	✓	✓	79%		
Level of Implementation										

Figura 27: Nivel de Implementación LPS, y correlación PPC

El pobre uso de información generado en las implementaciones de LPS es identificado como una de las principales barreras para una implementación de Last Planner más completa. Para romper estas barreras, se desarrolló un sistema computacional amigable para las empresas, que una vez probado en varios proyectos, resultó en una implementación más completa de LPS. A su vez, esto se tradujo en un PPC más alto, comparado con los proyectos que no contaron con el soporte tecnológico. El estudio concluye, que la probabilidad de lograr altos PPC es mucho mayor usando soporte tecnológico, y para proyectos con alto rendimiento en el PPC, el uso de IT puede duplicar la probabilidad de mejorarlos (Figura 28).

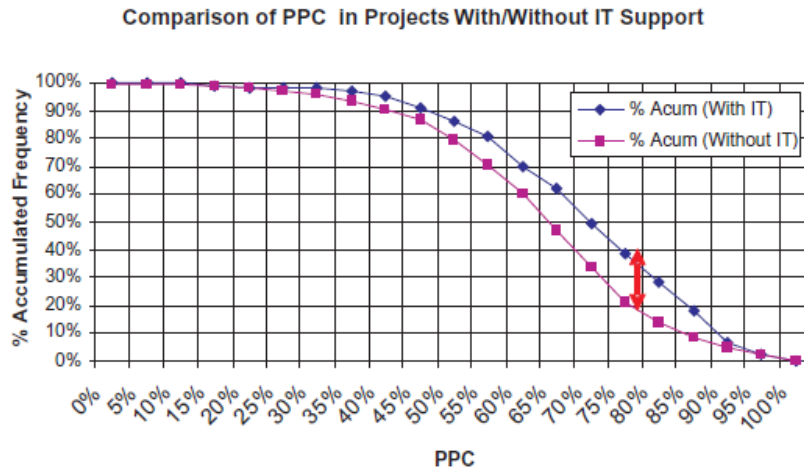


Figura 28: Comparación de PPC en proyectos sin y con uso de TI

### Barreras en la Implementación

Trabajar con un enfoque de colaboración, con variadas capacitaciones, compartiendo experiencias e información entre las empresas involucradas, produce grandes beneficios; Desarrollo de habilidad para la implementación, sana competencia, rápidos aprendizajes de éxitos y fracasos.

Algunas barreras identificadas por los investigadores de GEPUC, en relación con la implementación de LPS, son:

- Tiempo: Falta de tiempo para implementar nuevas prácticas en proyectos que ya están en curso.
- Capacitación: Falta de entrenamiento.
- Organización: Para lograr el éxito en la implementación, es necesario crear fuertes elementos organizacionales.
- Falta de Autocrítica: La falta de autocrítica limita la capacidad para aprender de los errores.

Además, en algunos proyectos se detectan algunas deficiencias en la implementación

- Poco entendimiento de conceptos de LPS: Unidades de producción, Flujo de trabajo, pulling.
- Poco uso de diferentes elementos de LPS.
- Mala administración de la información necesaria para generar ciclos de aprendizaje, y tomar acciones correctivas.
- Débil comunicación y transparencia en los participantes del procesos productivo.
- Falta de integración en la cadena de producción: Cliente, Proveedores, Subcontratos.



### 3. CAPÍTULO 3: DESARROLLO HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN

#### 3.1. Resumen Marco Teórico

Lean Construction, o Construcción sin pérdidas, incorpora los conceptos de Lean Production, basado en Toyota Production System, a la gestión de Proyectos de Construcción. Se persigue con ello el aumento de la productividad, eliminando pérdidas, y maximizando el valor del producto final definido por el cliente.

Koskela (1992), establece las bases de Lean Construction, considerando el modelo de flujo de materiales e información como base del análisis.

1. Incrementar la eficiencia de las actividades que agregan valor.
2. Reducir la participación de actividades que no agregan valor (también denominadas pérdidas).
3. Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de los requerimientos del cliente.
4. Reducir la variabilidad.
5. Reducir el tiempo de ciclo.
6. Simplificar procesos.
7. Incrementar la flexibilidad de la producción.
8. Incrementar la transparencia de los procesos.
9. Enfocar el control al procesos completo.
10. Introducir la mejora continua de los procesos.
11. Mejora continuamente el flujo.
12. Referencias los procesos con los de organizaciones líderes ("benchmarking").

Acorde a Ohno (1998, TPS), la base del sistema productivo es la estabilidad, que se busca implementando el sistema de planificación y control de proyectos Last Planner System (Ballard, 1994), que según su nivel de implementación, logrará efectivamente traducirse en un alto PPC, potenciado con uso de herramientas de tecnologías de información (Alarcón, 2005). Last Planner además representa una potente herramienta para introducir comportamientos Lean (Alves 2013), y una base para extender Lean (Viana, 2010). Junto con la estabilidad como base, TPS plantea como pilares fundamentales para la producción, lograr un flujo continuo bajo el enfoque Just in Time y automatización de procesos, y Mejora Continua.

J. Liker y D. Meier proponen 14 principios en los que se basa el modelo Toyota, reunidos en 4 conceptos: Filosofía de gestión a largo plazo, Enfoque en procesos (flujos continuos estables, estandarizados, nivelados), Agregar valor desarrollando personas, Aprendizaje y Mejora continua.

Womack and Jones (Lean Thinking, 2003), capturan el pensamiento Lean en 5 principios.

- Valor
- Cadena de valor
- Flujo
- Pull
- Perfección

La correcta percepción de como el valor es percibido por el cliente, es el punto de partida para el pensamiento Lean. Detectas las actividades necesarias, flujo físico de personas, materiales y maquinarias, definiendo cuales no agregan valor, para lograr el flujo ideal. Sin desperdicios, sin interrupciones (flujo continuo). Logrando un flujo estable, estandarizando, y producido en la medida de las necesidades del cliente, en cuando a tiempos y cantidad. Finalmente busca la perfección, con el aprendizaje y mejoramiento continuo. Herramientas y aplicaciones de estos principios se han estudiado ampliamente (Picchi, Granja 2004).

La Compañía Americana Sutter Health, para dirigir un multimillonario proyecto, propone "las 5 grandes ideas", basado en la aplicación del modelo Lean Project Delivery, LPD (Ballard 2000, Lichtig 2005, 2006) que resumen la cultura y filosofía Lean, incorporando a todos los actores del conjunto de etapas y fases del ciclo de vida del proyecto: Colaborar, Mejorar la relación entre los stakeholders, Compromiso, Optimizar el proyecto y no las partes, y Mejora Continua. (Sutter Health, 2005).

Estudios sobre Lean Management (McKensey) en diferentes industrias proponen como fundamentales e integradas las siguientes disciplinas:

- Entregar / Crear valor eficientemente al cliente: Comunicación, Liderazgo, Estandarizar requerimientos del cliente y el valor para el cliente. Alineación con el cliente (integración).
- Habilitar a la gente a liderar y desarrollarse: Cultura de respeto y empoderamiento de la gente, Lideres y Directores comprometidos con los demás, gestión de personas transparente y justa. Comunicación, Entrenamiento, Estandarización.
- Descubrir mejores formas de trabajar: Empoderar, Coaching, Confianza y transparencia en todos los niveles, para ver los problemas, causas y tomar medidas para resolver. Mejora continua, Estandarización, 5 Whys.
- Alinear estrategia, objetivos y propósitos significativos: Alinear lo que la organización quiere, con lo que la gente que trabaja quiere lograr cada día. Objetivos claros, Comunicación clara y aporte de recursos para llevarlo a cabo, soporte. KPI's

Estudios recientes sobre implementación (Barros Neto, Alves, 2007, Pekuri 2012) y aplicación Lean en Construcción (Salem, 2006, ASCE) , definen los principios y la

cultura Lean, con apoyo de prácticas fundamentales como estandarización, estabilidad de flujo y procesos, Visual Management, Mapa de procesos.

- Cliente Primero: Entender y maximizar el valor para el cliente (Hines et al. 2004, Womack and Jones, 2003)
- Mejoramiento Continuo: Crear mejoras para eliminar pérdidas, en todos los procesos y personas (Womack and Jones, 2003).
- Respeto a las personas: Desarrollar y empoderar a las personas. Entender motivación de las personas.

Además postulando como aspectos claves en la implementación, el Liderazgo, Competencias, Personas, Confianza y Motivación.

Finalmente, muchos estudios proponen herramientas y estrategias para la implementación de los principios Lean, con éxito demostrado en varios países, como Last Planner System (LPS), Value Stream Mapping (VSM), Visual Management (Andon, Kanban), Pull Production, 5S's, Análisis First-Run, BIM, Líneas de Balance, Estandarización de reuniones, procesos, supervisión, entre otros (Barbosa 2013, Morrey y Pasquire 2013, Alves 2009).

### **3.2. Triángulo Lean, Alarcón.**

El triángulo Lean, propuesto por Alarcón (Figura 29), integra las ideas de Lean Construction, en complemento con el enfoque tradicional Costo-Tiempo-Calidad. Sus 3 aristas, son Filosofía, Cultura y Tecnología.

La Filosofía, compuesta por los principios de Lean Production, Lean Thinking: Especificar el Valor, Identificar la Cadena de Valor (Valor v/s No Valor, Pérdidas), Flujo Continuo de Valor, Cliente Tire (Pull), Buscar la Perfección.

Los aspectos Culturales propuestos buscan lograr una organización Competente, Flexible, Empoderada, Motivada, Comprometida.

En Tecnología se proponen herramientas para trabajar y añadir a la organización los principios Lean y potenciar los aspectos culturales de la organización. *"Tecnologías sin Filosofía y sin sustento cultural no es Lean"* (Productividad y Benchmarking, Luis Fernando Alarcón, GEPUC).

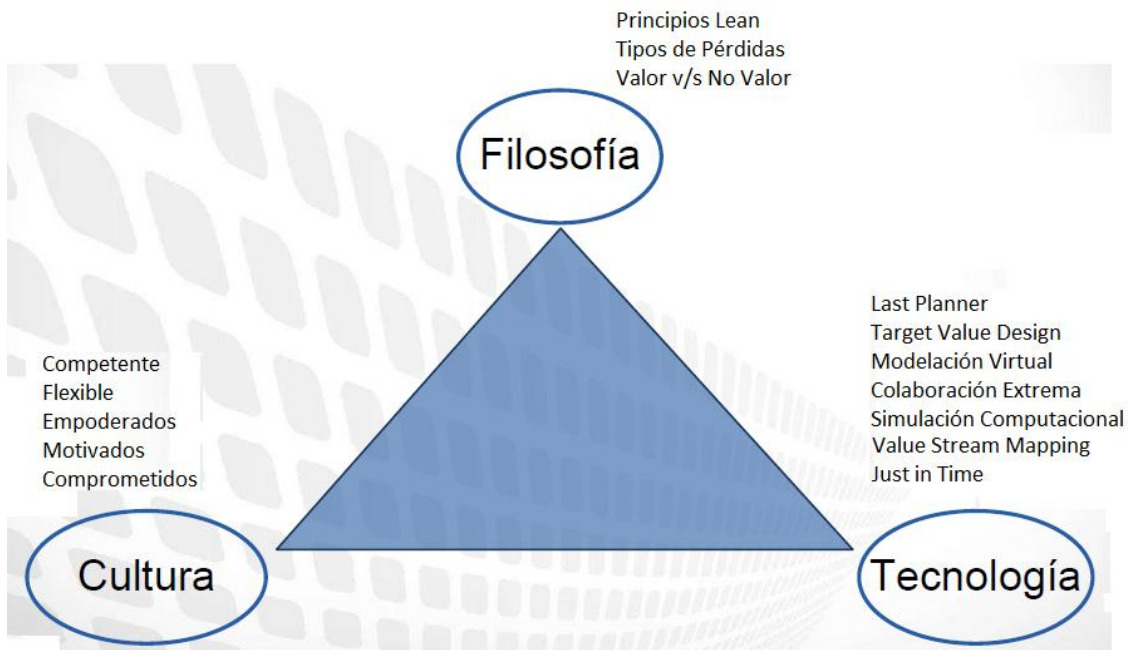


Figura 29: Triángulo Lean, Alarcón

### 3.3. Recopilación de Conceptos

Luego de una extensa revisión bibliográfica, pasando por los conceptos de Lean Production, Lean Thinking, Lean Management, Lean Construction y estudios recientes realizados en diversos países, marcos de implementación, herramientas e implementaciones exitosas, se proponen una serie de conceptos, validados por expertos de GEPUC, y agrupados de la siguiente forma.

#### I. Aspectos Culturales

Colaboración:

- Trabajo en equipo.
- Procesos que involucran a varias personas para conseguir una meta en común.
- Colaboración entre todos los actores del proyecto, en todos los niveles. Incorporándolos en etapas tempranas y de producción. Mandante, Equipo de Diseño, Proveedores, Subcontratos, etc.

Respeto, Confianza:

- Grupos de trabajo que valoren y respeten las opiniones de todos.
- Confianza para opinar.
- Grupos de trabajo donde se escuche al otro.

Motivación, Involucramiento, Empoderamiento:

- Potenciar el Desarrollo y Empoderamiento del Capital Humano.
- Darle la oportunidad y las herramientas a la gente para liderar y desarrollarse.
- Involucramiento de las Personas.

- Altos mandos comprometidos.

#### Comunicación, Transparencia:

- Las Personas Comprenden su Rol en la Organización.
- Plan Comunicacional.
- Capacidad para Visualizar Problemas, Solucionarlos y Empujar hacia la Mejora de sus Organizaciones.
- Generar fluidez en la comunicación y definir canales claros y efectivos.
- Incrementar la Transparencia de los Procesos.

#### Liderazgo:

- Lograr motivación del equipo, en pro de un objetivo común.
- Liderazgo claro para la implementación, con equipo de trabajo.
- Aprender y entender los conceptos Lean, practicarlos.
- Competente, validado por el equipo, creíble.
- Altos mandos comprometidos.

## **II. Prácticas de Gestión**

#### Dirección y Estrategia

- Conectar estrategia y objetivos de la Organización.
- Claridad en definición de objetivos y estrategia para alcanzarlos.
- Lean es parte de la visión de la organización y esto es percibido por todos los trabajadores.
- Compromiso de Altos Mandos.
- Visibilidad de las Ventajas Lean en toda la Organización.
- Revisión de prácticas de RRHH para asegurar que el capital intelectual se ajuste a las necesidades de los procesos.
- Las medidas financieras y contables apoyan/soportan la implementación de Lean.
- Visión Lean es compartida e internalizada con los participantes de la cadena de valor (subcontratistas, proveedores, etc.).
- Capacidad para Visualizar Problemas, Solucionarlos y Empujar hacia la Mejora de sus Organizaciones.
- Promover multifuncionalidad y Polivalencia de los Trabajadores.
- Directivos con conocimientos Lean y uso de mecanismos creativos para capacitar a sus trabajadores.
- Capacitación orientada al desarrollo de las competencias.
- Evaluación y mejora continua del Personal.

## **III. Agregar Valor**

- Identificar clientes externos e internos.
- Entender el valor desde la perspectiva del cliente.
- Incrementar el valor a través del manejo de requerimientos del cliente.

- Aseguramiento de la calidad.
- Conocer la cadena/flujo de valor.

Flujo eficiente de valor:

- Potenciar a los trabajadores para que contribuyan a la creación de valor.
- Detectar actividades que agregan y no agregan valor.
- Incrementar eficiencia de actividades que agregan valor.
- Optimizar la cadena/flujo de valor.
- Reducir pérdidas.
- Producción Pull, con enfoque Just in Time. Disminución de inventarios, acopios, tiempos de espera.
- Entornos de trabajo que fomenten eficiencia, ordenados, clasificados, limpios. Utilización de 5S's.

Mejora Continua:

- Cultura de medición.
- Benchmarking.
- Búsqueda constante de mejores formas de trabajar.

#### **IV. Asegurar el Flujo (Materiales e información)**

Flujo Continuo/Estabilidad

- Enfocar el Control a Procesos Completos.
- Transparencia en el lugar de trabajo para visualizar el flujo.
- Incrementar la flexibilidad de la Producción (Multifuncionalidad, estabilidad).
- Generar Flujo Continuo Eficiente.
- Reducir Variabilidad.
- Generar fluidez en la comunicación y definir canales claros y efectivos.
- Gestión y Control visual para visualizar los problemas.

Estandarización/Calidad:

- Simplificar procesos.
- Reducir tiempo de ciclo.
- Institucionalizar las mejoras y enfoques a nivel corporativo.
- Orientar un trabajo de Calidad en el Primer Intento.

#### **V. Herramientas/Tecnología**

- Last Planner System (LPS)
- 6S: Ordenar, Limpiar, Clasificar, Estandarizar, Sostener, Seguridad
- VSM: Value Stream Mapping
- Poka Yoke
- PDCA: Plan Do Check Act
- Kanban
- Andon
- Heijunka: Flexibilizar

- Jidoka: Automatizar
- A3
- Diagrama Ishikawa
- 5 Por qué
- Kaikaku: Cambios Radicales
- Kaizen: Mejora Continua
- Gemba: Lugar de trabajo
- Genchi Genbutsu: Ir y ver
- Kitting: Preparar, Agrupar materiales/herramientas de un proceso
- Ley de Little:
- Pull
- Rapid Process Improvement WorkShop

#### Complementarias

- BIM
- LOB
- JIT
- Co-Location
- Quality Function Deployment (QFD)
- Target Costing
- DMAIC: Define, Measure, Analyze, Control
- Cp-Cpk: Capacidad del procesos (6sigma)
- Diagrama de Spaghetti
- Gráficos de valor del tiempo
- Gráficos de control
- Gráficos de Pareto
- Histogramas
- Hojas de verificación

### 3.4. Triángulo Lean Propuesto

Con esta agrupación de Conceptos, se propone el siguiente triángulo Lean (Figura 30), como propuesta para la evaluación de los diferentes aspectos Lean en las organizaciones Chilenas.

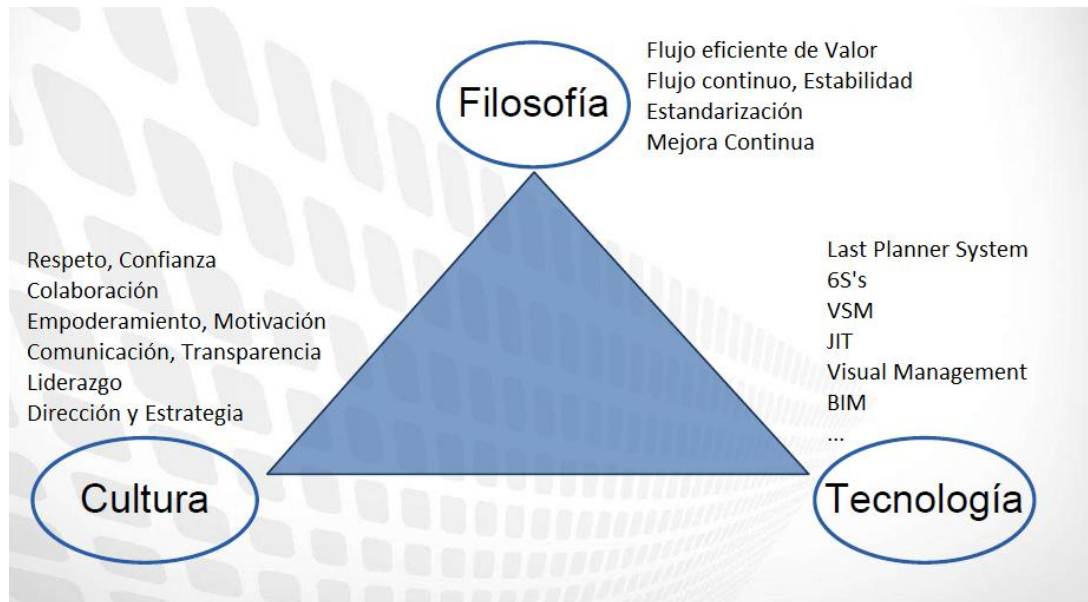


Figura 30: Triángulo Lean, Aspectos considerados para el Diagnóstico

### 3.5. Herramientas de Diagnóstico

#### 3.5.1. Entrevista Gerencial

Se realizaron entrevistas Gerenciales con cada una de las empresas participantes de la investigación. Los participantes variaron según la empresa, pero en términos generales asistieron Gerente General, Gerente de Operaciones/Proyectos/Técnico, Gerente de Recursos Humanos, Implementadores. La duración promedio fue de 90 minutos, y se abordaron temas estratégicos, herramientas, actuales sobre implementación, resistencias al cambio, planificación, estandarización, comunicación, selección y competencias.

#### Entrevista Realizada

- 1) ¿Cuál fue el motivo para implementar métodos Lean en su organización?
  - a. Como fue la experiencia? y quienes participaron en ella?
- 2) ¿Considera importante tener una planificación unificada en su método de trabajo?
  - a. En caso de ser afirmativo cuales han sido las estrategias para crear esta planificación y que acciones ha realizado la Gerencia para llevarlo a cabo y mantenerlas en el tiempo?
- 3) ¿Qué herramientas propias de Lean conocen y/o cuáles tienen implementados?
  - a. ¿En cuántos proyectos han aplicado las herramientas?
  - b. Entre las implementaciones, cuáles fueron las más fáciles y difíciles de implementar.
- 4) Cuando se implementaron las herramientas Lean, se encontraron con resistencias al cambio en la organización?



- a. Dado esas resistencias, cuáles han sido las estrategias utilizadas para afrontarlas o que esperan realizar?
- 5) ¿Cómo consideran el estado actual de la implementación de la (s) herramienta Lean?
- a. ¿Qué ha funcionado y qué no, y por qué lo cree?
- 6) Existe algún manual de estandarización de procesos en la organización?  
Si la respuesta es negativa preguntar como lo hacen.
- a. Cómo se creó dicho manual y quienes participaron en su creación.
  - b. Cómo se transmite dicha estandarización a los trabajadores y existe algún mecanismo que regule su aplicación
- 7) Como se asegura Gerencia que la información emitida llegó al destino o cumplió el objetivo que deseaban?
- a. ¿Mediante que medios recibe la Gerencia la información proveniente del resto de los trabajadores?
  - b. Que nota de una escala 1 a 7 , colocan a las vías de comunicación de gerencia a trabajadores y viceversa
- 8) (Pregunta para Gerente de RRHH) Cómo se aplica la visión Lean en el proceso de selección de los nuevos candidatos y en los procesos de inducción y/o capacitación.
- a. Han tenido que agregar competencias nuevas para la selección de persona para facilitar el uso de la herramienta LEAN.
  - b. ¿Existe un diccionario de competencias?
  - c. Han establecido inducciones o capacitaciones internas sobre la (s) herramientas Lean internamente como empresa?
  - d. Como se aseguran que las competencias de las personas que interactúan con alguna herramienta (s) de LEAN, son las adecuadas? Utilizan evaluaciones de desempeño para eso?
- 9) (Pregunta a Gerente de Operaciones) Considera importante una planificación en los proyectos que se están llevando a cabo en la organización?
- a. Cuáles han sido las herramientas o fases implementadas en la planificación de los proyectos. ( PPC, CNC, plan semanal, 5s, etc.)
- 10) (Pregunta a Gerente General, puede ser a los otros Gerentes también) Para el cambio que se ha estado realizando en la Empresa, cuáles serían las competencias a modo general que desearían que tengan sus trabajadores?
- 11) Consideran que los métodos Lean son centrales para el crecimiento de la empresa, o son entendidos como complementarios y solo aplicables para proyectos específicos?
- 12) En sus reuniones Gerenciales, utilizan las herramientas Lean?
- a. Qué método utilizan y cómo es su implementación.
- 13) ¿Qué expectativas tienen con la investigación? ¿ Qué esperan recibir?

