

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL CONCEPCIÓN DEL URUGUAY
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA GERENCIAL
SEMINARIO DE INTEGRACIÓN**

**Método y beneficios de aplicar Lean construction en constructora
tradicional**

Autor: Ing. Conde, Federico

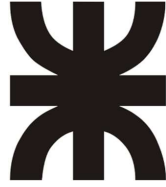
Tribunal de evaluación:

Mg. Hegglin, Daniel

Mg. Blanc, Rafael

Dr. Lepratte, Leandro

Año académico: 2021



Universidad tecnológica nacional
Facultad regional Concepción del Uruguay
Especialización en ingeniería gerencial

Proyecto final presentado en cumplimiento a las exigencias de la carrera especialización en ingeniería gerencial de la Facultad Regional Concepción del Uruguay por el alumno Conde, Federico.

Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina.

Año académico: 2021

Resumen

Este trabajo analiza la posibilidad de aplicar metodologías de la filosofía LEAN en empresas constructoras tradicionales. En particular el sistema Last Planner® System (LPS) (Ballard y Howell, 1994). Busca encontrar herramientas que permitan mejorar la confiabilidad y la eficiencia en la industria de la construcción. Se estudia en que grado se cumple con los plazos y presupuestos planificados tanto en empresas tradicionales como en aquellas que aplican el LPS y en qué nivel se podrían beneficiar por aplicar este tipo de metodologías. Finalmente se ofrece un método para la aplicación del LPS en una empresa modelo de tamaño medio en la región.

Palabras claves

Construcción LEAN; Last Planner® System; Planificación colaborativa; Indicadores de desempeño.

Abstract

This work analyzes the possibility of applying methodologies of the LEAN philosophy in traditional construction companies, in particular the Last Planner® System (LPS) (Ballard and Howell, 1994). It seeks to find tools to improve reliability and efficiency in the construction industry. It is studied to what degree the planned deadlines and budgets are met both in traditional companies and in those which apply the LPS and at what level they could benefit from applying this type of methodologies. Finally, a method is offered for the application of the LPS in a model company of medium size in the region.

Key words

LEAN Construction; Last Planner® System; Collaborative planning; Performance indicators.

Índice

Resumen	1
Palabras claves	2
Key words	2
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Tema: Problema o pregunta central.	6
1.2. Impacto esperado	11
2. OBJETIVOS	12
2.1. General	12
2.2. Particulares	12
3. ENFOQUE TEÓRICO	12
4. METODOLOGÍA DE TRABAJO	15
4.1. Herramientas metodológicas por aplicar	15
4.2. Datos por relevar	15
4.3. Factibilidad de desarrollo de trabajo conforme a objetivos fijados	16
4.4. Cronograma de trabajo	16
5. RESULTADOS	17
5.1 Framework Last planner system para empresa constructora tradicional	17
5.1.1. Planificación de largo plazo	17
5.1.2. Planificación de medio plazo	20
5.2. Relevamiento de datos	25
5.2.1. Modelo de encuesta	26
5.2.2 Resultado de las encuestas	27
5.3.1 Pasos para la implementación	36
6. CONCLUSIÓN	39
7. Referencias bibliográficas	41

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Problemas crónicos de la construcción.....	7
Ilustración 2: Desviación del plazo original	8
Ilustración 3: Desviación del costo base.....	8
Ilustración 4: Productividad en la industria de la construcción comparada con otras industrias	9
Ilustración 5: Previsibilidad en tiempos de entrega.....	9
Ilustración 6: Tareas que agregan valor	10
Ilustración 7: Causas de perdidas.....	10
Ilustración 8: Flujo LPS.....	14
Ilustración 9: Cronograma	16
Ilustración 10: Listado de restricciones	20
Ilustración 11: Porcentaje de confiabilidad de restricciones.....	21
Ilustración 12: Porcentaje de plan completado	22
Ilustración 13: Flujograma LPS.....	24
Ilustración 14: Planificación de obra	27
Ilustración 15: Control y ajustes	28
Ilustración 16: Cumplimiento de lo planificado	28
Ilustración 17: Pasos para aplicar LPS.....	37