### 3.5.2. Focus Group

Se realizaron 2 sesiones de reflexión grupal, con las personas a cargo de las implementaciones de cada empresa participante en la investigación.

Se dividió la experiencia en 2 rondas, para obtener información sobre el estado actual de las implementaciones, experiencia en la implementación (apoyo, barreras, estrategias exitosas, liderazgos), Comunicación, y Valor agregado que entrega Lean.

**1) Estado actual de herramientas LEAN**

- ¿Qué herramientas Lean tienen implementadas?
- ¿Cuál cree usted que fue el motivo por el que se está implementando los métodos Lean en su organización?
- ¿En cuántos proyectos han aplicado las herramientas?( totalidad) ¿ Cual es el beneficio de utilizar esta (s) herramientas?

**2) Implementación**

- ¿Contaron con el apoyo de gerencia en la implementación? ( comunicación, explicación, inducción, capacitación etc.)
- Entre las implementaciones, cuáles fueron las más fáciles y difíciles de implementar y qué creen que lo dificultó o facilitó? ( resistencias, barreras y/o estrategias exitosas)
- Han utilizado alguna estrategia propia / empresa para contrarrestar esas barreras?
- ¿ Que tanto incide las competencias del implementador con el éxito de la herramienta? ( Liderazgos)

**3) Comunicación**

- Existe algún manual de estandarización de procesos en la organización? Se rigen por este manual y existe algún mecanismo que regule su aplicación / Si no lo tienen consideración necesario la existencia de este u otro mecanismo?
- ¿Mediante que vías usted recibe y transmite información de parte de oficina central/Gerencia ? . ¿Cree que es la mejor vía? ¿ Que nota le pone? ¿ Como le gustaría que fuera?
- ¿Cuál es la vía que usted utiliza para enviar y recibir información a los trabajadores de niveles más bajos? ¿cree que es efectiva su recepción?

**4) Valor**

- Si el día de mañana debe iniciar un nuevo proyecto y la Gerencia le da la opción de trabajar con cualquier herramienta, tomaría alguna herramienta LEAN o cree que otra le agregaría mayor valor. ¿Por qué ?

### **3.5.3. Visitas a Terreno**

Se realizaron visitas a terreno a proyectos de cada una de las empresas participantes en la investigación, para tener una visión de la realidad de la implementación, herramientas innovadoras. Se participó en las reuniones de Planificación, para observar el nivel de implementación del sistema Last Planner, y aspectos generales en la organización en terreno.

Para estas visitas se desarrollaron 2 herramientas: Checklist observacional, rescatando aspectos de la Investigación realizada por GEPUC, Productividad y Benchmarking, "Evaluación Estado Last Planner", liderada por Francisco Rodriguez. Y encuesta a asistentes a la reunión de Planificación

- 1) Checklist observacional:** Llenado por los investigadores asistentes a la visita a terreno, que entrega información respecto a:
- Nivel de implementación de Last Planner, en cuanto a la existencia de las 3 fases de planificación, análisis de CNC y herramientas para llegar a causa raíz, utilización de ITE, indicadores utilizados y rango de participación en la Planificación (Mandantes, Subcontratos, Proveedores, etc.), contenido en la sección 1, 2 y 3 (Tabla 3).
  - Aspectos Generales de la Reunión, tales como apoyo visual y comunicación de indicadores, aprendizaje y entendimiento de la metodología, disposición de los actores frente a la implementación y liderazgo, contenido en la sección 4 (Tabla 4).
  - Cultura Lean, observando aspectos como colaboración, respeto, compromiso, confianza, motivación, liderazgo, contenido en la sección 5 (Tabla 5).
  - Lean en terreno, observando herramientas y/o metodologías que apoyen la implementación Lean, tales como 6S's, VSM, Gestión Visual, Kaizen, Kitting, BIM, Gemba, JIT, etc.

<b>1</b>	<b>PLAN MAESTRO (PM) y PLANIFICACIÓN POR FASES (PF)</b>
1.1	¿Existe un Plan Maestro?
1.2	<b>Realización de Planificación Interactiva (Phase Schedule)</b>
1.4	Se identifica Planificación del tipo Pull en el programa Maestro
1.5	Posee registro de Implementación de sugerencias sobre Plan Maestro.
<b>2</b>	<b>LOOKAHEAD (LA)</b>
2.1	Existe un Plan Lookahead?
2.2	Lookahead (espacio de tiempo promedio con el cual se mira adelante)_____
2.3	<b>Preparar LA: Detectar y levantar restricciones del programa</b>
2.4	Identificación de restricciones
2.5	Seguimiento de restricciones
2.6	Asignan compromisos en las instancias
2.7	Existe un indicador de liberación de restricciones semanales (PCR)
2.8	Existe el concepto de Inventario de trabajo ejecutable (ITE)
2.9	Existe una gestión de las restricciones
2.7	<b>Implementación de sugerencias sobre LA</b>
<b>3</b>	<b>PLAN DE CORTO PLAZO O SEMANAL (PCP)</b>
3.1	<b>Identificar y definir las actividades del plan de corto plazo</b>
3.2	<b>Se Designan responsables de actividad(es)</b>
3.3	<b>Medir y Analizar PPC</b>
3.4	Medir el PPC
3.5	Relación PPC con otros indicadores tradicionales
3.6	<b>Identificar Causas de No Cumplimiento (causa raíz)</b>
3.7	<b>Definir e implementar soluciones para Causas de No Cumplimiento</b>
3.8	<b>Implementación de sugerencias sobre PCP</b>

Tabla 3: Checklist observacional, Sección 1, 2 y 3: Nivel de implementación de LPS

4 ASPECTOS GENERALES DE LA REUNIÓN	
<b>4.1 Publicar indicadores y resultados</b>	
	Cuales formas de publicación de resultados se utilizan
	Informes
	Gestión Visual
	Paneles de información (texto y gráficos)
	Recordatorios (en oficina, u otro)
	Pantallas
	Mural de los trabajadores
	Otros ¿Cuáles? _____
	Indicadores que se publican
	PPC (Porcentaje de Plan Completado)
	CNC (Causas de No Cumplimiento)
	PCR (Porcentaje de Cumplimiento de Restricciones)
	Curvas de Avance (Real Vs Programada)
	Otros ¿Cuáles? _____
<b>4.2 Aprendizaje y entendimiento de la metodología</b>	
	Existen nuevas interacciones entre actores del proyecto
	La información entre actores es compartida
	Existen nuevas instancias de retroalimentación del proceso
	Existen documentos anexos a los cuales recurrir para comprender mejor la metodología
	Otras instancias donde se denote un mayor conocimiento o manejo de la metodología
	Lenguaje manejado ¿los actores adoptan conceptos lean a su lenguaje cotidiano?
	Los empleados han analizado sus propias causas de No Cumplimiento
	Mandos aguas abajo exige liberación de restricciones para poder comprometerse
	La mejora continua de los procesos ha pasado a ser parte de la reunión
<b>4.3 Disposición de los actores frente a la Implementación (motivación, actitud, apoyo gerencia, etc.)</b>	
	Disponibilidad plena para el desarrollo de este tipo de planificación
	Presencia de QUERER y DESEAR hacer bien el trabajo de planificación
	Presencia de PODER hacer bien el trabajo de planificación
<b>4.4 Empoderamiento y credibilidad del (los) facilitador(es) del sistema</b>	
	Existe un líder claro para la reunión
	El líder se asegura que se Distribuya el tiempo acorde a los temas a tratar
	Existe un trabajo constante asociado a la búsqueda, al seguimiento, etc
	Posee Credibilidad el líder
	El líder se presenta como un agente motivador para compartir, colaborar y crear ambiente de confianza
	Existe un equipo de trabajo asociado a liderar la implementación

Tabla 4: Checklist observacional, Sección 4: Aspectos Generales de la Reunión

5 Cultura lean	
5.1	Colaboración (Entre pares se ayuden en la reunión y se vea "buena onda" en apoyarse más que en atacarse)
5.2	Respeto (Se escuchan entre los UP'S, no se griten, que no sea mal ambiente)
5.3	Compromiso (Ver si les cuesta o no hacer compromisos en fechas y cantidades para avances de obra)
5.4	Confianza (Que los Up's puedan hablar de sus restricciones y puedan realmente comprometerse con lo que se PUEDE ejecutar)
5.5	Motivación (Lleguen a la hora los UP's, llegue todos los que fueron invitados a la reunión, que participen)
5.6	Liderazgo (El líder que sea escuchado, que escuche, que logre ambiente de respeto. Facilitador de la reunión)

Tabla 5: Checklist observacional, Sección 5: Cultura Lean

2) **Encuesta a asistentes a la reunión de Planificación:** Encuesta (SI, NO), que busca obtener información acerca de los conocimientos previos Lean de los participantes, aspectos culturales, estandarización, planificación, comunicación y transparencia, y mejora continua (Tabla 6).

<b><u>Previo Lean</u></b>
Reconozco los conceptos que hay detrás de la filosofía Lean (Valor, Flujo, Desperdicios, otro?)
Reconozco herramientas que apoyan la filosofía Lean
Reconozco las ventajas de una organización Lean
Reconozco una visión Lean en la organización
<b><u>Cultura</u></b>
Altos mandos están comprometidos con las tareas que se realizan en terreno
Se desarrolla un ambiente grato de colaboración
Sientes confianza para dar tus opiniones en las reuniones
La persona que lleva la reunión tiene habilidades de liderazgo
La persona a cargo de la reunión se preocupa de cuidar al equipo y sacar lo mejor de cada uno
<b><u>Estandarización</u></b>
Existen documentos (estándares o manuales) para entender mejor las metodologías
Existe la posibilidad de aportar y mejorar los manuales de procedimientos existentes
<b><u>Planificación</u></b>
Me siento parte de la reunión de planificación
Lo que apporto se toma en cuenta en la reunión de planificación
Considero que es importante la reunión de planificación
Existe una reunión de planificación colaborativa
<b><u>"Transparencia"</u></b>
Conozco mi rol en la organización
Conozco el estado actual de los procesos en el que estoy involucrado
¿Conozco objetivos y estrategia del proyecto?
<b><u>Mejora continua</u></b>
Recibo retroalimentación positiva o negativa en las tareas que realizo
Existe una búsqueda constante de mejores formas de trabajar en el equipo
Me incentivan a proponer mejoras para el proyecto.

Tabla 6: Encuesta asistentes a la reunión de Planificación

### 3.5.4. Encuesta Organizacional

Encuesta masivas online a todas las empresas participantes en la investigación, incorporando a un mayor número de trabajadores, entre ellos Gerencia, cargos directivos, administrativos, Capataces, para obtener una visión más general de la implementación Lean (Tabla 7). Se utiliza una escala Likert con 53 afirmaciones, especificando el nivel de acuerdo o desacuerdo de una afirmación (5: Muy de acuerdo, 1: En completo desacuerdo).

Se abordaron los siguientes temas: trabajo en equipo, desarrollo de capacidades, prácticas de gestión, mejora continua, 5S's, comunicación, entendimiento Lean, cultura, estandarización, valor, planificación y tecnología.

Dimensiones	N°	ÍTEMS
Trabajo en equipo (1)	1	Las personas trabajan en equipo.
	2	Creo que formo parte de un equipo de trabajo muy bueno.
	3	Mi (s) jefe (s) nos incentiva siempre a trabajar unidos como un equipo de trabajo.
	4	Conozco las capacidades y habilidades de mis compañeros.
	5	Creo que todos entendemos que nuestro trabajo afecte al de otros.
	6	Cuando quiero comentar acerca de una idea nueva, siempre soy escuchado.
	7	Las tareas o compromisos se completan gracias al trabajo en equipo.
Desarrollo de capacidades (2)	8	La empresa se preocupa de capacitar constantemente a sus trabajadores.
	9	A mi se me ha capacitado en Lean.
	10	Cuando llegan personas nuevas se les hacen inducciones de Lean o Last Planner.
Prácticas de gestión (3)	11	La empresa tiene claridad cuales son nuestras fortalezas y debilidades y nos apoyan capacitandonos.
	12	Es fácil coordinar proyectos/tareas entre las diferentes partes de la organización.
	13	Las metas están alineadas en todos los niveles de la empresa.
	14	Existe una misión clara por parte de la empresa que le da significado y dirección a nuestro trabajo.
	15	En la misión de la empresa uno se da cuenta que hay aspectos Lean.
	16	Aquí hay apoyo y compromiso por parte de Gerencia y/o oficina central en Lean.
	17	Encuentro que la empresa tiene ganas de seguir creciendo con los conceptos Lean.
Mejora Continua (4)	18	Aquí existe un proceso formal para la captación de sugerencias y oportunidades de mejora.
	19	Generalmente hay resistencia a las iniciativas que surgen para realizar cambios.
	20	Aquí se nos permite mejorar los procesos o formas de trabajar.
5'S (5)	21	El proyecto o donde yo trabajo está generalmente limpio de materiales innecesarios/papeles y de basura.
	22	Aquí en la empresa promueven las 5S.
	23	Aquí es importante la organización, el orden y la limpieza.
Comunicación (6)	24	Cuando hay algo importante que la empresa deba comunicar, siempre estoy enterado.
	25	Utilizamos canales formales de comunicación entre nosotros/ en la empresa.
Lean (7)	26	Reconozco los conceptos que hay detrás de la filosofía Lean.
	27	Reconozco las herramientas de mi empresa que apoyan a la filosofía Lean.
	28	Reconozco las ventajas de una organización Lean.
Cultura (8)	29	En mi empresa se detecta la causa raíz de los defectos, se analizan y se proponen siempre mejoras.
	30	Yo creo que las personas estan motivadas en utilizar estas herramientas Lean.
	31	Aquí hay un ambiente grato.
	32	Hay un clima de respeto y confianza en donde yo trabajo.
	33	La empresa siempre esta promoviendo que usemos Last Planner.
Estandarización (9)	34	Mi jefe se preocupa de cuidar al equipo y saca lo mejor de cada uno.
	35	Tengo acceso a documentos para entender mejor las metodologías Lean.
	36	La mayoría de los procedimientos internos se encuentran estandarizados.
Valor (10)	37	La empresa mide los resultados de utilizar algunas de las herramientas Lean.
	38	Creo que todos tenemos claridad cual es el valor para el cliente externo en relación al proyecto.
	39	Hemos identificado cuales son las actividades que agregan valor en nuestro trabajo.
	40	Utilizamos un VSM( mapa de procesos) para identificar los procesos.
	41	Se diferenciar entre un cliente interno y uno externo.
Planificación (11)	42	Identificamos los desperdicios e ineficiencias de nuestro trabajo.
	43	Aquí se detecta la causa raíz de las CNC, se analizan y se proponen mejoras.
	44	En reunión, las personas llegan preparadas con sus restricciones.
	45	Derrepente nos auditan las reuniones, para ver si son efectivas.
Tecnología (12)	46	Aquí se analiza tanto el plan semanal como el de mediano plazo.
	47	Los resultados siempre son mostrados en reunion, con indicadores y se explica.
	48	Existen tecnologías importantes en la empresa.
	49	Se nota que la empresa tiene motivación para adquirir nuevas tecnologías para la empresa.
	50	Actualmente las tecnologías que utilizamos son efectivas.
	51	Cuando llega tecnología nueva se nos enseña como utilizarlo.
	52	Cómo evalúa la comunicación desde Gerencia hacia los trabajadores (siento el 7 la nota más alta)
	53	Cómo evalúa la comunicación desde los trabajadores hacia Gerencia (siento el 7 la nota más alta)

Tabla 7: Encuesta Organizacional

## 4. CAPÍTULO 4: DIAGNÓSTICO

En el presente capítulo, se desarrolla el diagnóstico de la situación Lean de las empresas participantes del estudio. Utilizando las herramientas anteriormente descritas, se muestran los resultados de los diferentes aspectos evaluados.

### 4.1. Cultura

En el gráfico de la Figura 31, se presentan las observaciones realizadas en las visitas a terreno por los investigadores, relacionadas con Cultura. El Liderazgo y el Respeto presentan los índices más altos de la observación. Por otro lado, los más bajos medidos corresponden a Compromiso y Motivación.

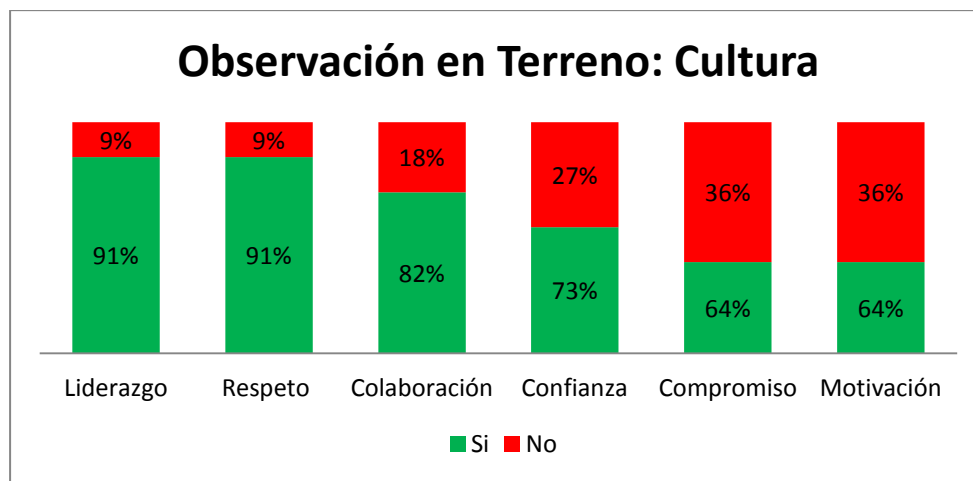


Figura 31: Visitas a Terreno, Checklist Observación Cultura

En el gráfico de la Figura 32 se presentan las estadísticas de los aspectos culturales preguntados en la Encuesta a los asistentes a la reunión de Planificación. En general, las percepciones de los trabajadores están por sobre un 90% respecto al compromiso de altos mandos, confianza, colaboración y liderazgo.



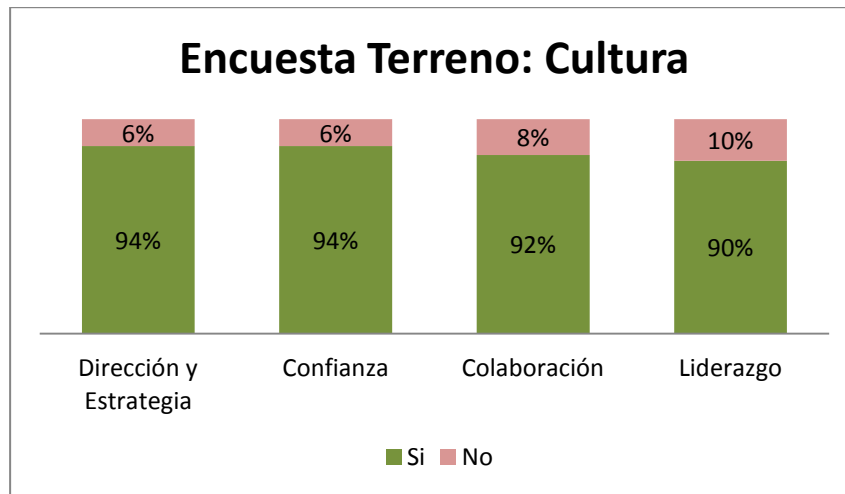


Figura 32: Visitas a Terreno, Encuesta Cultura

En el gráfico de la Figura 33 y en la Tabla 8 se muestra los resultados Generales de la Encuesta Organizacional. Dentro de los aspectos mejores evaluados, se encuentra Trabajo en Equipo, y Aspectos Culturales.



Figura 33: Resultados Generales Encuesta Organizacional

General	
Trabajo en Equipo	3,9
Desarrollo de Capacidades	2,7
Prácticas de Gestión	3,3



Mejora Continua	3,4
5S	3,6
Comunicación	3,3
Lean	3,0
Cultura	3,5
Estandarización	3,1
Valor	3,4
Planificación	3,1
Tecnología	3,4

Tabla 8: Resultados Generales Encuesta Organizacional

#### 4.1.1. Respeto, Confianza

De lo observado en visitas a terreno, en un 91% de las reuniones hay ambiente de respeto, escuchándose la opinión de todos los participantes, y logrando un clima propicio para la conversación. En un 73% existe confianza para opinar y discutir sobre restricciones y problemas asociados, para lograr compromisos reales y confiables, como lo muestra el gráfico de la Figura 31.

Las encuestas en terreno concuerdan con las observaciones realizadas. Un 94% de los participantes dice sentir confianza para dar su opinión en las reuniones (Figura 32).

De las encuestas organizacionales, en términos generales (Figura 33) las dimensiones más altas medidas corresponden a Trabajo en equipo y Cultura: Englobando Colaboración, Respeto, Confianza, Liderazgo, y corroborando las buenas observaciones obtenidas en terreno. Destacando que en promedio, los encuestados dicen estar de acuerdo en que existe un ambiente grato, y que hay un clima de respeto y confianza en donde yo trabajo.

#### 4.1.2. Colaboración

En las visitas a terreno, particularmente en las reuniones de Planificación, se observa participación de diferentes actores de los proyectos (Figura 34). Respectos a los mandos medios de la empresa Constructora a cargo del proyecto, participan en un 91% Administradores de Obra, 73% Profesionales de Terreno/Oficina Técnica. En cuanto a Jefes de Obra y Capataces/Supervisores, participan en un 82%. Prevencionista de Riesgo y Encargados de Bodega en 64%, Calidad 18%, Recursos Humanos solo un 9%. Además, se incorporan a las reuniones en un 27% Maestros mayores.

Por otro lado, se observa un 45% de participación en las reuniones, de Directivos de Oficina Central. En algunos casos encargados de Planificación, Departamento de Innovación, Gerencias.

Con respecto a actores externos, participan en un 82% Subcontratos. Solo en un 9% se observa la presencia de Mandantes, y en ningún proyecto participa Equipo de Diseño ni Proveedores.