Índice de tablas

Tabla 1: Diferencias entre un proyecto tradicional y uno LEAN	25
Tabla 2: Resultado de encuestas	29
Tabla 3: Causas de no cumplimiento	31
Tabla 4: Causas de no cumplimiento más influyentes.....	33

Método y beneficios de aplicar Lean construction en constructora tradicional

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo está enfocado en la implementación de la filosofía Lean en una empresa constructora tradicional, proponiendo un método de aplicación y analizando los beneficios que acarrea este nuevo rumbo.

Se busca mediante este cambio de paradigma lograr un gerenciamiento más eficiente, con mayor participación de todas las partes involucradas para así disminuir las incertidumbres tanto en plazos como en costos proyectados.

La construcción es una industria con una serie de características particulares que la han llevado a permanecer relegada en términos de avance de la productividad. Aún con los avances tecnológicos sigue existiendo un claro desfase entre la complejidad técnica de lo proyectado y el alto grado de improvisación en la ejecución.

También es una industria muy influenciada respecto a los vaivenes de la economía, se ve fuertemente afectada en las crisis y crece rápidamente cuando la economía da muestras de recuperación. Por esto mejorar la productividad puede dar una ventaja competitiva fundamental que permita a una empresa permanecer a flote en tiempos difíciles y aprovechar al máximo las oportunidades que da el mercado.

Aplicando los conocimientos adquiridos en la especialización se analizan las ventajas que conlleva la filosofía LEAN aplicada a la construcción particularmente el sistema Last Planner System un sistema de planificación colaborativa y control de la producción desarrollado por Glenn Ballard y Greg Howell desde mediados de los años 90.

Las cuestiones para analizar van más allá de la reducción de costos y mejoras en la planificación. Se contemplan situaciones referentes al manejo del capital humano, lo que representa una suma de valor para el cliente tanto externo como interno y a posicionarse como una empresa moderna y flexible que se relacione de otra manera con la sociedad.

Comentado [1]: Tomemos los puntos del modelo de presentación del plan de trabajo como estructura general.

1.1. Tema: Problema o pregunta central.

Historicamente la construcción no ha avanzado al ritmo de otras industrias esto se debe a sus características particulares. García Meseguer, (1991:13-14) señala algunas de las principales:

1. Es una industria nómada por lo cual la consistencia de las características de la materia prima y los procesos es más difícil de conseguir.
2. Salvo algunas excepciones, la construcción civil crea productos únicos y no permite producción en serie.
3. A diferencia de otras industrias no es posible aplicar la producción en cadena (productos que van pasando por puestos de trabajos fijos) si no la producción centralizada (operarios se mueven en torno de un producto estático) lo que dificulta la organización de los trabajos, provocando interferencia.
4. Frente a otras industrias más jóvenes y dinámicas, la construcción es una industria muy tradicional, con gran inercia ante las innovaciones.
5. La construcción utiliza mano de obra poco calificada, debido al carácter eventual de estas personas y a las pocas oportunidades de desarrollo. Esto genera escasa motivación en el trabajo y pérdidas en la calidad.
6. Otras industrias realizan sus trabajos en ambientes cubiertos, mientras que la construcción es hecha a la intemperie, con dificultades para un buen almacenamiento, sometida al vandalismo, etc.
7. En las industrias que fabrican productos con vida limitada, el ciclo adquisición – uso – nueva adquisición se repite varias veces en la vida del comprador. Lo que origina una experiencia de usuario que repercute en una exigencia de calidad. En la construcción por el contrario el producto es único o casi único en la vida del usuario y en consecuencia su experiencia no repercute posteriormente. En otras palabras, el usuario influye poco en la calidad del producto.
8. Independientemente del grado de complejidad de los productos, otras industrias emplean especificaciones simples y claras. La construcción emplea especificaciones complejas, casi siempre contradictorias y confusas, por esto la calidad resulta mal definida desde el origen.

Comentado [2]: Leandro no me queda claro vos aconsejas que luego de los 10 puntos redacte de manera concisa el problema o que remplace todos estos puntos por algo mas concreto?

Comentado [3]: Esta todo ok. Inserta ahí un párrafo dónde digas ...el problema a abordar es....

9. En otras industrias las responsabilidades se encuentran relativamente concentradas y están bien definidas. En la construcción las responsabilidades están dispersas o poco definidas, lo que produce zonas oscuras para la calidad.

10. El grado de precisión con que se trabaja en la construcción es en general mucho menor que en otras industrias, cualquiera que sea el parámetro que se contemple: presupuesto, plazo, resistencia mecánica, etc. La consecuencia es que en la construcción el sistema es por demás flexible y confiado en esta flexibilidad, se aceptan compromisos de difícil cumplimiento que provocan una disminución en la calidad.

La construcción presenta una serie de problemas crónicos, es una industria muy tradicional en la que cuesta romper la inercia. Cambiar los paradigmas es una tarea ardua, desde los tempranos 90's diversos autores han proporcionado una larga lista de motivos por lo cual se considera necesario que esto cambie.

Ilustración 1: Problemas crónicos de la construcción

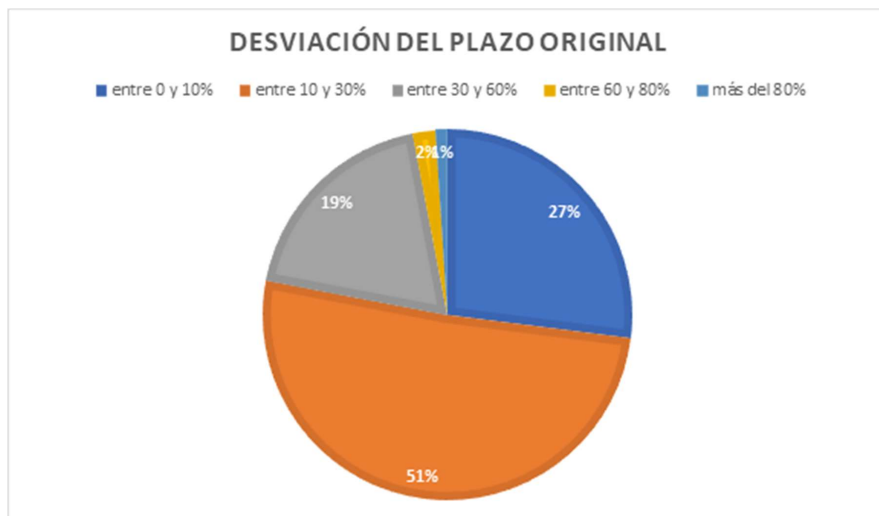
PROBLEMAS CRÓNICOS DE LA CONSTRUCCIÓN	
1	Uso de métodos obsoletos para la Planificación, Control y Gestión de la Producción.
2	Escaso rigor en el cumplimiento de la Seguridad.
3	Proyectos incompletos, poco detallados y escasamente analizados.
4	Controles de calidad ineficaces que no garantizan la entrega de calidad a la primera.
5	Incumplimiento sistemático de los plazos de entrega.
6	Mano de obra poco cualificada, comparada con la industria manufacturera.
7	Falta de coordinación y transparencia entre las partes interesadas.
8	Escasos o nulos controles de la productividad.
9	Sobrecostos. Sistema de licitación basado en: (1) diseño, (2) licitación, (3) construcción.
10	Gran cantidad de retrabajos.

Fuente: Pons-Rubio (2019)

La falta de registro es uno de los principales problemas, son pocos los casos en los que se cuenta con mecanismo de toma y análisis de datos sobre la gestión de la obra.