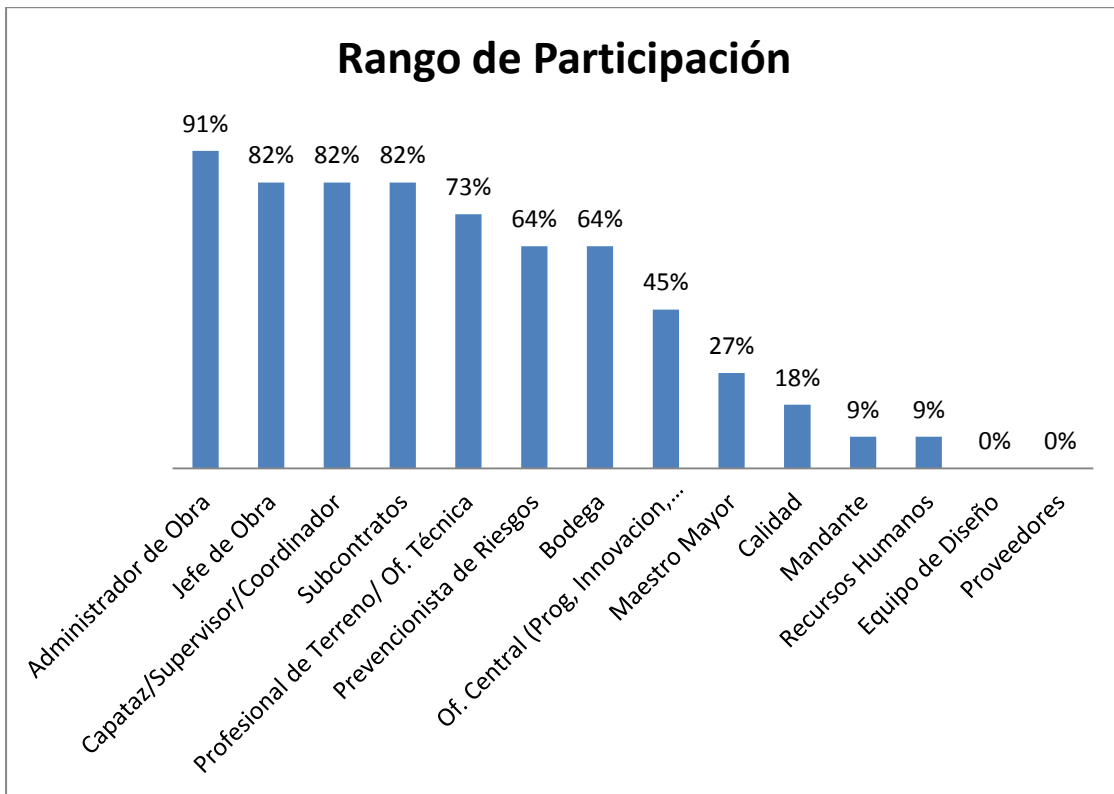


Figura 34: Visitas a Terreno: Rango de Participación reunión de Planificación

De las entrevistas gerenciales, se concluye que una de las dificultades en la implementación, es la coordinación con muchos subcontratistas (Figura 35).

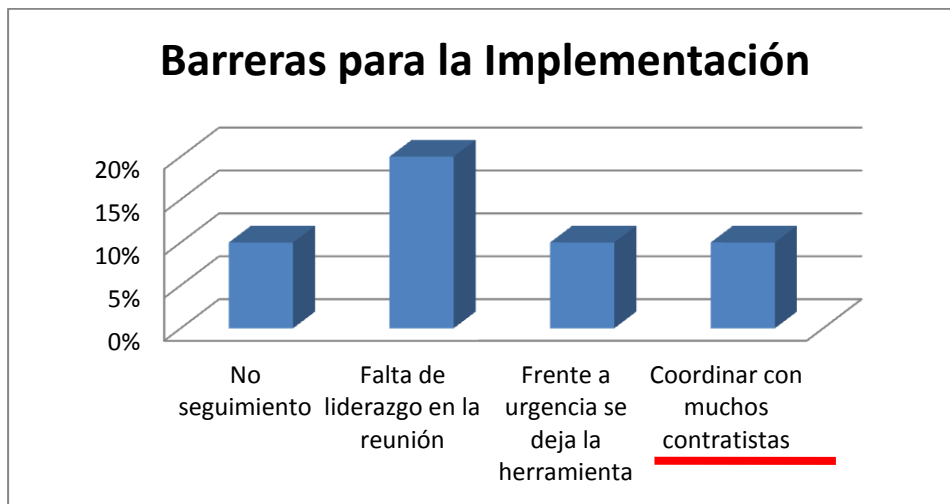


Figura 35 Entrevista Gerencial, Dificultades en la implementación

A pesar de esto, lo observado en reuniones de planificación por parte de los investigadores, es que en un 82% de los proyectos existe un ambiente colaboración entre los distintos actores y participantes del proyecto (Figura 31).

Según la opinión de los asistentes a la reunión de Planificación, en un 88% creen que existe una reunión de Planificación Colaborativa, un 96% se considera parte de la reunión (Integración), como lo muestra el gráfico de la Figura 36.

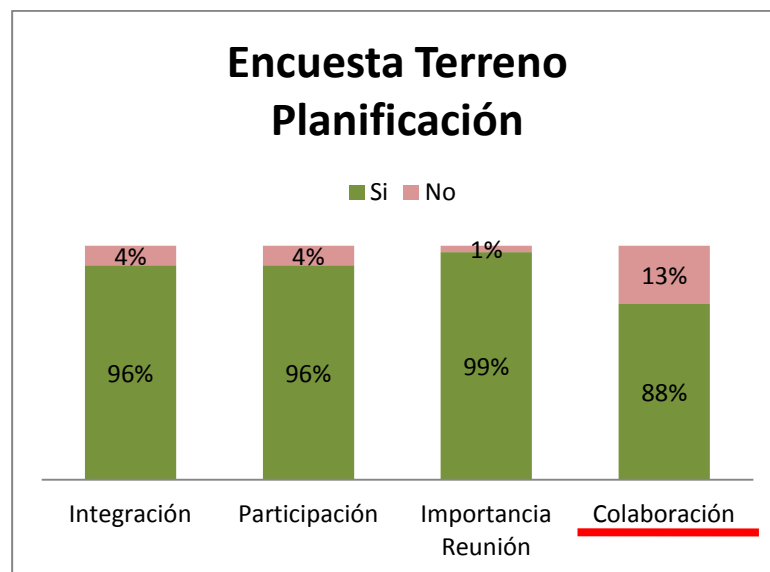


Figura 36 Visitas a Terreno, Encuesta Planificación

De las encuestas organizacionales, la dimensión trabajo en equipo es la mejor evaluada (Figura 33). En general, los encuestados dicen estar de acuerdo con que las personas trabaja en equipo, y que las tareas o compromisos se completan gracias al trabajo en equipo.

#### 4.1.3. Empoderamiento, Motivación

De las entrevistas Gerenciales, un 20% de los entrevistados encuentra que la pérdida de motivación es una de las principales resistencias al cambio (Figura 37).

Para disminuir estas resistencias, y aumentar la motivación, hay acuerdo en la estrategia a utilizar por parte de los entrevistados. Un 30% cree que empoderar a los equipos es una buena forma de enfrentar las resistencias en la implementación (Figura 38). Darle la oportunidad y las herramientas a los trabajadores para liderar y desarrollarse.

En contraste con esto, de las mismas entrevistas Gerenciales se desprende que la participación en implementación Lean es muy baja por parte de los trabajadores en general. En un 50% la participación en la Implementación Lean es por parte de Gerencia y por altos mandos en terreno, como Administrador de Obra. Sólo en un 10% de las empresas se declara que hay una participación del personal de obra en general (Figura 39).

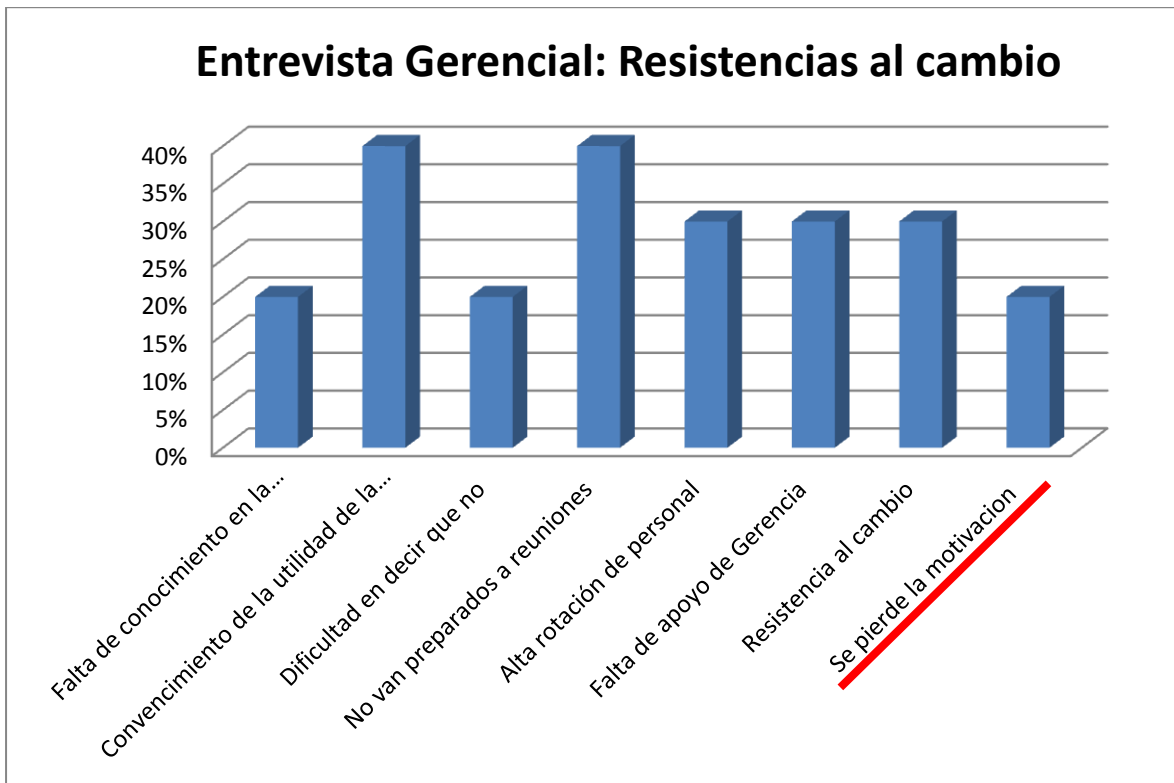


Figura 37: Entrevista Gerencial: Barreras en la implementación

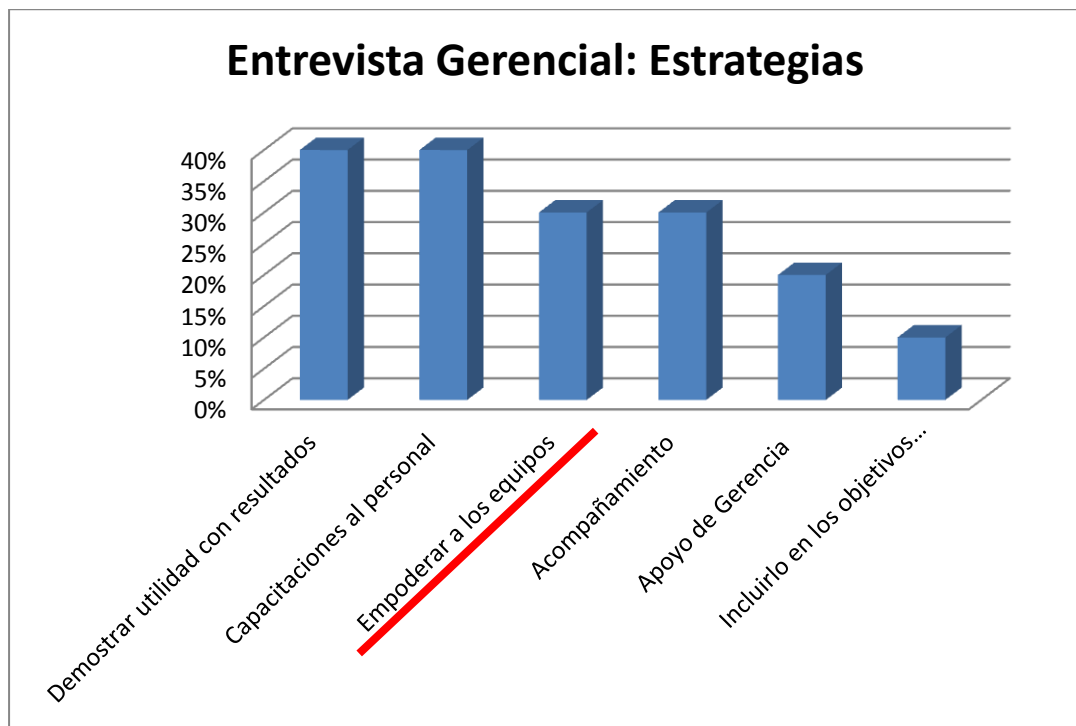


Figura 38 Entrevistas Gerenciales: Estrategias para enfrentar resistencias al cambio.

De igual forma, en la estandarización de procesos no participan los trabajadores (Figura 40).

## Entrevista Gerencial: Participación en la Implementación



Figura 39 Entrevistas Gerenciales: Participación en la Implementación

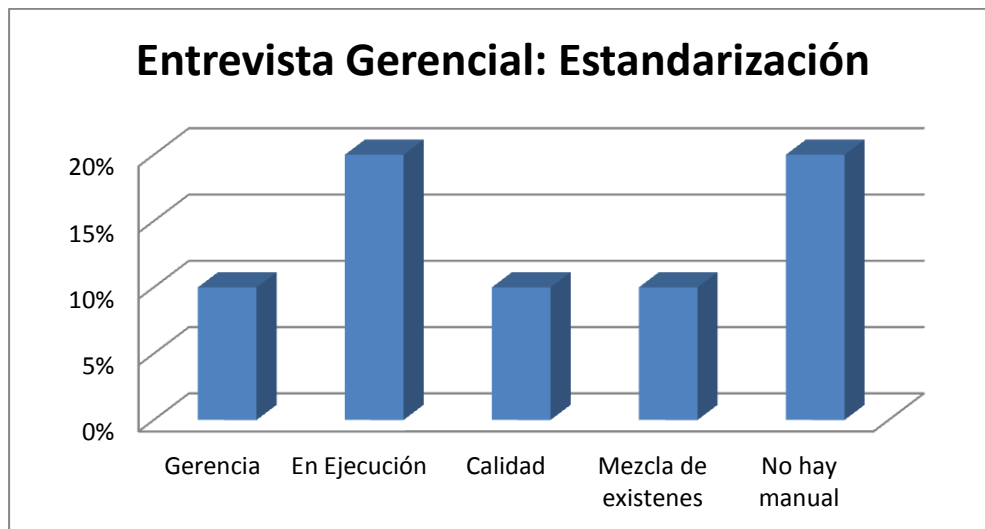


Figura 40 Entrevistas Gerenciales: Participación en estandarización.

De las visitas a terreno, se observa que un 64% de los proyectos visitados presenta motivación en la implementación y participación por parte de los trabajadores (Figura 31) siendo uno de los puntos más bajos observados. Poca puntualidad, incertidumbre a la hora de participar, decidiéndolo en el momento, salidas y entradas constantes de la reunión, son las debilidades observadas. Por el contrario, en algunos proyectos la reunión correspondía a un hito semanal, y no se dudaba la participación.

Con respecto a la capacidad de involucrar a los diferentes actores del proyecto, y empoderar a mandos medios, particularmente en la planificación, se observan buenos avances con respecto a las planificaciones tradicionales, como lo muestra el gráfico de la Figura 34. Una importante participación de Subcontratos (80%), participación de Capataces/Supervisores (80%), y se integran en algunos proyectos Maestros mayores (27%). Los puntos bajos, son la nula integración de actores como Mandantes, Diseño, Proveedores, Calidad, Recursos Humanos. Y una esperable mayor participación de Bodega.

Finalmente, de las encuestas realizadas en terreno se afirma que los participantes se sienten parte de la planificación en un 96%, y creen que sus opiniones son tomadas en cuenta en un 96% (Figura 41).

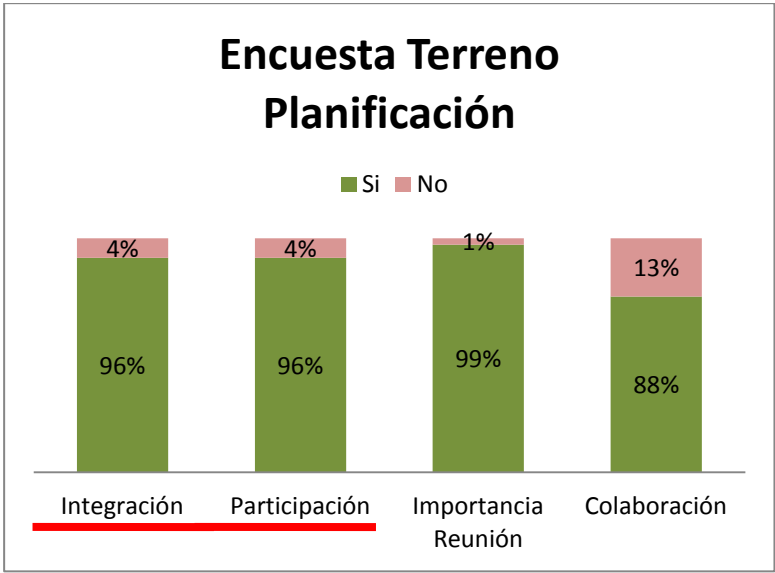


Figura 41 Visitas a Terreno: Encuesta Planificación

#### 4.1.4. Comunicación, Transparencia

De las entrevistas Gerenciales se concluye que un factor fundamental es el seguimiento de la implementación, tanto en el éxito como en el fracaso (Figura 42). Una adecuada ruta de navegación, con objetivos claros, buen control, retroalimentación, y medidas correctivas oportunas.

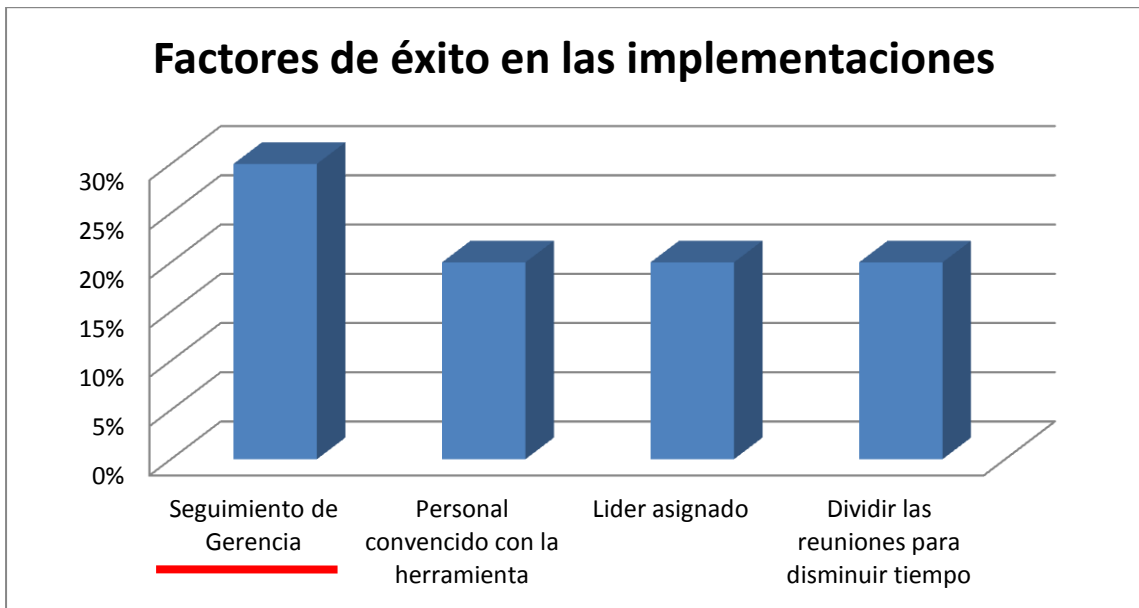


Figura 42 Entrevista Gerencial, factor de éxito en las implementaciones.

Para enfrentar las barreras y las resistencias en la implementación, un 40% de los entrevistados cree que una de las estrategia es demostrar la utilidad de las herramientas y enfoques con resultados claros (Figura 43).

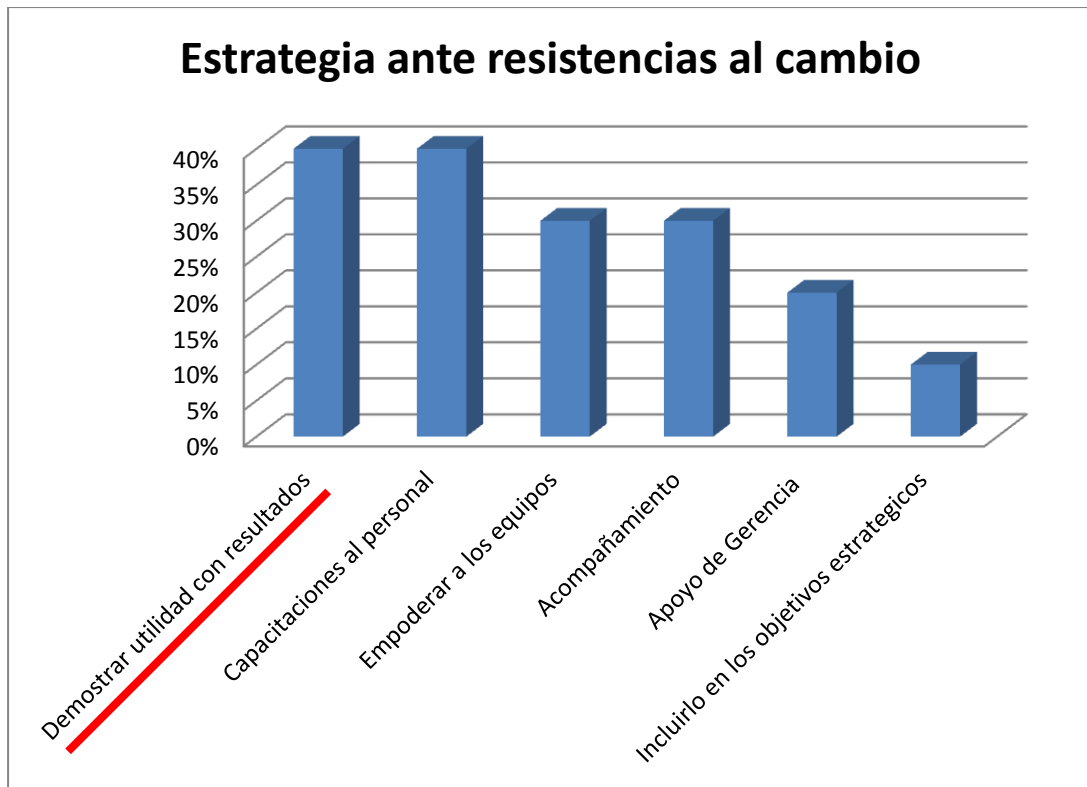


Figura 43 Entrevista Gerencial: Estrategias para enfrentar resistencias.

En cuanto a los canales de comunicación, de las entrevistas se concluye que con respecto a la estandarización, un 30% utiliza sistemas de intranet para transmitir los documentos, 20% utiliza las capacitaciones, y un 20% no tiene canales definidos para transmitir la información (Figura 44). Los canales más utilizados para emitir información desde Gerencia a Terreno, son 30% Cascada, Presencial y Email. 20% Utilizan sistemas Intranet, y solo en un 10% utilizan revistas, ficheros, talleres (Figura 45).

Se concluye también de las entrevistas Gerenciales, que en un 40% de las empresas, no existen medios formales para recibir información desde Terreno a Gerencia. En un 30% el canal es presencial o por email, y en un 10% canales como buzón, tableros, teléfono (Figura 46).