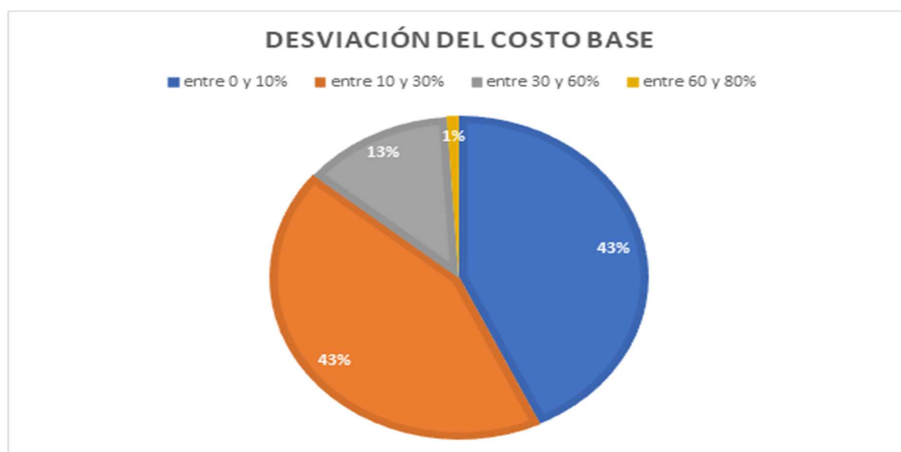
Según encuestas realizadas por la cámara argentina de la construcción en 2018 el porcentaje de obras terminadas fuera de plazo es mayor al 70% y las desviaciones en el costo están por encima del 50%. Estos indicadores están en línea con las mediciones que arrojan estudios similares realizados a nivel global.

Ilustración 2: Desviación del plazo original



Fuente: Cámara argentina de la construcción (2018).

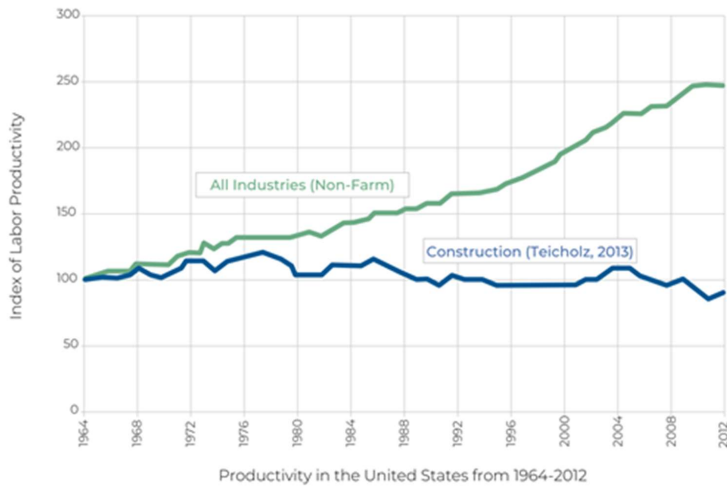
Ilustración 3: Desviación del costo base



Cámara argentina de la construcción (2018).

En estudios hechos por el departamento de comercio de los EE. UU. se puede observar cómo desde la década del 60 la industria manufacturera ha aumentado la productividad mientras que la construcción no sólo no ha aumentado, sino que, incluso ha disminuido

Ilustración 4: Productividad en la industria de la construcción comparada con otras industrias



Pons-Rubio (2019)

En Reino Unido el UK industry performance report muestra la proporción de proyectos entregados a tiempo