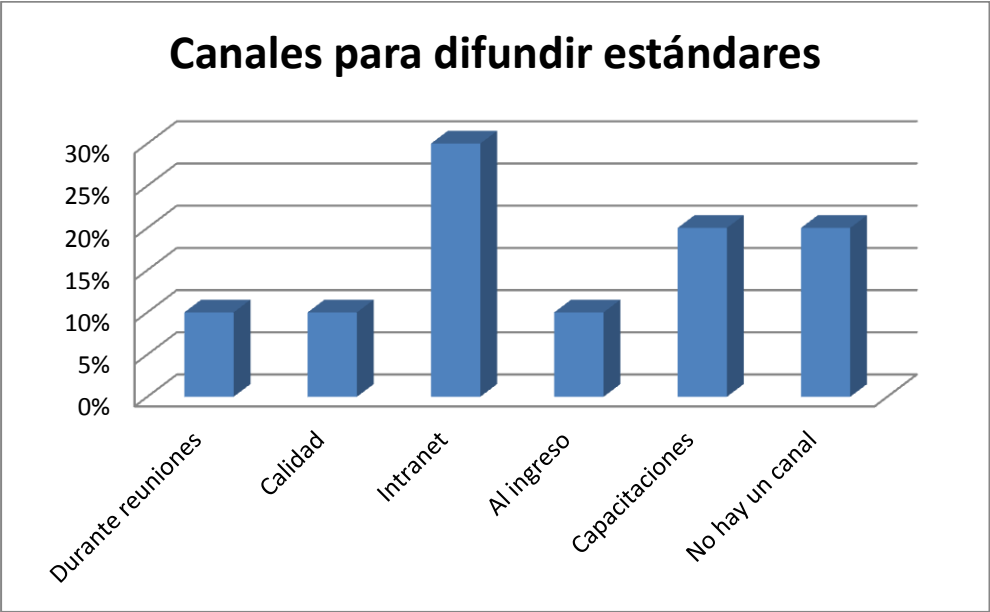


Figura 44 Entrevista Gerencial: Canales utilizados para transmitir estandarización de procesos.



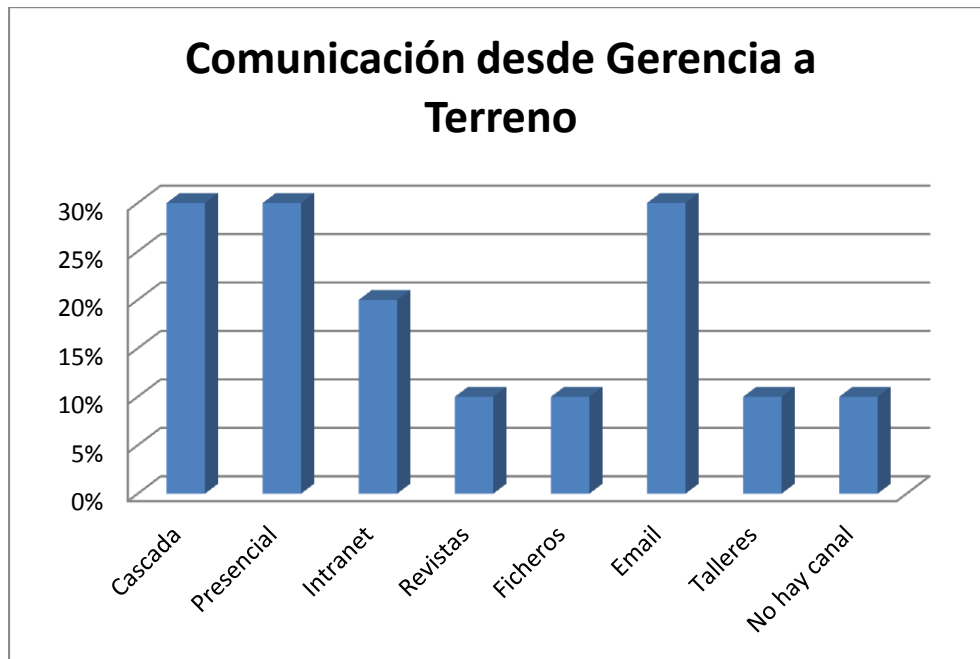


Figura 45 Entrevista Gerencial: Canales para transmitir información desde Gerencia.

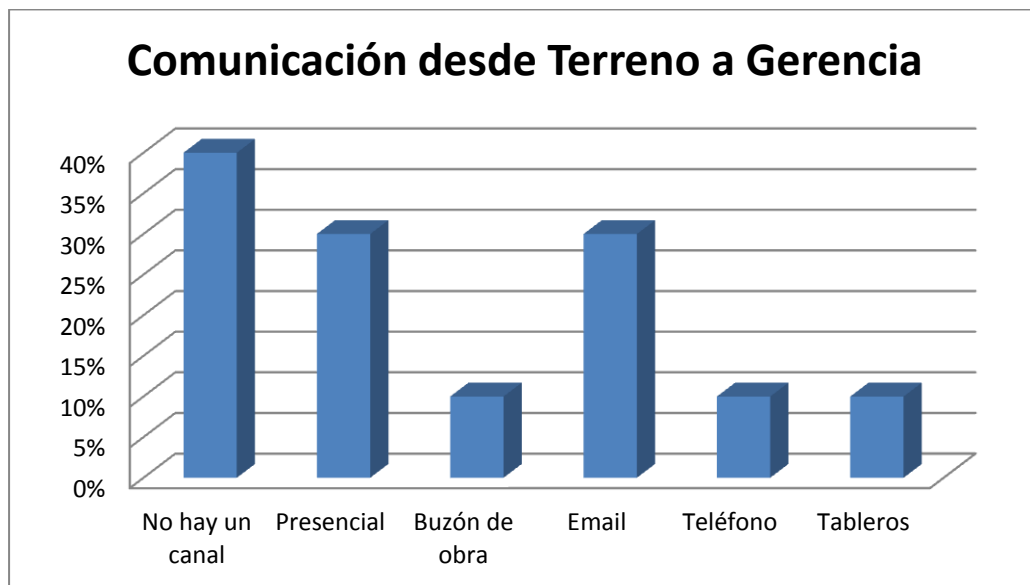


Figura 46 Entrevista Gerencial: Canales de comunicación de Terreno hacia Gerencia.

De las mismas entrevista, se evalúa con nota de 1 a 7 la comunicación existente desde Gerencia a Terreno (Figura 47), y desde Terreno a Gerencia (Figura 48). 7 de 10 empresas asignan una nota mayor a 4 a la comunicación de Gerencia a Terreno, mientras que 5 de 10 empresas asignan una nota menor a 4 a la comunicación de Terreno a Gerencia.

De encuesta organizacional, en una escala de 1 a 7, se evalúa con nota 4,6 la comunicación desde Gerencia hacia los trabajadores, y con nota 4,5 la comunicación desde los trabajadores a Gerencia, no observándose diferencias.

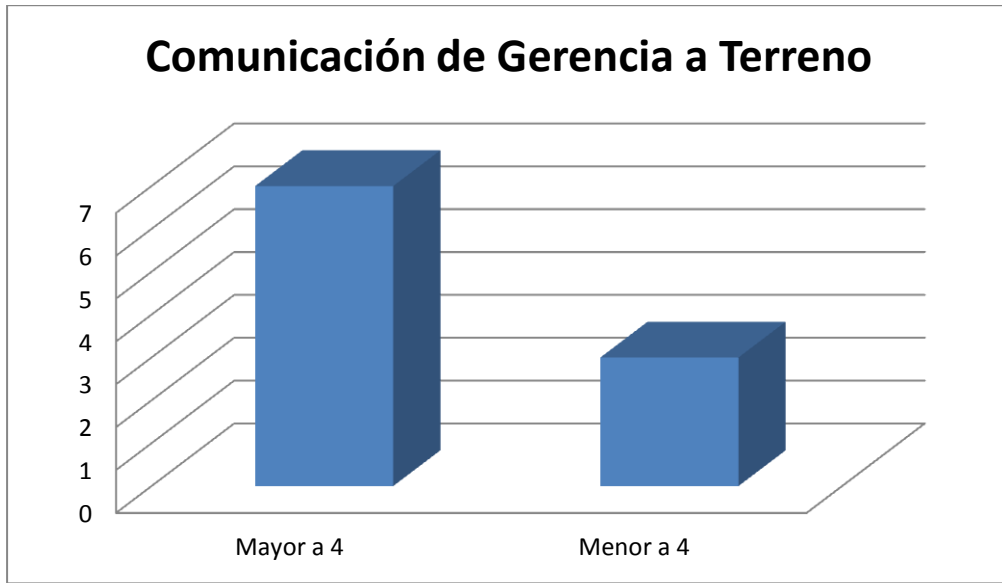


Figura 47 Entrevista Gerencial, Nota Comunicación de Gerencia a Terreno

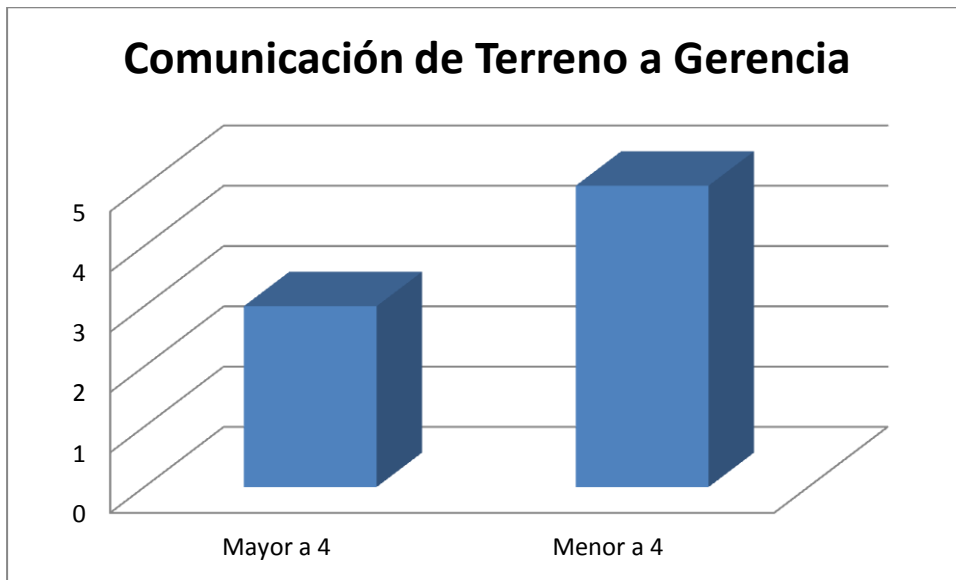


Figura 48 Entrevista Gerencial: Nota Comunicación de Terreno a Gerencia

En visitas a terreno, se evalúa la comunicación de los estados del proyecto, mediante utilización y difusión de indicadores de avance, rendimientos, confiabilidad, tales como el PPC, PCR, Curvas de avance, etc. Sólo un 30% de los proyectos publican sus resultados (Figura 49).

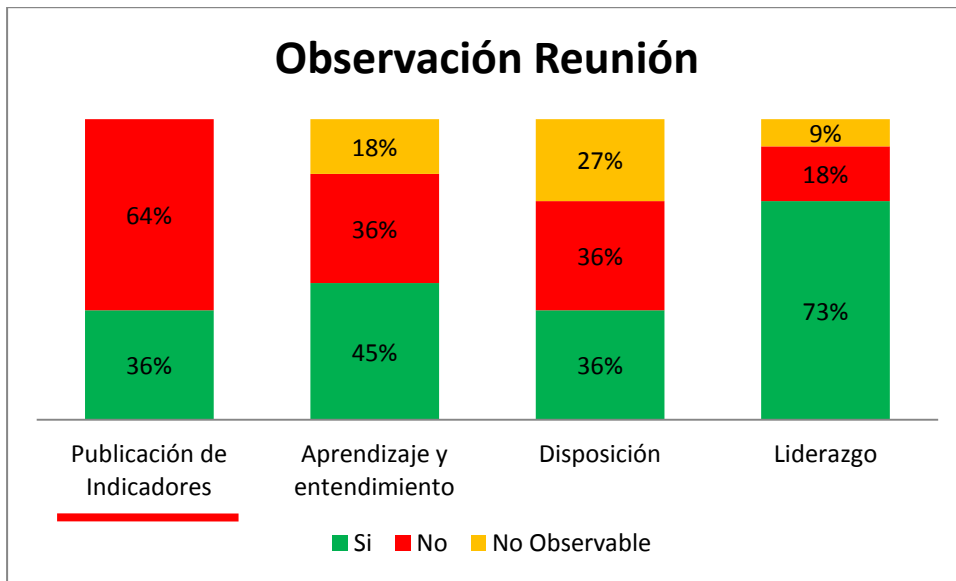


Figura 49 Visitas a Terreno, Checklist observación Reunión

De las encuestas realizadas en terreno, enfocada en transparencia de la organización y los proyectos, un 98% declara conocer su rol en la organización, 97% conoce el estado actual de los procesos en los que está involucrado, y el 87% de los encuestados conoce objetivos y estrategias del proyecto (Figura 50).

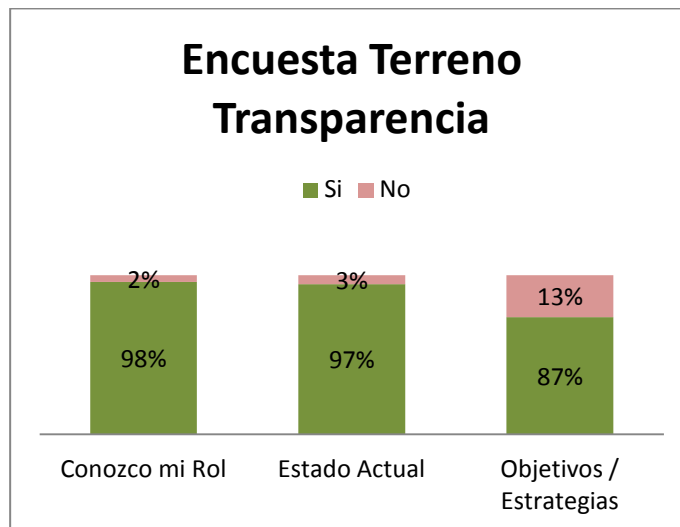


Figura 50 Visitas a Terreno, Encuesta Transparencia.

#### 4.1.5. Liderazgo

De las entrevistas Gerenciales, se concluye que el Liderazgo para los entrevistados, es un factor clave en el éxito y fracaso de las implementaciones. 20% cree que un liderazgo asignado, un implementador, es factor de implementaciones exitosas. También un 20% cree que la falta de Liderazgo, particularmente en las reuniones de planificación, es motivo de fracasos (Figura 42).

Además, un 80% de los entrevistados, cree que el Liderazgo es una competencia central que deben tener los trabajadores, para impulsar los cambios de una implementación Lean (Figura 51).



Figura 51 Entrevista Gerencial: Perfiles de trabajadores para impulsar los cambios.

De lo observado en las visitas a Terreno, 73% de los proyectos visitados se observa un empoderamiento y credibilidad de los líderes, facilitadores del sistema, en relación a la reunión y al sistema de Planificación (Figura 49).

De los participantes a la reunión de Planificación, un 90% cree que la persona que lleva la reunión tiene habilidades de Liderazgo, y que se preocupa de cuidar al equipo y sacar lo mejor de cada uno (Figura 32).

#### 4.1.6. Dirección y Estrategia

Gerencia expresa que los motivos para implementar Lean en su organización son en un 60% para tener una Planificación, 50% dice que para ser más eficientes, y en un 20% con objetivo de reducir pérdidas, mejorar la calidad, y por innovación (Figura 52).

## Entrevista Gerencial: Motivos para implementar Lean

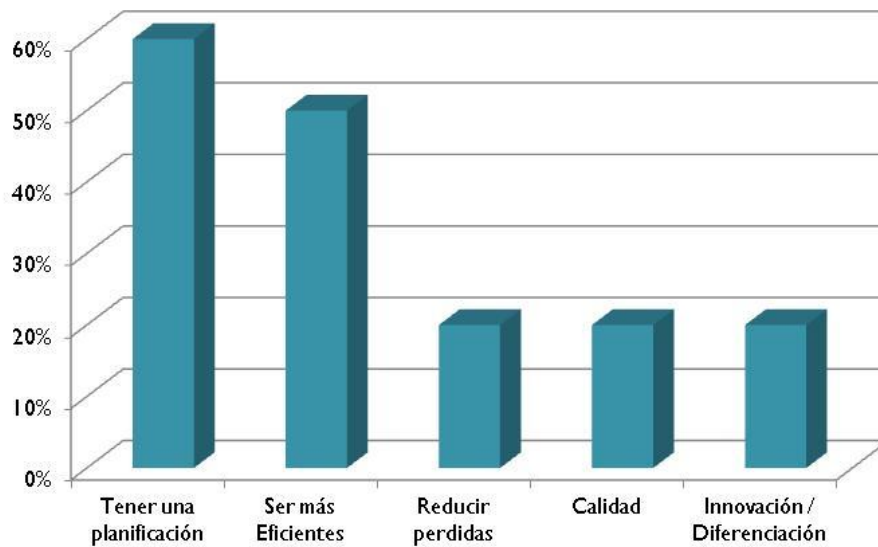


Figura 52: Entrevista Gerencial, motivos para implementar Lean.

Con respecto a la visión Lean en el proceso de selección, un 80% de las empresas no ha agregado ningún tipo de nuevas competencias para facilitar las implementaciones Lean (Figura 53). Sin embargo, declaran que dentro de las competencias deseables en sus trabajadores, se encuentran en un 80% Liderazgo, 50% Flexibilidad, entre otras (Figura 54).

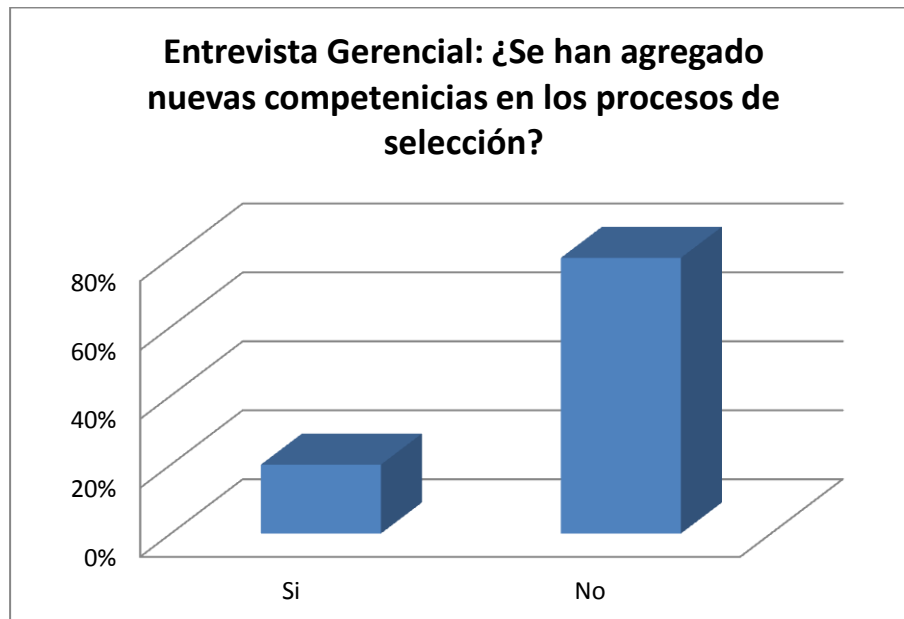


Figura 53 Entrevista Gerencial, nuevas competencias en el proceso de selección



Figura 54 Entrevista Gerencial, competencias deseables en trabajadores

Un 50% de los entrevistados declara que se han realizado inducciones y capacitaciones Lean internamente como empresa, mientras que el otro 50% dice no haberlas realizado (Figura 55).

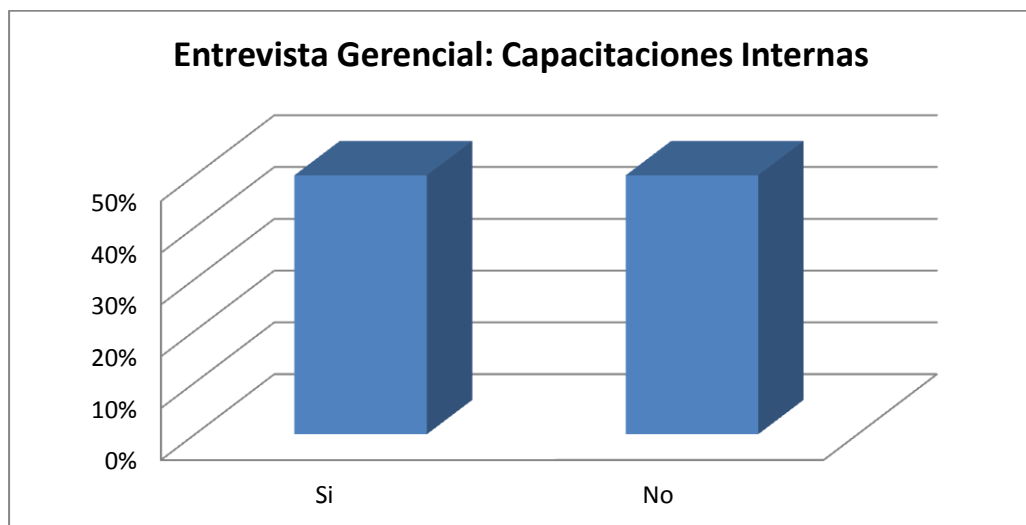


Figura 55 Entrevista Gerencial, capacitaciones internas Lean

Finalmente, un 90% de las empresas cree que los métodos Lean son centrales para el crecimiento de la empresa, y no entendidos como complementarios para proyectos específicos. Sólo un 10% lo está evaluando (Figura 56).

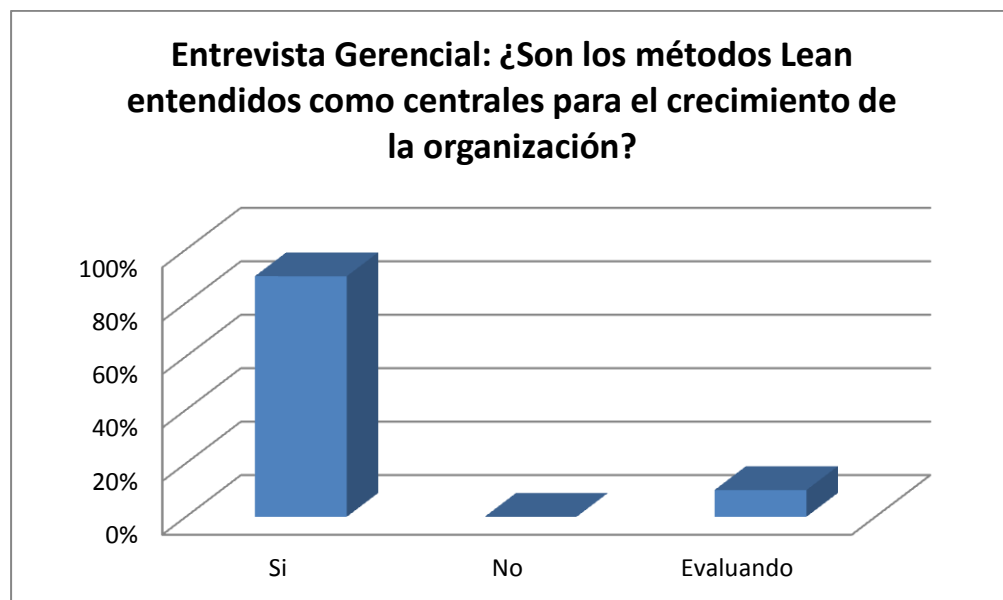


Figura 56 Entrevista Gerencial, Lean y estrategia

De la Encuesta Organizacional, la dimensión más baja evaluada corresponde al desarrollo de capacidades (Figura 33). Los encuestados en general dicen estar en desacuerdo en cuanto a la realización de capacitaciones Lean, y declaran ser neutrales en cuanto a que la empresa se preocupa de capacitar constantemente a sus trabajadores.

#### 4.2. Herramientas (Tecnología)

De las entrevistas Gerenciales, se concluye que el 100% de las empresas consultadas dicen utilizar Last Planner System como método de Planificación, 20% utiliza 5 Porque's, 5S's, Mejora Continua. Sólo un 10% declara usar BIM-4D y Panoram (Figura 57).

En cuanto a las herramientas o fases utilizadas en la Planificación, Gerencia dice que se implementa el PPC y el plan Semanal en un 60% y 40% respectivamente. Muy por debajo, sólo un 10% utiliza Planificación Intermedia (Figura 58).

Al ser consultados por la utilización de herramientas o enfoques Lean en sus actividades de Gerencia, reuniones u otras, 60% no utiliza (Figura 59), y solo el 10% dice utilizar LPS, Acta de responsables, 5PQ's (Figura 60).

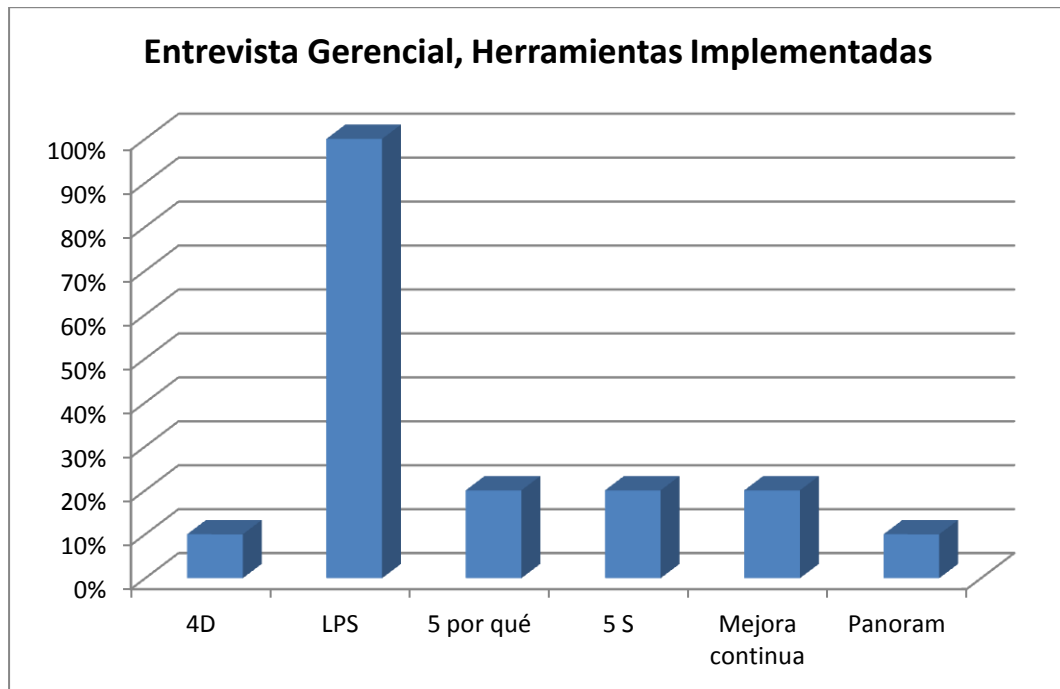


Figura 57 Entrevista Gerencial, Herramientas implementadas

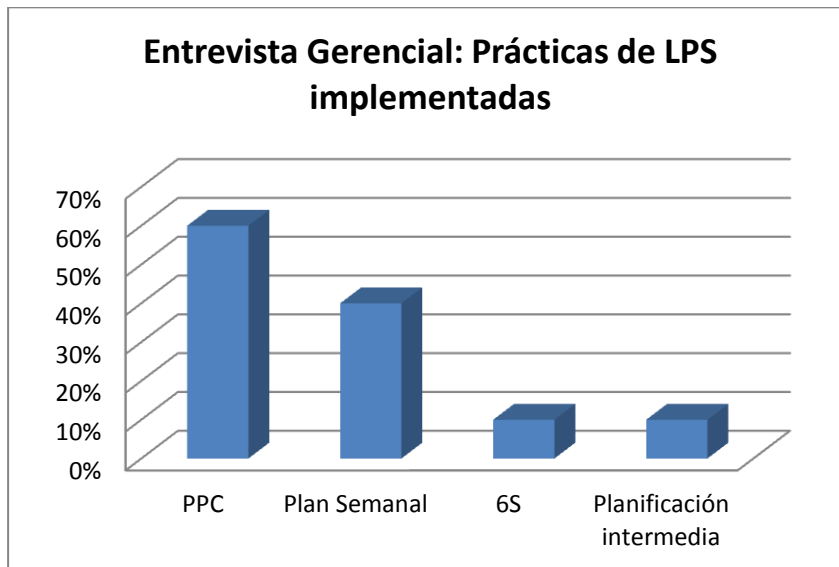


Figura 58 Entrevista Gerencial: Herramientas y Fases implementadas en la Planificación



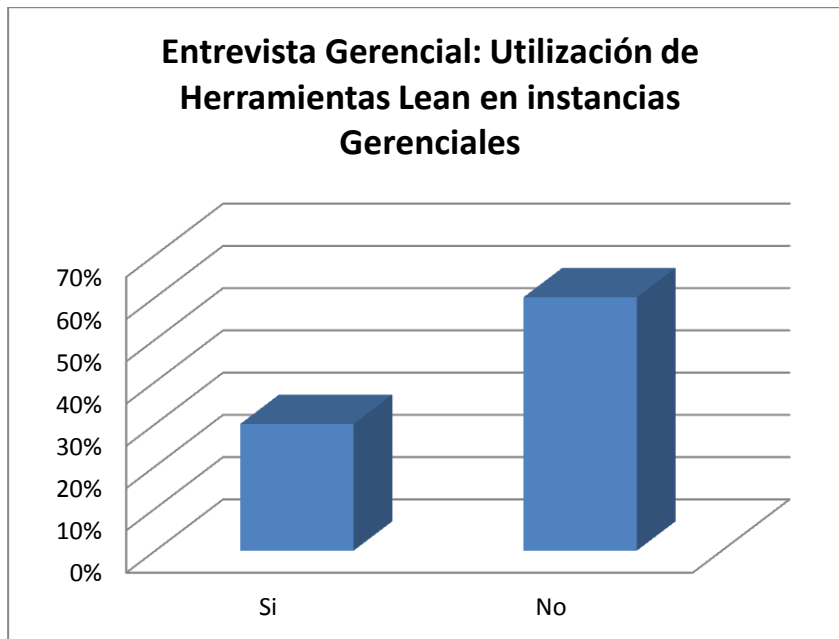


Figura 59 Utilización de Herramientas Lean en instancias Gerenciales

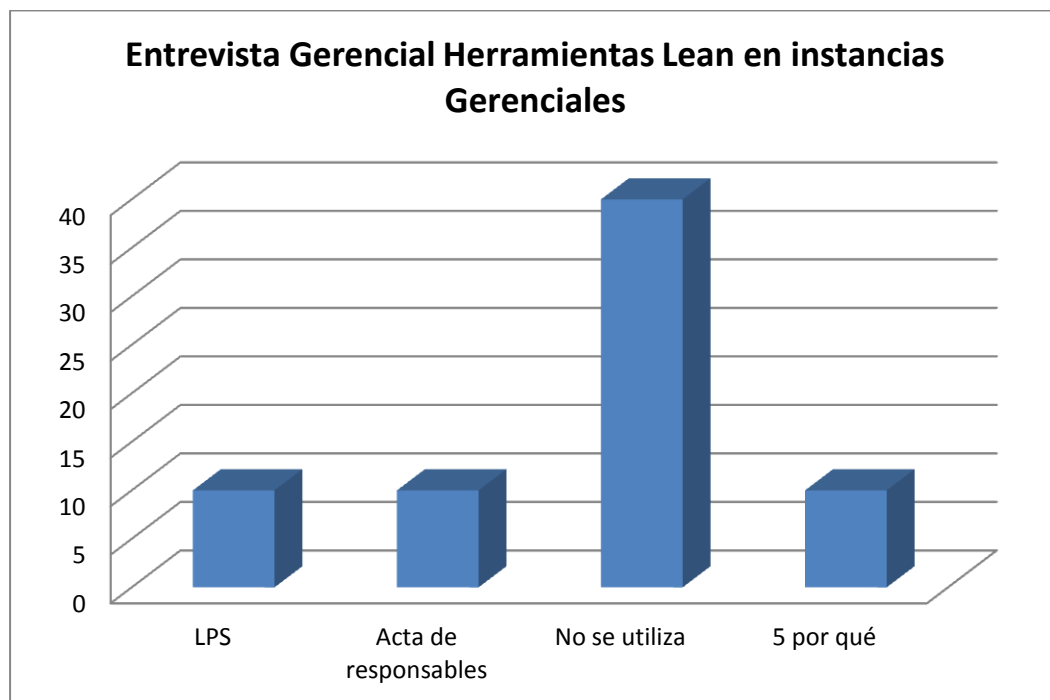


Figura 60 Entrevista Gerencial: Utilización de Herramientas Lean en instancias Gerenciales

En el gráfico de la Figura 61, se presentan las herramientas y enfoques Lean utilizados por las empresas, observados en las visitas a Terreno. Se observa que el 100% de los proyectos tiene algún nivel de implementación de LPS como metodología de Planificación. El 100% también tiene incorporado el enfoque Gemba en su sistema. Comprenden que los problema deben visualizarse en terreno, y que son importantes las inspecciones, pero no se asocia directamente con el concepto Gemba, ni se tienen

estandarizados procesos o prácticas para ir a terreno. En un 55% se observa una incorporación del enfoque Kaizen (Mejora Continua), mediante buzones de sugerencias, escuchar las opiniones de los trabajadores, etc. Solo en un 45% se observa gestión visual, mediante paneles, pantallas, gráficos para presentar avances, objetivos, rendimientos. En un 36% se distingue un foco Just in Time en la producción, según lo observado en bodega y distribución de materiales, y organización ordenada de la producción. 27% utiliza el enfoque 6S's, y en menos de 20% de las obras visitadas se observa el uso de herramientas como A3, BIM, VSM o Kitting. No se observan herramientas Kanban.

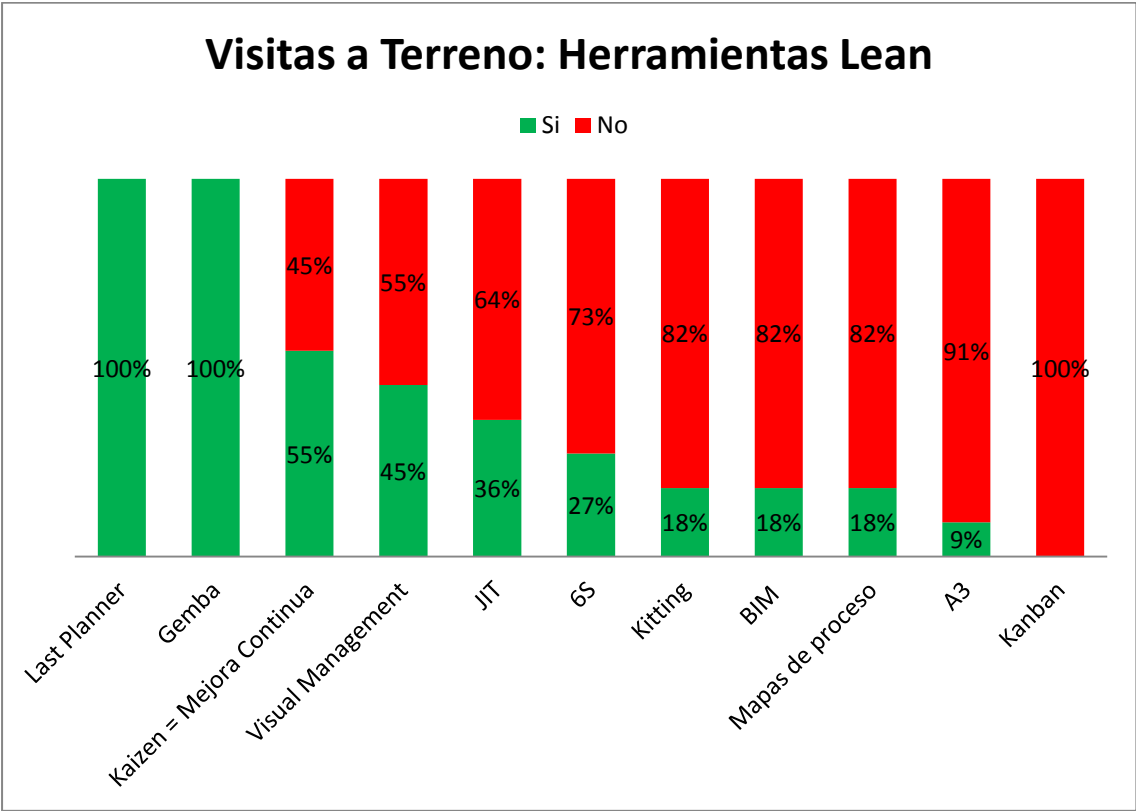


Figura 61 : Visitas a Terreno, Observación Herramientas Lean

4.3. Filosofía

4.3.1. Flujo Eficiente de Valor

De visitas a Terreno, en un 27% se observa una planificación de tipo Pull en las reuniones de Planificación (Figura 62), y en terreno, solo en un 35% se observa enfoque Just in Time en el manejo de recursos, materiales, planificación. Análisis o mapeo de procesos se realizan solo en un 18%, 5S's en un 27% y Kitting en 18% (Figura 61). Todas herramientas que potencian la detección de desperdicios y eficiencia de los procesos.

Además, en cuanto a la estandarización de procesos, solo se realiza en un 9% (Figura 62), lo que impide establecer de manera clara las mejores formas de realizar los procesos, implementar las herramientas, como en este caso la utilización de Last Planner.

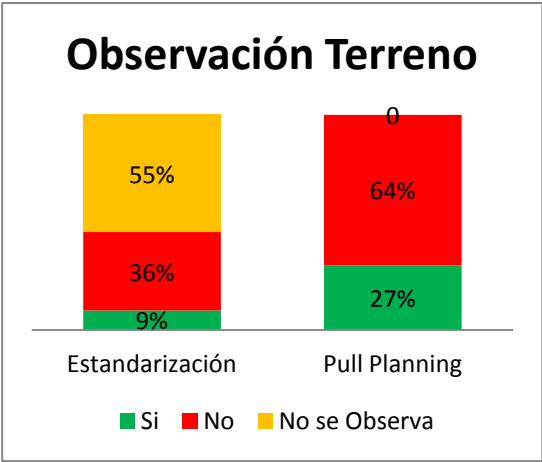


Figura 62 Visitas a Terreno, Estandarización y Planificación Pull

De lo observado en terreno, no hay análisis de actividades que agregan y no agregan valor, medición de desperdicios, mapas de procesos, ni se observa planificación Just intime, para disminuir exceso de inventarios, etc.

De la encuesta organizacional, se concluye que en general hay una opinión neutra con respecto a identificar las actividades que agregan y no agregan valor, y a la detección de desperdicios e ineficiencias en los procesos. Y se está en desacuerdo, en cuanto a la utilización de herramientas para mapear los procesos en busca de optimizaciones, como la herramienta VSM.

**4.3.2. Flujo Continuo, Estabilidad**

De las entrevistas Gerenciales, un 30% de los encuestados concuerda que una de las barreras en la implementación es la alta rotación de personal. Un mal manejo de esta condición produce poca estabilidad en los proyectos, por la alta vulnerabilidad ante el cambio de condiciones, sobre todo de Mano de Obra (Figura 63).

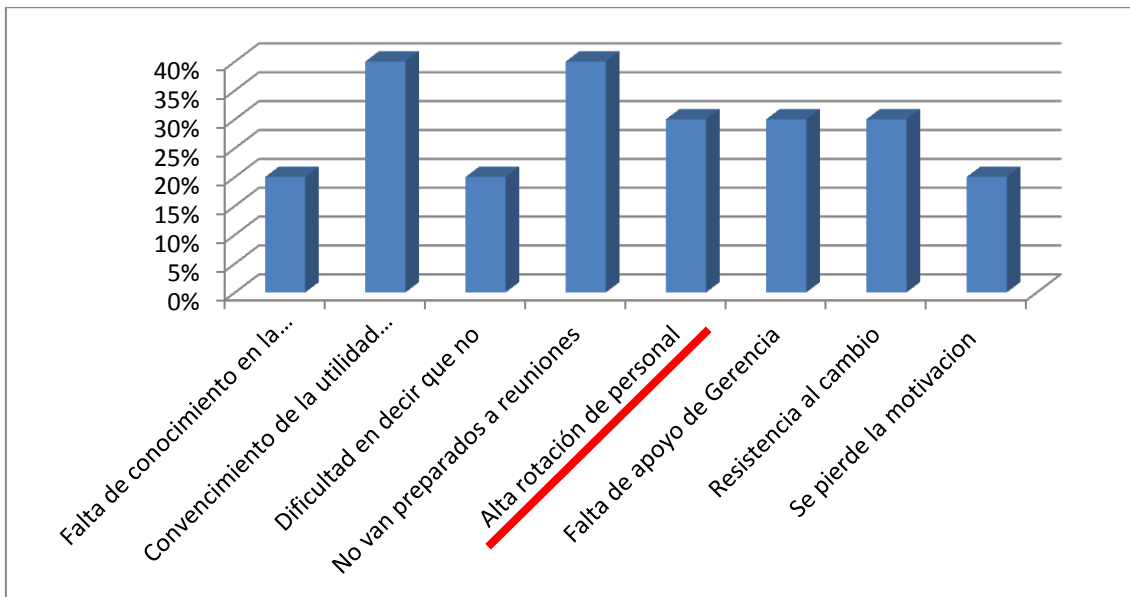


Figura 63: Entrevista Gerencial, Barreras en la implementación

De las encuestas en terreno, un 98% (Figura 41) encuentra que la planificación es fundamental en los proyectos. Last Planner, herramienta utilizada en todos los proyectos (Figura 61), permite establecer una planificación colaborativa y compromisos confiables, manejando de buena forma la incertidumbre.

Un buen grado de implementación (Capítulo 2.21, Evaluación de los impactos de la Implementación de Lean Construction.) permite manejar de buena forma la variabilidad típica de los proyectos de construcción, entregando estabilidad, permitiendo un flujo continuo.

En terreno se evaluó el nivel de implementación de LPS en cada proyecto, analizando aspectos fundamentales del sistema, estableciendo buenas prácticas esperadas en un buen nivel de implementación de LPS (Tabla 10): Las 3 fases de planificación: Maestra, Intermedia, Semanal, Existencia de reuniones semanales, control con PPC, PCR, CNC e implementación de soluciones y uso del ITE. Se extendió la observación de la existencia de Lookahead, analizando también la existencia del indicador PCR, para ver si el L.A. es implementado formalmente, como lo propone el estudio.

El análisis de resultados (Figura 64) muestra que en un 100% de los proyectos tienen un Plan Maestro y una Planificación Semanal, y un 91% Planificación Intermedia. El PPC se utiliza en un 82% de los casos. Sin embargo, para un correcto manejo de variabilidad, se debe gestionar adecuadamente la liberación de restricciones para que el Lookahead tenga éxito, a través del PCR, y utilizar el inventario de trabajo ejecutable para efectuar la Planificación Semanal. Esto se observa solo en un 27% y 36% respectivamente, quitando los potenciales beneficios de PTS y PI en cuanto al manejo de la incertidumbre. Se observa además, que el lookahead promedio es de 3,7 semanas.

NIVEL DE IMPLEMENTACIÓN LAST PLANNER															
Proyecto	PM		PI			PTS					Generales			Promedio Proyecto	
	Plan Maestro-Fases	Planificación Interactiva	Plan Intermedio-Lookahead	PCR	ITE	Plan Semanal	ppc	CNC	Solución CNC	Reunión Semanal	Estandarización de Procesos	Información Visual	Espacio de tiempo promedio L.A. (Semanas)		
Proyecto 1	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓		✓	6	75%	
Proyecto 2	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			3	75%	
Proyecto 3	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓			4	67%	
Proyecto 4	✓		✓			✓				✓			3	33%	
Proyecto 5	✓		✓			✓	✓	✓		✓	✓	✓	6	67%	
Proyecto 6	✓					✓				✓			1	25%	
Proyecto 7	✓	✓	✓			✓	✓	✓		✓		✓	4	67%	
Proyecto 8	✓		✓		✓	✓	✓			✓			4	50%	
Proyecto 9	✓		✓			✓	✓			✓			3	42%	
Proyecto 10	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	4	83%	
Proyecto 11	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓			3	67%	
Promedio Fases	78%		52%			79%					23%			3,7	60%

Tabla 9 Visitas a Terreno, Nivel de implementación de LPS

Fase	Práctica	Promedio
Plan Maestro	Plan Maestro-Fases	100%
	Planificación Interactiva	27%
Plan Intermedio	Plan Intermedio-Lookahead	91%
	Gestión de Restricciones (PCR)	27%
	Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)	36%
Plan Ssemanal	Plan Semanal	100%
	PPC / PAC	82%
	CNC	64%
	Solución CNC	36%
	Reunión Semanal	100%
General	Estandarización de Procesos	9%
	Información Visual	36%
	Espacio de tiempo promedio L.A. (Semanas)	3,7

Tabla 10: Buenas Prácticas, Nivel de implementación de LPS

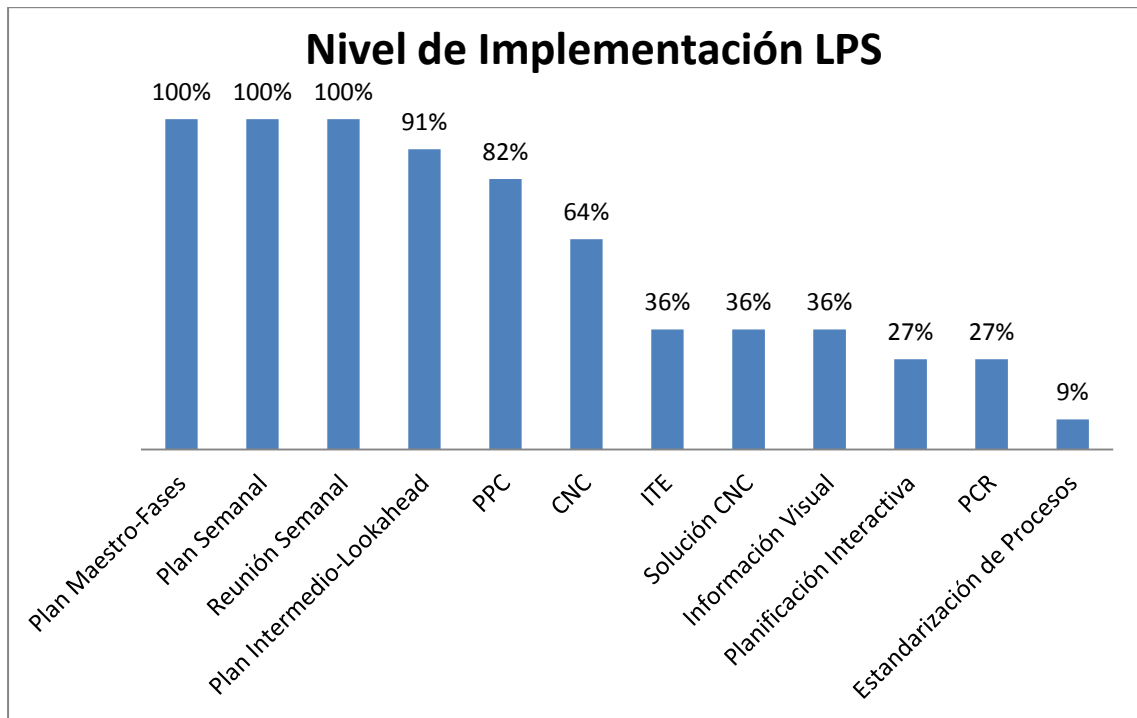


Figura 64 Visitas a Terreno, Nivel de implementación de LPS

Por otro lado, se establecen las CNC en un 64%, pero la discusión no lleva a encontrar las causas raíces, ni aplicar soluciones futuras. Se establecen soluciones y mejoras a causa de las CNC en un 36%. Esto también merma la estabilidad del proyecto, y se aleja del mejoramiento continuo propuesto por Lean Construction.