Ilustración 5: Previsibilidad en tiempos de entrega



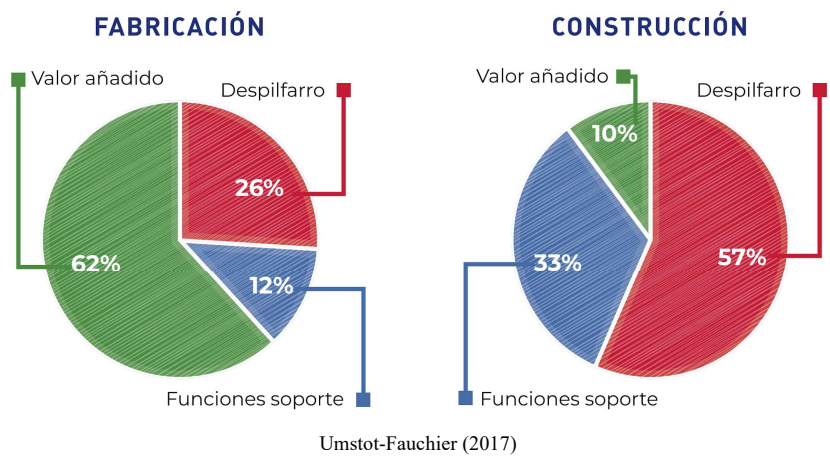
Figura 6. En la gráfica, el KPI anual Predictability Time informa del porcentaje de proyectos que se entregaron a tiempo o antes en la fase de construcción.

Fuente: Pons-Rubio (2019)

Un estudio de 2004 del Construction Industry Institute indica que hasta el 57 % del tiempo, las tareas no agregan valor al producto final, en comparación con sólo el 26% de la industria manufacturera. Umstot - Fauchier (2017)

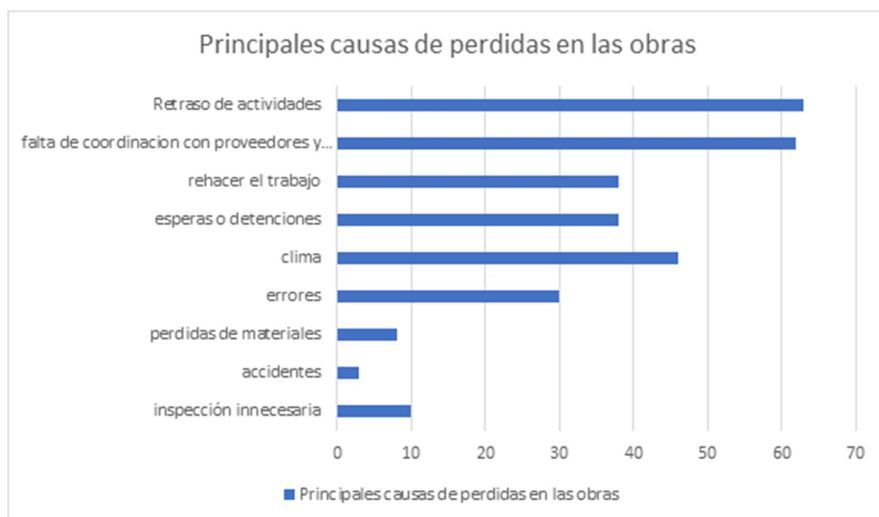
Comentado [4]: CITA

Ilustración 6: Tareas que agregan valor



Para Argentina según las encuesta realizada por CAMARCO la gran mayoría de los encuestados considera que la mitad de las horas utilizadas no son productivas

Ilustración 7: Causas de perdidas



Camarco (2018)

Las encuestas revelan que las principales causas de pérdidas observadas son:

- Retraso de actividades
- Falta de coordinación con proveedores y contratistas
- Esperas o detenciones

Por esto, el presente proyecto se enfocará en el problema de las demoras y sobrecostos que se generan por fallas en la comunicación entre quienes realizan la planificación, gerenciamiento y aquellos que ejecutan la tarea.

1.2. Impacto esperado

Como se puede observar en lo desarrollado gran parte de los problemas de atraso y costos en las obras se pueden atacar aplicando un método de planeamiento y control de la producción más efectivo.

Desde los 90 se han desarrollado una variedad de herramientas basadas en el sistema de producción Toyota aplicadas a la construcción. Entre ellas el last planner system of production control el cual permite reducir la variabilidad en el corto plazo y analizar sistemáticamente las restricciones, lo cual contribuye a mejorar la confiabilidad de los flujos de trabajo (Ballard, 2000).