Finalmente, al analizar además los niveles de implementación de cada proyecto agrupándolo por empresas, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 11.

<b>Empresa</b>	<b>Proyecto</b>	<b>%Implementación</b>
Empresa 1	Proyecto 1	75%
Empresa 2	Proyecto 2	75%
	Proyecto 3	67%
Empresa 3	Proyecto 4	33%
	Proyecto 5	67%
Empresa 4	Proyecto 6	<b>25%</b>
	Proyecto 7	67%
Empresa 5	Proyecto 8	50%
	Proyecto 9	42%
Empresa 6	Proyecto 10	<b>83%</b>
Empresa 7	Proyecto 11	67%
<b>Promedio</b>		<b>60%</b>

Tabla 11: Nivel de implementación por Empresa

### 4.3.3. Estandarización

De entrevistas Gerenciales, un 40% dice tener manuales y estandarizar los procesos. Un 40% está en ejecución, y un 20% no los tiene (Figura 65).

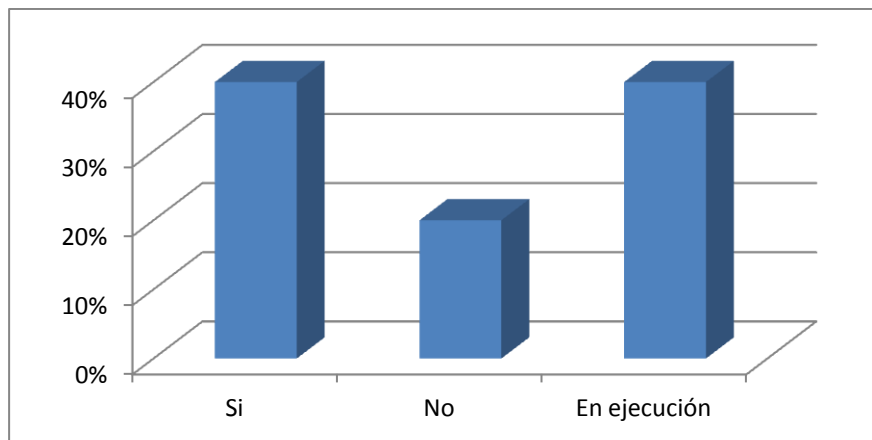


Figura 65 Entrevista Gerencial, Estandarización

En visitas a terreno, se observa que solo en un 10% de los proyectos existen documentos a los cuales recurrir para comprender mejor las metodologías (Figura 62).

Entre los participantes a las reuniones de Planificación, un 74% dice que existen documentos para entender las metodologías, y un 76% declara que existe la oportunidad de aportar y mejorar los manuales de procedimientos (Figura 66).

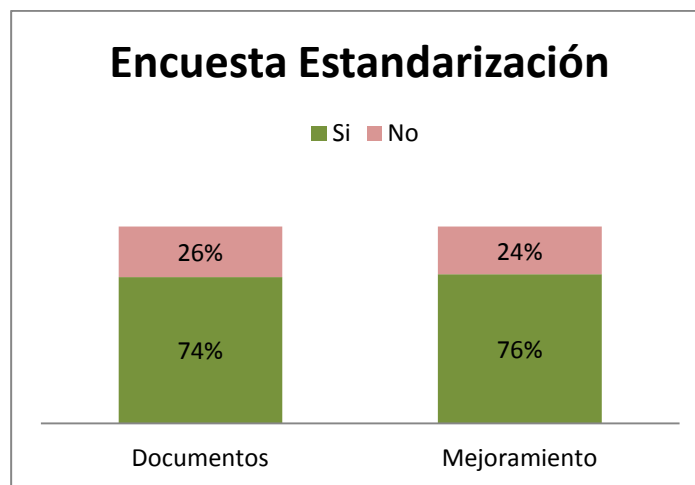


Figura 66 Visitas a Terreno, Encuesta Estandarización

De la encuesta organizacional, la mayoría de los encuestados tiene una posición neutra respecto a que la mayoría de los procedimientos internos se encuentran estandarizados. Sin embargo, se está en desacuerdo en cuanto a que se tiene acceso a documentos para entender mejor las metodologías Lean.

#### 4.3.4. Mejora Continua

De las implementaciones de Last Planner, un 64% de los proyectos establecen las causas de no cumplimiento, pero sólo un 36% establece mecanismos de mejora a partir del análisis de las CNC (Figura 64).

En la observación de la reunión de planificación, un 36% de los UP analiza sus propias causas de no cumplimiento, y un 45% no hace sus propios análisis. Además, sólo en un 18% de las reuniones, la mejora continua ha pasado a ser parte de la reunión (Figura 67). De las herramientas propuestas para hacer análisis de causa raíz, 18% utiliza los 5PQ's, y no se observa el uso del Diagrama de Ishikawa (Figura 68).



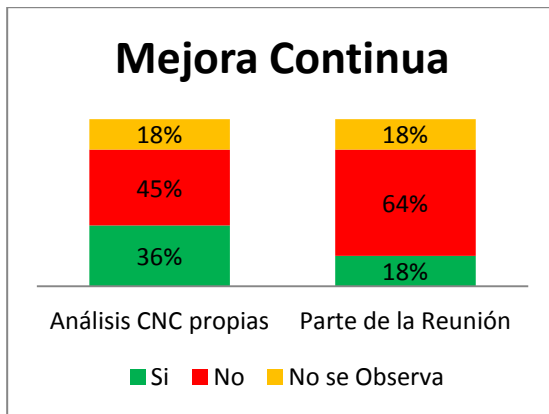


Figura 67 Visitas a Terreno, Observación Mejora Continua

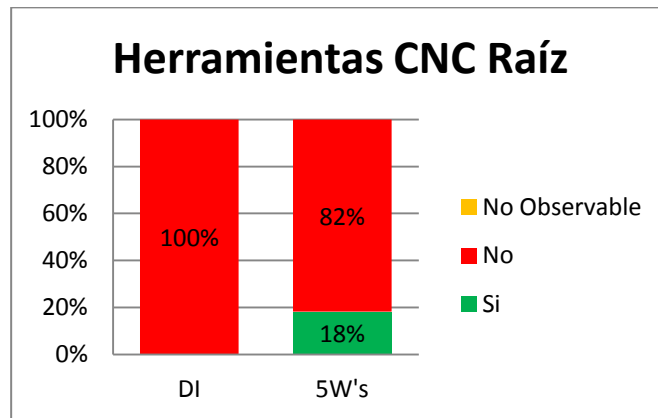


Figura 68 Visitas a Terreno, Observación herramientas CNC

Respecto a implementación de sugerencias a los distintos niveles de planificación, Maestro, Intermedio y Semanal, existe solo en 9% de los proyectos para PM y PTS. En 91% no existen o no se observan sistemas de sugerencias para mejorar las planificaciones (Figura 69).

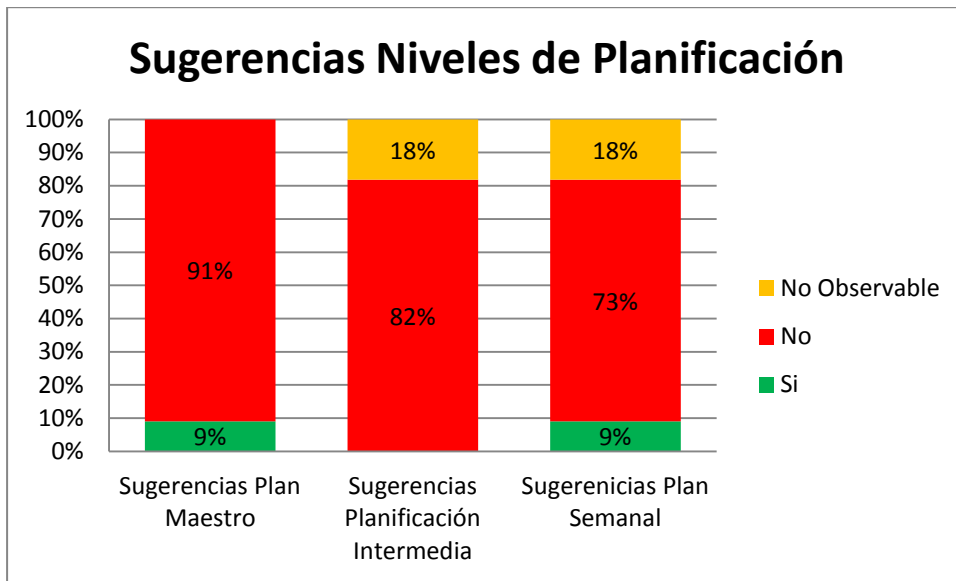


Figura 69: Visitas a Terreno, Observación Planificación

#### 4.3.5. Conocimientos Previos Lean, Valorizar Lean

De entrevista Gerencial, se concluye que una de las barreras o resistencias al cambio en la implementación, en un 20% es la falta de conocimiento en las herramientas, y en un 40% del convencimiento de la utilidad de las herramientas (Figura 70).

De la experiencia de Focus Group, se observa conocimientos Lean, pero principalmente focalizado en Last Planner como herramienta de planificación, dejando de lado algunos conceptos de fondo. En general se está completamente seguro que LPS agrega valor, y que volverían a implementarlo, pero se desconocen más herramientas.

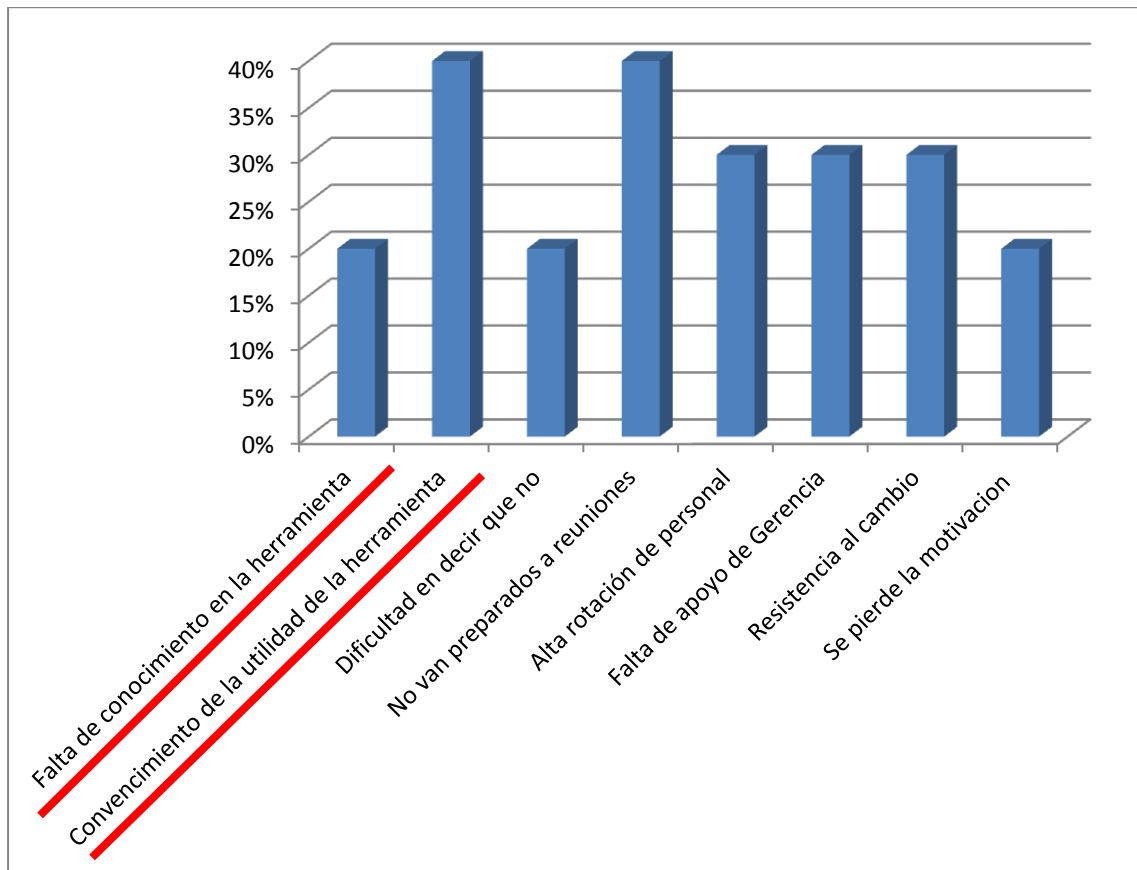


Figura 70 Entrevista Gerencial, Resistencias al cambio.

Con respecto al conocimiento, entendimiento y valoración de los conceptos Lean Construction y su aplicación a herramientas, se observa el punto más bajo en las encuestas efectuadas en terreno (Figura 71). El 60% reconoce los conceptos que hay detrás de la Filosofía Lean (Valor, Flujo, Desperdicios, etc), el 53% reconoce herramientas para apoyar la filosofía, el 55% reconoce las ventajas de una organización Lean, y el 52% reconoce una visión Lean en la organización.

Si bien no es un porcentaje bajo, está un poco distorsionado, ya que un buen porcentaje de los que responden son los profesionales directivos del proyecto (20% aprox.), a cargo de planificaciones, quienes han sido capacitados en Lean. Ellos son los encargados de transmitir y permear los conceptos al resto de los trabajadores, y esto no se observa. Por otro lado, se cree que no hay una clara distinción entre Lean Construction y Last Planner, por lo que las respuestas pueden haberse visto afectadas.

Hay mucha más información y entendimiento de la herramienta Last Planner, lo que elevaría un poco el porcentaje de esta sección, y poca sobre Lean Construction y los conceptos que aborda Last Planner de esta filosofía. En terreno se confirma esta situación, y en una de las conversaciones con un Administrador de Obra se potencia la idea. *"Cuándo partió, se puso énfasis en la herramienta. Faltó, y se necesita filosofía para darle más sentido"*. Se comenta que cuando se inicia con esta herramienta se

hace énfasis sólo en Last Planner como herramienta, sin un sustento atrás, ni expansión a otras herramientas que persigan los conceptos Lean.

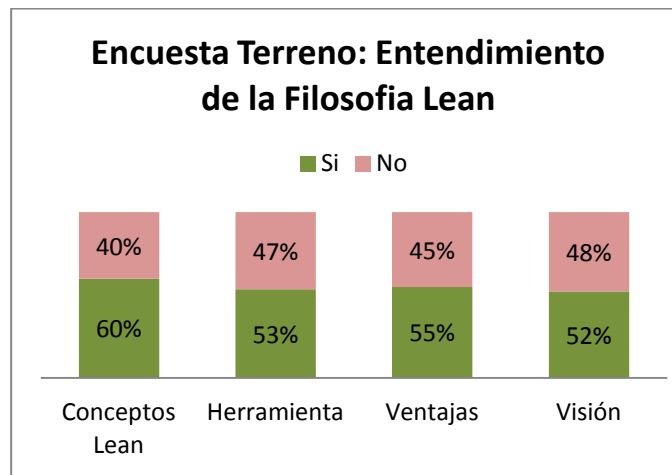


Figura 71 Visitas a Terreno: Encuesta Entendimiento de la Filosofía Lean

De la observación realizada en terreno (Figura 49) un 50% ha aprendido y entendido la metodología de planificación (Nuevas interacciones entre actores, análisis de CNC, exigencia de liberación de restricciones, mejora continua).

De la encuesta organizacional, una de las dimensiones más bajas evaluadas corresponde a entendimiento Lean (Figura 33). En general los encuestados se declaran neutros respecto a la entendimiento de la Filosofía Lean, conceptos que hay detrás de la filosofía, y ventajas de una organización Lean. Con menor puntuación, se reconocen las herramientas que apoyan la filosofía.

## 5. CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN Y COMENTARIOS

En el presente capítulo, se desarrolla una discusión y comentarios de los resultados presentados en el Capítulo 4. Abordando cada uno de los aspectos evaluados, se compara la información obtenida de las distintas herramientas de diagnóstico utilizadas, con las que se detectan debilidades y luego oportunidades de mejora.

- **Cultura:** En general se observan buenos ambientes, y se corrobora con las percepciones de los entrevistados en terreno. Liderazgo claro, respeto, confianza y colaboración con índices bastante altos. De la encuesta Organizacional, las dimensiones mejor evaluadas corresponden a Trabajo en Equipo y Cultura, corroborando lo observado en terreno.

Compromiso y Motivación son los tópicos más bajos medidos. Es necesaria una capacitación para visualizar los beneficios Lean, tanto en herramientas como en clima laboral (transparencia, mejores redes comunicacionales). Comprometer a los trabajadores involucrándolos en la transformación, implementando herramientas específicas con encargados en terreno, para su aplicación y control.

- **Colaboración:** Se ve un buen avance con respecto a la incorporación de nuevos actores a la reunión de planificación, en comparación a los métodos tradicionales. En un 82% de los proyectos visitados existía participación de Subcontratos. Desde Gerencia se detecta la coordinación con subcontratos como una barrera para la implementación. En terreno se confirma esta barrera, planteándose en algunos casos directamente del Administrador, como un desafío el cómo mejorar calidad y trabajo de los Subcontratos, como lograr que sintonicen con el nuevo sistema. Un muy buen primer paso es incorporarlos para construir una planificación colaborativa. El segundo paso es gestionar adecuadamente el uso de Last Planner y obtener todos los potenciales beneficios, con un adecuado entendimiento de los fundamentos y metodologías. Para esto es necesario incorporarlos en planes de capacitación. Junto a ellos, un desafío también es incorporar a los Proveedores, ausentes completamente en reuniones semanales.

Se incorporan también capataces (82%), en algunos casos Maestros Mayores (27%). Además de mejorar la participación, la opinión de los asistentes es que se está logrando colaboración, participación e integración. En deuda queda la participación de Bodega, Seguridad y Calidad, de los que se espera más compromiso en estas instancias, para poder vislumbrar y gestionar todas las restricciones a la hora de Planificar.

Respecto a Mandantes, solo participan en 9%, y equipo de Diseño no participa. Se propone como desafío también lograr involucrar al Mandante. Y en etapas tempranas del Proyecto, lograr una Diseño Colaborativo entre todos los actores (Mandante, Constructores, Diseñadores).

De la encuesta organizacional, la dimensión trabajo en equipo es la mejor evaluada, corroborando los avances que se observan en cuanto a los equipos de trabajo, colaboración e incorporación de nuevos actores.

- **Motivación, Empoderamiento:** Como se menciona en el diagnóstico, desde Gerencia se detecta como una barrera, la pérdida de motivación a medida que avanza el proyecto, o se llega a puntos críticos en la Construcción (Próximo a entregas, detección de problemas serios). En terreno se observa la motivación como uno de los puntos más bajos observados. Como estrategia, en acuerdo con gerencia, se deben empoderar a los equipos, postulado como una de las disciplinas fundamentales en la implementación Lean (Capítulo 2, 4.5 Lean Management Enterprise, Capítulo 2, 4.7 claves para la implementación). Desarrollar a la gente para liderar y contribuir a su máximo potencial. *"El conocimiento se aprecia cuando se toman decisiones con conciencia, el éxito se encuentra en la profundidad de la filosofía empresarial, de la gente y la motivación humana"*.

A pesar de la conciencia en Gerencia como barrera, las implementaciones son muy verticales. Directamente de Gerencia, Oficina Central con un implementador, o involucrando solo al Administrador de Obra. Sólo en un 10% con participación de los trabajadores.

El empoderamiento también es una de las claves para la sostenibilidad. En terreno se observa, que algunas reuniones no presentan todas sus fases (Nivel de implementación LPS) como planificación intermedia, planificación interactiva y medición de PPC, porque el encargado ya no trabajaba en el Proyecto. Esto demuestra que los conocimientos no se están expandiendo, no se involucra ni empodera al resto de los trabajadores para potenciar y liderar las herramientas, para hacer frente a la alta rotación del personal, característica clara en la industria de la Construcción.

Se deben implementar herramientas, con un encargado por cada una, con objetivos y procedimientos claros, para lograr medir su avance y ganancias en el tiempo, para involucrar a los trabajadores. Se deben desarrollar sistemas de medición para motivar con resultados. Matices de madurez, diagrama de estado de implementaciones, KPIS, etc.

- **Comunicación:** De gerencia creen que es fundamental el seguimiento para el éxito de las implementaciones. Se debe estandarizar la comunicación (reportes/seguimiento) de una forma clara y metódica desde Terreno a Gerencia. 40% no tiene canales formales para recibir información de terreno. 5 de 10 empresas asignan una nota menor a 4 a la comunicación de Terreno a Gerencia.

Por otro lado, la comunicación de Gerencia a Terreno tiene mejores canales y evaluación.

Se deben crear mecanismos estandarizados para comunicar información de Terreno a Gerencia, especialmente de la implementación Lean. Informes semanales y/o bisemanales y/o mensuales con una estructura estándar. PPC, diagramas de Pareto con CNC, estado de nuevas herramientas implementadas (gráficos araña), y se debe estandarizar de igual forma la retroalimentación de este informe de Gerencia a Terreno. De esta forma se mejora la comunicación, y se involucra además a los altos mandos con las implementaciones Lean, otra clave para la sostenibilidad.

Potenciar el Visual Management también es clave según la literatura. En un 45% de los proyectos se observa algún grado de Visual Management, y sólo un 30% publica resultados de forma visual en reuniones de Planificación. Una buena estrategia es demostrar resultados claramente, en toda la obra. Transparentar los avances, logros, responsabilidades y metas, como motivación. Una adecuada transparencia de los procesos también facilitará la observación y detección de problemas, y llegar fácilmente a los encargados de solucionarlos, mejorando el flujo de valor. Es recomendable también hacer visibles las Planificaciones Maestras a todos los trabajadores, junto al plan de hitos, para crear motivaciones. El uso de Líneas de Balance o de velocidad es una herramienta amigable para entender el proceso del Proyecto completo.

- **Dirección y estrategia:** 60% implementa Lean, o LPS, para tener una mejor planificación, sin hacer énfasis en los otros aspectos que se pueden potenciar en las organizaciones, y que generan como consecuencia mejores planificaciones, y mejor productividad. Se observa un foco en herramienta, sin pensar en los fundamentos ni en la Filosofía. Según Alves, y Viana (Marco Teórico) es una herramienta que entrega una buena base de estabilidad, y puerta de entrada para comportamientos Lean (estabilidad, involucramiento, redes sociales).

A pesar de que declaran que los métodos Lean son centrales para el crecimiento de la empresa (90% de los entrevistados), y no entendidos como complementarios para proyectos específicos, no se han modificado las competencias en los procesos de selección, y solo en un 50% de las empresas han realizado capacitaciones internas. Información corroborada con la encuesta organizacional, donde la dimensión más baja medida corresponde al Desarrollo de Capacidades.

El punto más bajo de la encuesta realizada en Terreno, es el entendimiento y aspectos previos Lean. Acorde con esto, la segunda dimensión más baja observada en la encuesta organizacional, es el entendimiento Lean. No se reconocen los

conceptos detrás de la filosofía Lean, ni las ventajas que puede aportar a la organización.

Es importante realizar capacitaciones y programa de entrenamiento, constantemente, alineando Lean con los objetivos de la empresa. Además, se debe lograr alinear a los diferentes departamentos: Recursos Humanos, Finanzas y Producción. Clave también para sostenibilidad.

- **Utilización de herramientas:**

El 100% de los proyectos visitados tiene algún grado de implementación de LPS, y el 100% de las empresas participantes tienen algún proyecto en curso con LPS. Foco en Kaizen (Mejora continua) se observa en 55%, pero asociados a prácticas normales en la Construcción, y no debidamente estandarizadas para utilizar el máximo potencial, al igual que Visual Management (43%). El resto se observa muy poco, y en general sin estándares de aplicación (procedimientos, Checklist, etc.).

Es necesario extender el uso de herramientas, empoderando a los trabajadores, para extender la filosofía en los proyectos, y observando claramente los beneficios de las implementaciones. Herramientas como Value Stream Mapping efectuado por los protagonistas de los procesos, con sistemas de sugerencias y evaluaciones por parte de los mismos. Estandarización de 5S's, Gemba Walk, Análisis de actividades que agregan y no agregan valor, utilización de recursos (cartas de balance), etc.

- **Flujo eficiente de valor**

No hay esfuerzos en crear flujos eficientes. No hay enfoques para mejorar la productividad. No se observa análisis de actividades que agreguen y que no agreguen valor, mapeo de procesos (VSM), ni detección de desperdicios. No se observa claramente un foco Just in Time e la producción ni en el plan de adquisiciones.

Se debe potenciar el enfoque Just in Time, con un detallado programa de suministros, y con análisis de productividad y uso de recursos (materiales, maquinarias, etc.). De esta forma se observaran oportunidades de mejora en los procesos y reducción de pérdidas.

- **Flujo continuo/estabilidad:**

Last Planner entrega estabilidad básica al proyecto, con Lookahead, gestión de restricciones, y control. La implementación promedio observada en terreno de LPS es de un 60% (Tabla 11) y una alta variación entre los proyectos. EL más bajo con un nivel de implementación de un 25% y el máximo un 83%.



Al hacer un análisis del grado de implementación de LPS, se observa que la mayoría de los proyectos sólo tienen implementada una planificación colaborativa, con un bajo desarrollo de la Planificación Intermedia o Lookahead, sin un sistema sólido de manejo de restricciones. De esta forma se hace difícil mantener una estabilidad base en los proyectos, y se continúan "apagando incendios" la mayor parte del tiempo.

Es importante potenciar la implementación de cada una de las fases y herramientas de LPS, haciendo énfasis en Planificación Intermedia/Lookahead, con una formal gestión de restricciones. Estandarizar las implementaciones, y apoyar con gestión Visual.

Además realizando el análisis de Proyectos por empresas, (Tabla 11), se observan variaciones dentro de una misma compañía. Como es el caso de la Empresa 4 (crítica), que presenta Proyectos con un nivel de implementación de un 25% y 67%. Entregando información sobre la poca alineación de la organización.

Una buena práctica es la creación de grupos colaborativos, y comités de desarrollo y mejoramiento para alinear estrategias y herramientas, a nivel interno de empresa, a nivel de proyectos (involucrar a trabajadores, dar sentido, motivar), y potenciados con grupos a nivel de Industria Chilena, como el grupo Colaborativo que participa con GEPUC, donde se exponen innovaciones, experiencias, y se evalúan y comparan las organizaciones (Benchmarking).

- **Mejora continua:** Una de las causas del bajo nivel de implementación de LPS es el análisis de causas raíz de CNC, y adopción de medidas. No se observa que la mejora continua pase a ser parte de las reuniones de Planificación. No hay un sistema sólido de detección de CNC raíz y mejoras asociadas. Es importante potenciar el uso de herramientas como 5PQ's, diagrama de Ishikawa, uso de gráficos y gestión Visual para transparentar los problemas y soluciones. Además, para potenciar la mejora continua a nivel corporativo, y alineación de las empresas, una buena herramienta es desarrollar "Paquetes de transferencia de experiencias", donde un directivo de cada proyecto, de forma breve, expone en un documento las experiencias, aprendizajes e innovaciones exitosas en proyectos ya finalizados (Knowledge Transfer Pack KTP).

## 6. CAPÍTULO 6: RECOMENDACIONES

En el presente capítulo, a partir de la discusión y oportunidades de mejora presentadas en el Capítulo 5, se desarrollan recomendaciones para mejorar el nivel de implementación de Lean Construction en las organizaciones.

### 6.1. Plan de Entrenamiento Lean

(Highways Agency Lean Website)

La comprensión de la metodología y el entrenamiento es una parte importante en la implementación Lean. Solo el 50% de las empresas han establecido capacitaciones internas, y declaran que el Liderazgo es una competencia fundamental deseable en los perfiles de los trabajadores. Un liderazgo que entienda la filosofía Lean, maneje herramientas y tenga un comportamiento acorde. El desarrollo de las personas, trabajadores, estará basado en sus actividades y participación en proyectos Lean.

Debe desarrollarse un estructurado programa de entrenamiento Lean, continuo en el tiempo, no capacitaciones aisladas, incorporando a varios actores de proyectos, como profesionales, mandos medios, capataces, supervisores contratistas, proveedores estratégicos, mandantes, entre otros. Para mantener la motivación y conocimientos actualizados, además de aclarar los fundamentos de la filosofía Lean. *"Tecnologías sin Filosofía y sin sustento cultural no es Lean"*.

A modo de ejemplo, La Highways Agency desarrolla una mapa de ruta para el entrenamiento Lean (Figura 72), abarcando conceptos básicos y fundacionales sobre Lean, prácticas y herramientas básicas, entendimiento de la filosofía, entre otros, en varias etapas y módulos.

## Highways Agency Development Route Map

A multiple stage build approach to meet individual development needs

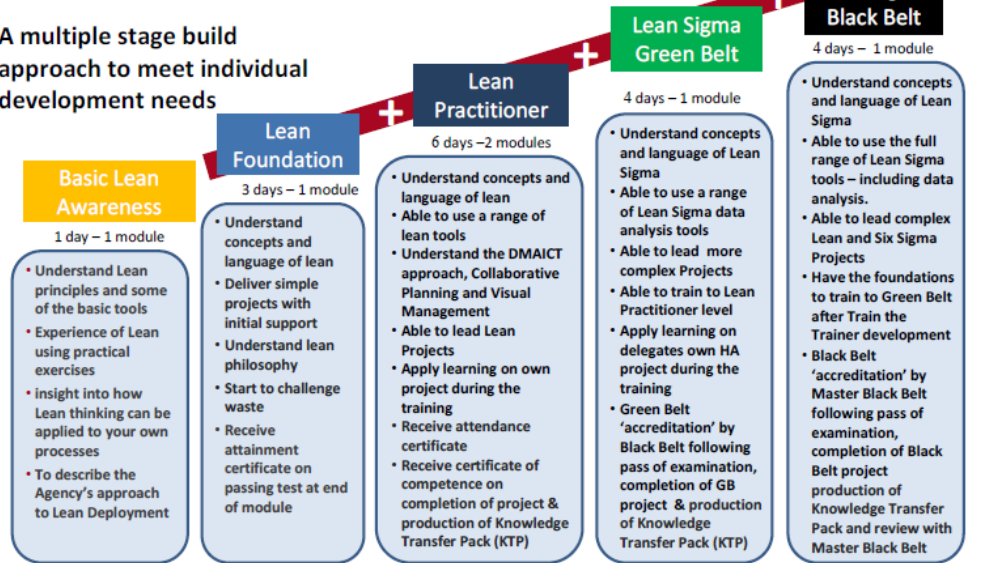


Figura 72: Structured Lean Training Program, Higways Agency

### 6.2. Informes de Experiencia Lean por Proyecto

(Highways Agency Lean Website)

Para asegurar la difusión de los conocimientos obtenidos en cada uno de los proyectos Lean, en el marco de la mejora continua y alineación de prácticas organizacionales, debe establecerse un requerimiento para los altos mandos de cada una de los Proyectos. Una vez completados los proyectos, se debe preparar un informe de cada mejora Lean, estrategia utilizada y sus aprendizajes. Esta información debe ser clasificada y publicada (Empresa, Industria). A modo de ejemplo, Higways Agency denomina a esta práctica, "Knowledge Transfer Pack (KTP)" (Figura 73), y de forma online, están disponibles informes breves, categorizados por sector Constructivo, con todas las prácticas y mejoras utilizadas, evaluadas y presentadas, obtenidas por varios años.

LEAN IMPROVEMENT SUMMARY

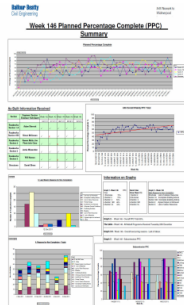
Planned Percentage Complete Management Tool results in 10 hour saving per week

Objective

- To implement the Planned Percentage Complete Management Tool from daily/weekly programme analysis to monitor compliance with the 3 weekly programme - Identify poor performing activities
- Increased programme reliability.
- To collect quality data collection showing current PPC value
- Visual display of data
- Trend analysis will highlight poor performance activities leading to further lean interventions

Benefits

- Cost: Estimated 10% contribution to 2 week reduction in programme. Resulted in saving 10hrs a week of staff time using the Dashboard as a management tool
- Time: Reduction in programme duration
- Quality: As built programmes submitted and



LEAN IMPROVEMENT SUMMARY

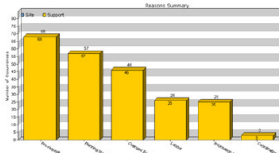
Collaborative Planning Improves Teamwork and Communication in MAC Design Teams

Objective

- To demonstrate how we can improve performance predictability from the current norms
- Trial work planning component of production control in MAC design.
- Improve ability of designers to plan and complete their weekly activities.
- Capture reasons for designers not completing planned tasks.
- Show ability to increase productivity.

Benefits

- Transparency achieved throughout Design process
- Potential to increase productivity of designers.
- Financial benefits are expected but are difficult to prove as baseline performance not known.
- Non-financial benefits include improved teamwork and improved communication.



How?

- Team members committed to S.M.A.R.T. weekly tasks and then measured

LEAN IMPROVEMENT SUMMARY

Piling Operations efficiency improved by 55%

Objective

- The overall objective of this Six Sigma Project was to provide the Piling Team with data which allowed them to focus in and improve on Piling Performance and reduce the critical path programme.

Benefits

- The increase from 6 piles/week to 10 piles/week over a 6 week period reduced the programmed time for completion by 20 working days
- The saving attributable to the 4 week programme saving is £487,132 - being the cost of plant hire, equipment and labour for that period assuming a Rig operation cost of £13k per day.



How?

- This was a multi-discipline team approach linking Engineering with Operations and involving the Supply Chain. Success of the Piling Operation will depend of the following :-
  - Resolution and closure of the Technical Issues
  - Mapping the process and setting up a set of Standards reflecting a Perfect Piling Day
  - Development of a production and logistics strategy designed to achieve the set production rate

LEAN IMPROVEMENT SUMMARY

Visual Display Management identifies root causes of inefficiency

Objective

- To review performance and agree actions to deliver improvements, using visual management to display and monitor key performance measurements to guide these improvements

Benefits

- Identification of issues and creation of a problem solving process
- Focusing operatives on cost of delay
- Logging reasons for delay to build data
- Visual management helps people to immediately understand what is happening on the project by looking at display boards which show live information
- Team members are kept informed about issues of safety, quality, cost and programming and can use their input to create improvements to the project



How?

- Visual Display Board shows key information for the project. Key Performance Indicators are created
- Supervisors of all sub contract trades attend a 15 minute daily joint session to go through:
  - accident and near miss info
  - traffic management layout & changes
  - planned work
  - material deliveries
- Issues are logged and resolved off line. Reasons for delays are logged and cost of prelims e.g. a days delay and future critical programme is highlighted

Transferability / Use on other schemes

- Applicable to all Road Schemes, MAC contracts and office environments
- For further information see Project no 44 on the HA Lean Project Tracker

Figura 73: Knowledge Transfer Pack (KTP), Higways Agency

### 6.3. Evaluación de la implementación Lean

Para mejorar la visibilidad de las ventajas Lean, y como base para la mejora continua, es necesario crear sistemas para medir el nivel de las implementaciones, en cuanto a aplicación de conceptos y utilización de herramientas. Es una necesidad requerida además por las empresas participantes del estudio. Uso de indicadores, diagramas, Matriz de madures, son algunas de las propuestas.

#### 6.3.1. Evaluar uso de herramientas

Extender el uso de herramientas de fácil implementación, con rápida visualización de beneficios. Es fundamental que exista un encargado para cada herramienta por obra, para su implementación y evaluación. De esta forma se involucra y empodera a los

trabajadores, y se extienden los fundamentos Lean a todo el proyecto. Se deben desarrollar parámetros claros para medir el estado de la implementación de las herramientas en determinados momentos del proyecto, al inicio, en hitos especiales, y teniendo clara el estado esperable al finalizar las mediciones, para comparar.

(American Society of Civil Engineers, ASCE)

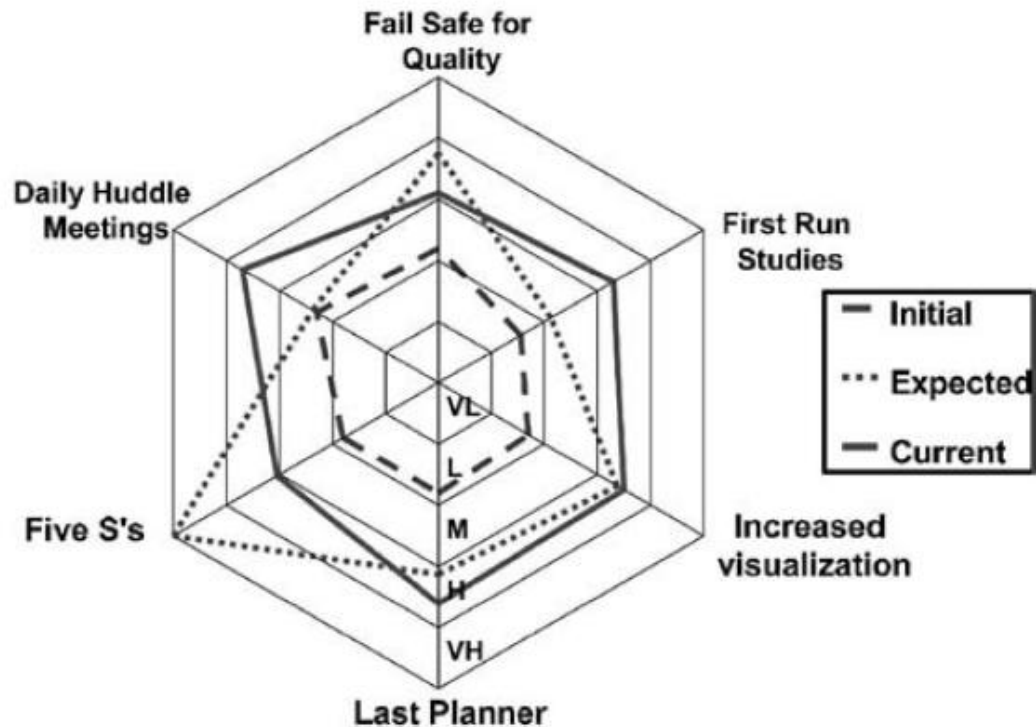


Figura 74: Evaluación de herramientas Lean, ASCE

### 6.3.2. Lean Construction Key Performance Indicators (LC-KPI's)

En adición a los típicos indicadores de desempeño (Calidad, Tiempo, Costo), se propone incluir indicadores para Desperdicios, y Valor (Figura 75), con el fin de medir tangiblemente el impacto de la implementación Lean. Indicadores que reflejen los materiales de desperdicio (escombros), niveles de inventario (sobrestock), actividades productivas y no contributorias, movimientos no productivos de material y mano de obra, etc.

- Project Waste Index, Indicador de Retrabajo.
- Value Index, Índice de Valor para el cliente.

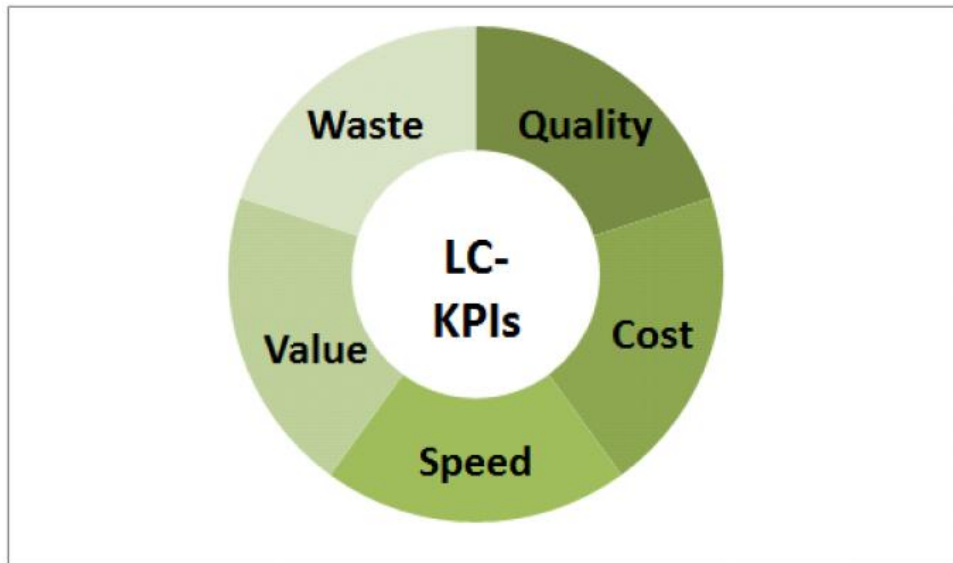


Figura 75: Lean Construction KPI's

### 6.3.3. Matriz de Madurez

Para conocer el estado actual de las implementaciones, se propone crear un modelo/matriz de madurez, que permita evaluar el presente de los proyectos, y detectar oportunidades y pasos futuros para mejorar.

Iniciativas Lean en la industria Aeroespacial, han desarrollado una herramienta de Auto-Evaluación de la situación Lean actual de las organizaciones "State of Leanness". Compuesta por un modelo de madurez (Matriz) que incorpora Dirección y Liderazgo, Ciclo de Vida, Procesos.

# LESAT Maturity Matrix Template

<b>Section, Group # and Group Name:</b> Brief description of this Group number. In Section I, the Group is one of the Primary Activities from the Transition-to-Lean (TTL) Roadmap						
<b>Diagnostic Questions</b>		1.0 Generic questions regarding the performance of the enterprise relative to this Group of practices				
LP#	Lean Practices	Capability Levels				
		Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
	<b>A specific lean practice associated with this Group</b>	Statement describing little awareness of this lean practice				Statement describing world-class behavior for this lean practice
	<b>Sound bit phrase</b>	C D	C D	C D	C D	C D
	<b>Lean Indicators</b>	Outcomes and lean behaviors that an enterprise will exhibit as it proceeds on its Lean transformation				
	<b>Evidence</b>	Supporting data utilized in assessing the current capability level of the Enterprise on this lean practice				
	<b>Opportunities</b>	Inputs to plans of action to leverage opportunities or to move to the desired level of capability				

## Capability Maturity Levels

- Level 1** Some awareness of this practice; sporadic improvement activities may be underway in a few areas.
- Level 2** General awareness; informal approach deployed in a few areas with varying degrees of effectiveness and sustainment.
- Level 3** A systematic approach/methodology deployed in varying stages across most areas; facilitated with metrics; good sustainment.
- Level 4** On-going refinement and continuous improvement across the enterprise; improvement gains are sustained.
- Level 5** Exceptional, well-defined, innovative approach is fully deployed across the extended enterprise (across internal and external value streams); recognized as best practice.

Figura 76: Lean Enterprise Self Assessment Tool, Maturity Matrix

(The Lean Enterprise Self Assessment Tool, Debbie Nightingale)

#### **6.4. Grupos Colaborativos, Comités de Desarrollo y Mejoramiento**

Para fomentar el compromiso de la administración superior, alineación de prácticas organizacionales e implementación y desarrollo de liderazgos efectivos, se propone la creación de comités de Desarrollo y Mejoramiento a nivel corporativo, para compartir experiencias y lecciones aprendidas en los proyectos finalizados y en curso. Se podrán exponer los informes de experiencia e indicadores de implementación antes mencionados.

Se debe crear un comité también por Proyecto, destinado al desarrollo de herramientas y evaluación, que permita involucrar y empoderar a los trabajadores en todos los niveles, y ser el nexo ante el comité organizacional.

Finalmente, trabajar con Grupos Colaborativos a nivel Nacional, como se hace actualmente en GEPUC. Se debe potenciar esta herramienta, involucrando a más empresas que puedan aportar con su experiencia, y motivarse con las demás. Mantener nexos con Universidades y sus respectivas investigaciones a fines, innovaciones internacionales, etc. Además incorporar a nuevos actores a participar de estas instancias, como sindicato de trabajadores, arquitectos, diseñadores, etc., imitando lo ya realizado en algunos países.

#### **6.5. Rotación de actividades**

Uno de los aspectos fundamentales en el nuevo sistema de Producción, es desarrollar la multifuncionalidad y polivalencia en los trabajadores. Permitirá tener una mirada del sistema en general, y no de una única actividad. Además, permitirá hacer frente a la alta rotación de personal, característica de la Industria. Mayor capacitación en tareas permitirá al personal detectar problemas, fallas, y tomar las medidas correspondientes, fomentando la toma de decisiones en niveles más bajos, para fomentar el flujo continuo.

Una de las herramienta observada en Focus Group, es la rotación del equipo de implementadores. Algunas empresas tienen equipos que visitan por un tiempo algunos proyectos, guiando y dando soporte a la implementación de Last Planner. Es fundamental ir incorporando a este equipo gente nueva, y la que ya posea harta experiencia, que pase a formar parte de los equipos de producción en Terreno. Es fundamental también extender la implementación enfocada en el uso de herramienta Last Planner de estos grupos de implementadores, a una estrategia Lean.

De igual forma, al crear comités de Desarrollo por Proyecto y/o Empresa, es importante que después de un tiempo los participantes vayan rotando, para expandir los conocimientos y visión Lean.



## 6.6. Visual Management

Importante estrategia de Dirección de Proyectos para Toyota Production, y propuesta como fundamental también en Lean Construction, observada muy débilmente en los proyectos Chilenos estudiados.

Se deben potenciar las herramientas de Gestión Visual, en diversos ámbitos, para apoyar rápida información en las áreas de trabajo, seguridad, rendimiento y productividad, motivación, mejora continua. Con énfasis en el Control, Productividad y Objetivos, es una potente herramienta que debe implementarse para motivar a los trabajadores, y transparentar los procesos, en reuniones de planificación, murales de trabajadores y áreas estratégicas en terreno (Ejemplos en Marco Teórico).

Además, se pueden implementar sistemas para:

- Estandarizar sitios de trabajo: Vías, Caminos, y zonas bien demarcadas (Fumadores, escombros, acopio de material, oficinas, talleres, bodegas, etc.).
- Kanban: Tarjetas Visuales: Enfocada a crear flujo de valor continuo y más eficiente, es una forma simple de intercambiar información en el terreno de producción.
- Seguridad, Calidad (Poka Yoke)

## 6.7. Estandarizar Comunicación de Obra a Gerencia y retroalimentación.

Para mejorar la comunicación de Terreno hacia Gerencia, y además involucrando a los altos mandos en las implementaciones Lean, se debe estandarizar un informe semanal, estableciendo claramente los puntos a contener, responsables, informes, indicadores, etc. De igual forma se debe estandarizar la retroalimentación de estos informes semana a semana por parte de Gerencia. Un buen formato, y práctica Lean, es la utilización de un informe A3. Algunos de los puntos que debiese tener el informe son:

- PPC actual e histórico, relacionándolo con curvas de avance u otras para establecer el nexo con el estado de avance global de la obra.
- PCR actual e histórico, destacando puntos claves en la gestión de restricciones, donde un involucramiento de Gerencia pueda ser fundamental y efectivo.
- Análisis de CNC raíz, apoyando con gráficos de Pareto la discusión. Medidas a adoptar para mejorar en el futuro, que se puedan apoyar desde Gerencia.
- Estado de implementación de nuevas herramientas, mediciones, encargados (Mapa de procesos, 5S, mediciones de productividad, gestión visual, etc.)

De esta forma se mejora y estandariza la comunicación, y además se potencia la implementación de Last Planner para lograr un buen nivel, y obtener todos los beneficios de las buenas prácticas.

## 6.8. Productividad y Perdidas.

### 6.8.1. Potenciar Value Stream Mapping

Se debe fomentar el uso de Mapas de procesos, con participación tanto de directivos como de los trabajadores más involucrados en los procesos. Es una muy buena herramienta para visualizar los flujos, y poder proponer mejoras.

Se debe potenciar el uso en terreno para actividades principales, y además el uso más centralizado por empresas, para alinear procesos administrativos, de planificación, etc.

### 6.8.2. Actividades que agregan y no agregan valor, y detección de desperdicios.

Junto con la realización de VSM para visualizar los procesos, es fundamental crear procedimientos para medir las actividades que agregan y no agregan valor, de las actividades principales en terreno, para proponer mejoras y obtener un proceso más eficiente. De igual forma se deben detectar los desperdicios, categorizarlos y proponer mejoras.

Utilizando Diagramas de Pareto para el análisis de desperdicios Figura 77, se determinan los puntos débiles y oportunidades de mejora, además de publicar la información para todos.

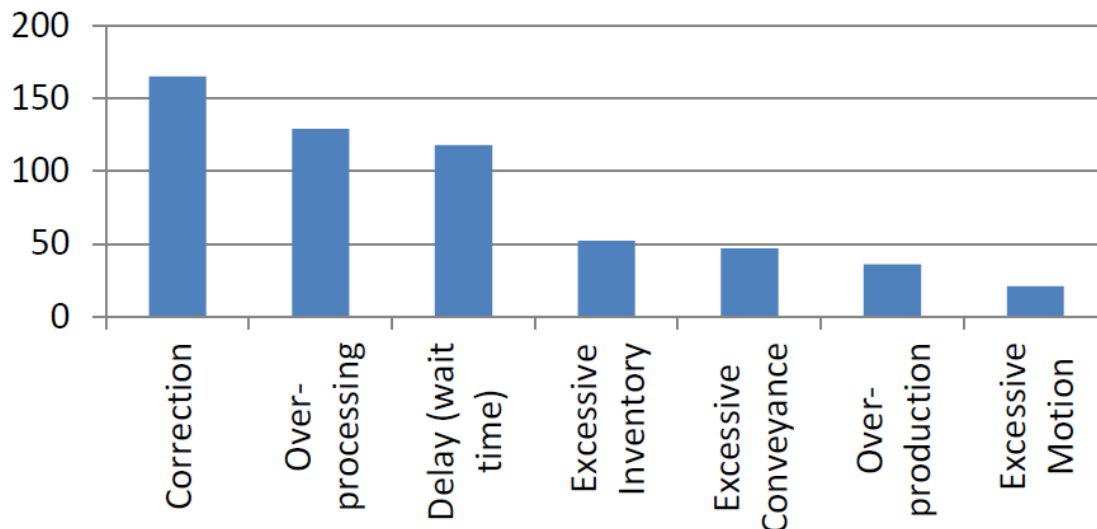


Figura 77: Desperdicios, diagrama de Pareto

Utilizando cartas de balance para el análisis del uso de recursos, y detección de actividades que agregan y no agregan valor, como en el ejemplo mostrado en la Figura 78. Donde se analiza la operación de la grúa, con la ayuda de tecnología de captura y

procesamiento de datos, para una actividad crítica para muchos proyectos, como lo es el uso de la grúa.



Figura 78: Cartas de Balance, Operación Grúa

### 6.8.3. Líneas de balance

Se debe fomentar el uso de líneas de balance, para analizar tiempos de ciclos, grupos de trabajo, interferencias en partidas, entre otras, para mejorar la productividad y disminuir desperdicios (Figura 8).

Se logra además una mirada de sistema, y apoya la discusión de los diferentes actores y encargados de las partidas, en etapas tempranas del proyecto.

Además, es una buena forma de gestionar visualmente los planes maestros y/o de fases de los proyectos, para que sean visibles a todos y transparentar así los procesos. Un uso alternativo con este fin a las líneas de balance, son las líneas de velocidad, que expresan de forma clara el plan general del Proyecto, y aportan con seguimiento y control (Figura 79).

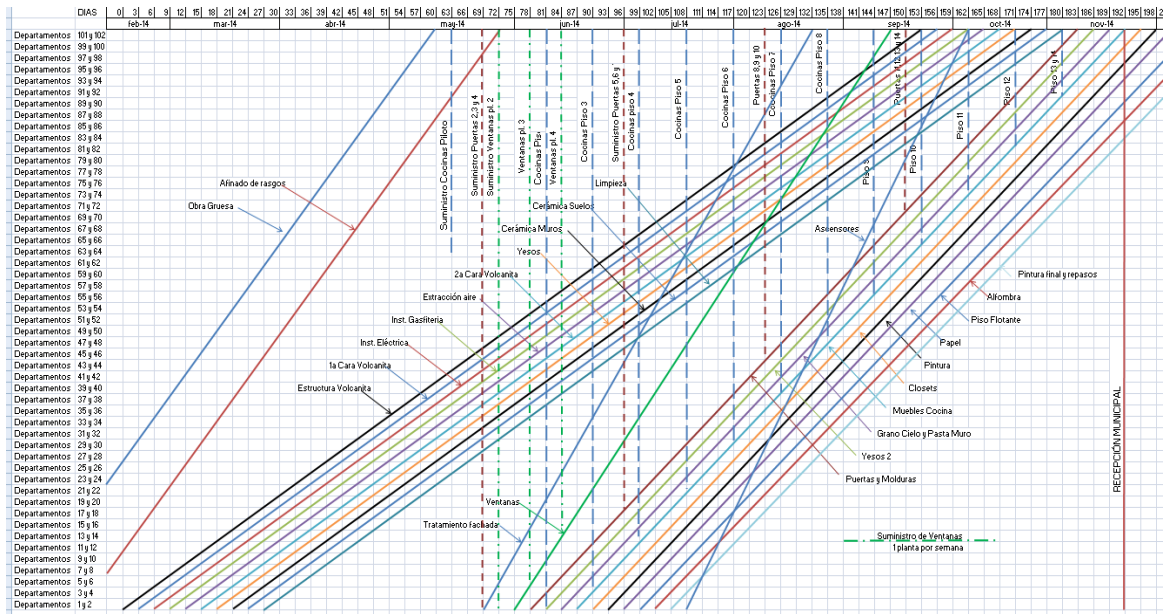


Figura 79: Curvas de Velocidad, Plan Maestro

#### 6.8.4. Plan de adquisiciones con foco Just in Time

Se debe potenciar un plan de adquisiciones Just in Time, para reducir tiempos de ciclo, sobre stock, eliminando desperdicios y mejorando productividad. Se debe realizar un detallado análisis de uso de recursos, y trabajar junto con el plan maestro para obtenerlos en el tiempo necesario. Junto con un efectivo control, para no impedir el avance del proyecto por recursos insuficientes, y para observar oportunidades de mejora en el uso de éstos. Para transparentarlo y hacerlo visible a todos, se puede juntar con las líneas de velocidad en el programa Maestro (Figura 80).

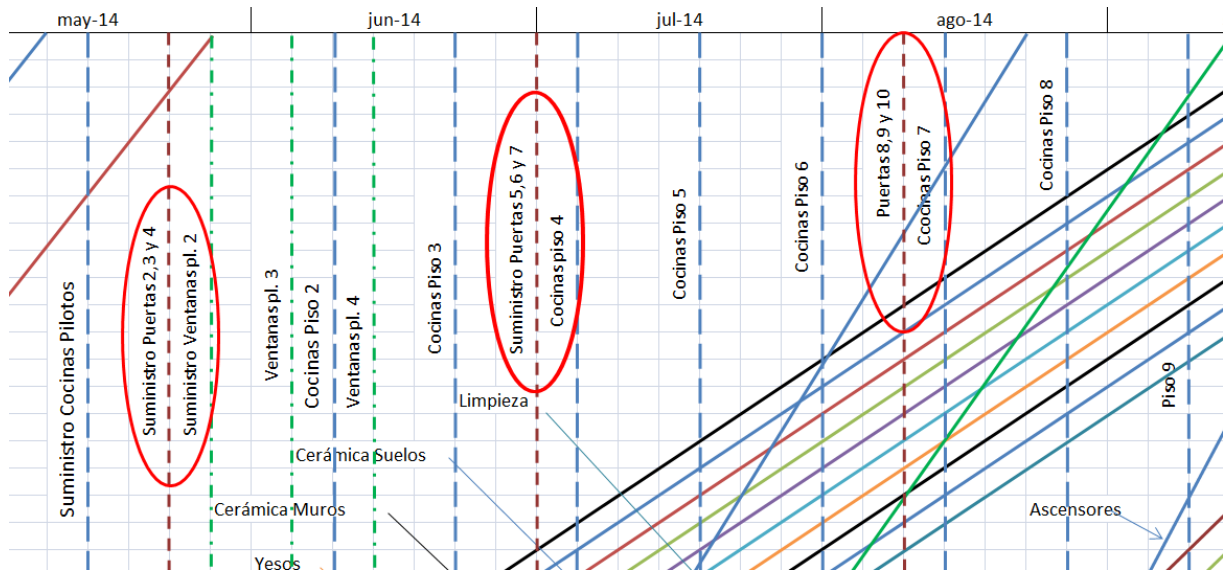


Figura 80: Plan de adquisiciones Just in Time, en Prog. Maestro con Líneas de Velocidad

## 6.9. Tecnologías de Información

Con la utilización de Herramientas de Información, se logra una comunicación más fluida (eficiente), sin tantos intermediarios y transparente.

- Calendarios sincronizados: Con aplicaciones como GoogleCalendar, OutlookApp, etc., se pueden sincronizar todas las fechas y horarios de compromisos especiales, reuniones, visitas, hitos, etc., visibles para todos, para manejar la misma información. Las cuentas online se pueden sincronizar automáticamente con el Celular, aumentado la conectividad.
- Carpetas de archivos sincronizadas: Con aplicaciones como Dropbox, se mantienen constantemente actualizados para todos los involucrados; documentos, archivos, imágenes, etc., de libre acceso.
- Mensajería Instantánea: Con la creación de grupos de mensajería instantánea, por ejemplo WhatsApp, se logran espacios de comunicación más rápida y menos formal, con intercambio rápido de información, imágenes, audios, etc., siendo una buena alternativa al correo electrónico corporativo.
- TI como apoyo de implementación de LPS: Como muestra la investigación mostrada en la Figura 28, el pobre manejo de la información en la implementación de LPS es una de las principales barreras para obtener un mayor nivel de implementación. Se debe utilizar tecnologías para potenciar los puntos débiles observados en LPS, como Planificación Intermedia, Gestión de Restricciones, Gestión de CNC. Además, el estudio concluye que los proyectos que apoyan LPS con IT, tienen un mejor PPC.

## 6.10. Potenciar Implementación de LPS

Es fundamental desarrollar mecanismos, procedimientos estandarizados, para lograr un mejor nivel de implementación de LPS, y así obtener todos los beneficios potenciales de un buen uso de Last Planner, en cuanto a Planificación y cumplimiento de plazos, Mejora continua de los procesos y organización, Transparencia, Comunicación, Colaboración.

Los puntos débiles observados en el estudio, que se deben potenciar son:

- Análisis y discusión de CNC raíz, logrando mayor transparencia en los procesos para la detección de problemas, mejora continua y estabilidad.  
Se deben utilizar herramientas como 5PQ's, Diagrama de Ishikawa (Figura 81).

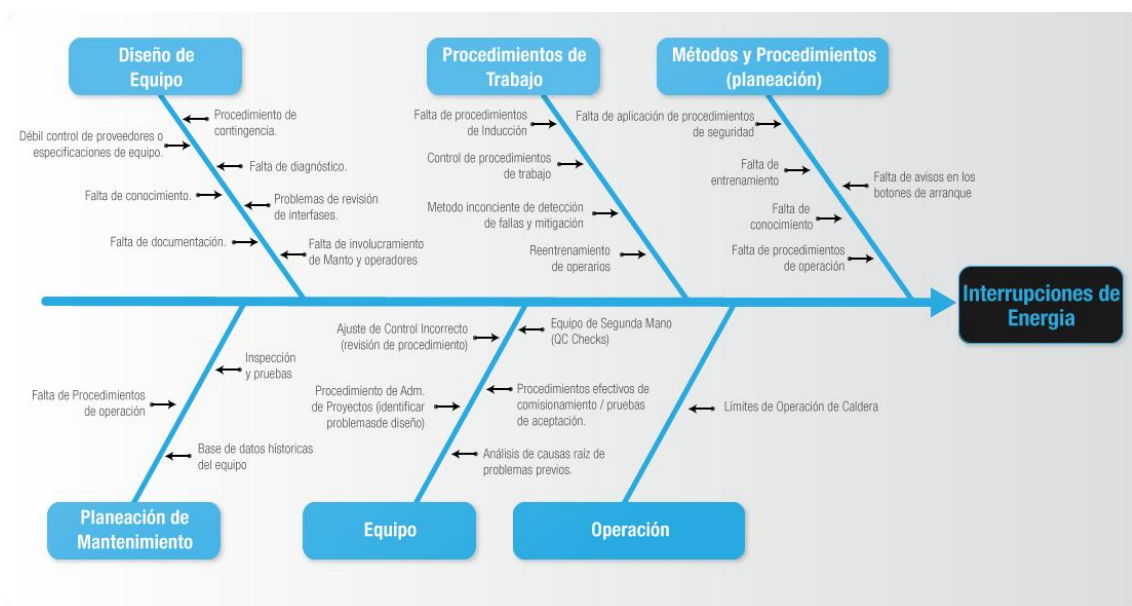


Figura 81: Diagrama de Ishikawa

- Planificación intermedia, gestión de restricciones, índices de confiabilidad, utilización de Inventario de Trabajo Ejecutable.
- Planificación interactiva. Se debe lograr mayor involucramiento de los actores principales del proyecto en las fases de planificación maestra e intermedia. Además debe ser visible para todos. (Planif. Interactiva, paneles, líneas de balance, etc.)





Figura 82: Planificación Interactiva

### 6.10.1. Propuesto de Reunión Tipo

Se deben crear documentos internamente para apoyar las reuniones, establecer y aclarar cada una de las etapas y su importancia, y fortalecerlas con apoyo visual (Apoyo de la reunión, e información en terreno para todos). De esta forma se le da importancia a todas las fases de la herramienta, se habilita a más personas para liderarla, y se da la base para la mejora continua de la herramienta.

- Reunión Previa: El profesional de Terreno o el encargado de Planificación, debe realizar una reunión previa con todos los puntos importantes de la herramienta. Revisar el cumplimiento del plan (PPC), principales CNC, Lookahead e identificación de restricciones, compromisos para la siguiente semana de trabajo.
- Reunión de Planificación: Se deben discutir con todos los participantes los temas más relevantes obtenidos en las reuniones previas, siendo muy claro y riguroso en cada una de las fases de la herramienta. Se propone la siguiente estructura (Tabla 12).

<b>Tiempo</b>	<b>Etapa</b>	<b>Descripción</b>
0 - 20 min	Pasado	Revisión de compromisos: revisión de indicadores generales y particulares (PPC). Resaltar buenos y malos resultados. Mostrar Causas de no cumplimiento con apoyo de diagramas, y discutir las principales, llegando a la causa raíz. Proponer y planificar acciones correctivas.
20 min - 40 min	Futuro	Revisión de Lookahead: Observar actividades a realizar en la semana determinada, discutir las principales restricciones y generar compromisos para liberarlas.
40 min - 60 min	Presente	Revisión de Programa de Trabajo Semanal: Realizar compromisos, considerando lo discutido anteriormente, comprometiendo avances.

Tabla 12: Propuesto de Reunión tipo de Last Planner



## 7. CONCLUSIONES

Lean Construction es una nueva filosofía en la Industria de la Construcción, muy estudiada teóricamente e implementada ya por algunos países en el mundo. En Chile, está basada en la utilización de la Herramienta de Planificación y Control de Proyectos Last Planner, que incorpora varios fundamentos Lean como Estabilidad, Flujo Continuo, Mejora Continua, Colaboración, Transparencia.

De la realización del Marco Teórico, fue posible entender y ejemplificar todos los conceptos y teorías bajo la Filosofía Lean, proceso al comienzo bastante difícil, que con la investigación de implementaciones en otros países e industrias y grupos de investigación internacional, se pudo concretar, pudiéndose observar varias prácticas y enfoques con un gran potencial para aumentar la productividad en la Construcción.

En Chile no hay mucho conocimiento aún sobre esta Filosofía, en terreno, y se comete el error de enfocarla en una sola herramienta, sin entender el fondo y las transformaciones tanto culturales como de principios que hay detrás. Esta es una de las principales causas para el no sostenimiento de la herramienta, ya que no se confía ni se ven los beneficios, y se vuelve a las prácticas tradicionales después de un tiempo, o ante problemas y fases críticas en los proyectos. Es por eso que se decide enfocar esta investigación en como extender y sostener las implementaciones Lean, para potenciar la filosofía más allá de la herramienta LPS, y así poder sostener ésta y las que se logren implementar en el futuro.

Junto con el entendimiento de la Filosofía, se postulan como clave para el sostenimiento involucrar y motivar a los altos mandos y gerencia. Estandarizar las prácticas, medirlas, y aumentar la participación y el empoderamiento del resto de los trabajadores en las organizaciones, proponiendo algunas recomendaciones para lograrlo.

Cada organización y Proyectos son mundos distintos, por lo que no existe una recomendación única ni procedimientos 100% definidos para lograr mejoras en la productividad bajo el enfoque Lean. Pero como siguiente paso, se espera desarrollar una estrategia clara y aplicada, para ayudar a implementar las recomendaciones propuestas y así, extender y sostener la implementación de Lean Construction en las Constructoras Chilenas.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**, Department of Civil Engineering, Stanford University, 1992.

BALLARD, Herman. **The Last Planner System of Production Control**, Northern California Construction Institute, 1994, Estados Unidos.

LIKER, Jeffrey and MEIER, David. **The toyota way fieldbook**, The McGraw-Hill Companies, 2006.

WOMACK and JONES, **Lean Thinking**, Massachusetts Institute of Technology, 2003.

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

ALARCÓN, Luis Fernando y PELLICER, Eugenio. **Un nuevo enfoque en la gestión: La construcción sin pérdidas**, Revista de Obras Públicas N°3496, Febrero 2009.

SABBATINO, Daniel. **Directrices y Recomendaciones para una buena implementación del sistema Last Planner en Proyectos de Edificación en Chile**, Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, Abril 2011.

ALVES, Thais. **Incentives and innovation to sustain Lean Construction Implementation**, International Group for Lean Construction, 2009.

SALEM, O y SALOMON J. **Lean Construction: From Theory to Implementation**, American Society of Civil Engineers (ASCE).

McKinsey & Company, **The Lean Management Enterprise**.

PEKURI, Aki. **Applying Lean in Construction-Cornerstones for implementation**, International Group for Lean Construction, 2012.

BARROS NETO, J. and ALVES T. **Strategic Issues in Lean Construction implementation**, International Group for Lean Construction, 2007.

MORREY, Nicola, and PASQUIRE, Christine. **Developing a Strategy to Enact Lean**, Journal of Engineering, Project, and Production Management (EPPM), 2011.

ALVES, Thais y FAUCHIER, Dan. **Last Planner System is the gateway to Lean behavior**, International Group for Lean Construction, 2013, Brasil.

CERVERÓ-ROMERO, Fernando y NAPOLITANO, Paulo. **Last Planner System and Lean Approach process: Experience from implementation in México**, International Group for Lean Construction, Brasil, 2013.

HAMZEH, Farook. **The Lean Journey: Implementing the Last Planner System in Construction**, International Group for Lean Construction, 2012.

ALARCÓN, Luis F y ROJO, Oscar. **Assessing the impacts of implementing Lean Construction**. International Group for Lean Construction, 2005.

VIANA, Daniela y MOTA, Bruno. **A survey on the Last Planner System: Impacts and difficulties for implementation in Brazilian Companies**. International Group for Lean Construction, 2010.

FULLALOVE, Lucía. **Examples of Lean Techniques and Methodology applied to UK Road Schemes**. International Group for Lean Construction, Brasil 2013.

AL-AOMAR, Raid. **Analysis of Lean Construction practices at Abu Dhabi Construction Industry**. International Group for Lean Construction, 2012.

Kemmer, Sergio y Alves, Thais. **Using the Line of Balance for Production System Design**. International Group for Lean Construction, Brasil 2013.

ARBULU, Roberto y BALLARD Glenn. **Kanban in Construction**. International Group for Lean Construction.

HIGHWAYS AGENCY, **Lean Improvement Division**.  
<https://www.gov.uk/government/organisations/highways-agency>