Los beneficios esperados al aplicar *Last planner system* (LPS) son:

1. Reducción de costos. Mayor beneficio y cumplimiento del presupuesto
2. Mejora en la productividad, la calidad y la seguridad. Reducción de plazos de entrega
3. Entorno de trabajo basado en el aprendizaje y la mejora continua
4. Mejor integración con subcontratista, la comunicación y los compromisos
5. Identificar y eliminar las 7 pérdidas o MUDA. Mayor creación de valor para el cliente.
6. Mayor colaboración entre las partes, desde etapas tempranas.
7. Oportunidad de solucionar posibles interferencias de manera temprana y aplicar mejoras
8. Mayor control de la variabilidad
9. Flujo continuo y previsible de trabajo

10. Mayor satisfacción de los clientes internos y externos

El LPS incluye la utilización de algunos indicadores, siendo el principal de ellos el porcentaje de plan completado, utilizado para monitorear la eficacia de la planificación.

Esto permitiría ver de manera cuantitativa las mejoras de aplicar el sistema en el tiempo. El problema es que las empresas tradicionales no utilizan este tipo de indicadores, ni son transparentes en cuanto a los desfases en los costos y tiempos planificados. Lo cual dificulta la comparación directa.

Por esto en el presente trabajo buscamos aplicar un sistema de planificación colaborativa que reduzca al mínimo todas aquellas tareas que no agregan valor. Reducir la incertidumbre tanto en los plazos como en los costos y que las desviaciones de lo planificado sean mensurables.

2. OBJETIVOS

2.1. General

Diseñar un modelo de gestión basado en la filosofía LEAN para empresas constructoras y analizar la eficacia de aplicar el sistema last planner system (LPS) en una empresa tradicional.

2.2. Particulares

OE1 Adaptar y elaborar un modelo de gestión de obras basado en los supuestos de la filosofía LEAN y del sistema LPS.

OE2 Testear el componente diagnóstico del modelo (set de indicadores) comparando distintas obras testigo.

OE3. Elaborar una propuesta para implementar en el caso de estudio, considerando el impacto de este en las modalidades de gestión, presupuestos y plazos de ejecución de obras.

3. ENFOQUE TEÓRICO

La filosofía LEAN se originó en Japón en los años 50, principalmente aplicada en la industria automotriz, su baluarte el método de producción Toyota, cuya idea básica era eliminar

inventarios y toda pérdida a través de lotes de producción pequeños (Monden 1983, Ohno 1988, Shingo 1988, Shingo 1988).

Koskela (1992) hace una crítica a los sistemas de gestión de producción tradicionales desde el punto de vista conceptual. Propone un cambio de filosofía para la construcción buscando imitar lo realizado por las industrias manufactureras.

“Es importante entender que todas las organizaciones tienen valores, principios, métodos y herramientas, lo quieran o no. Las cuestiones son: en qué consisten, cuán explícitos son y cuál es la amplitud de su aceptación en la organización” Modig (2012)

Según Isatto (2000) La diferencia básica entre la filosofía gerencial tradicional y la teoría lean production es esencialmente conceptual.

El cambio más importante para la implantación del nuevo paradigma es la introducción de una nueva forma de entender los procesos. La filosofía tradicional ve a la construcción como un conjunto de actividades de conversión que transforman los insumos en productos intermediarios o finales. Esta visión deja de lado las actividades que componen los flujos entre las tareas de conversión. Se puede estimar que cerca del 67% del tiempo gastado por los trabajadores está en operaciones que no agregan valor al cliente. Por su parte el sistema LEAN entiende que un proceso es un flujo de materiales, desde la materia prima hasta el producto final, siendo el mismo constituido por actividades de transporte, espera, procesamiento (conversión) e inspección.

Ballard (2000) indica que el sistema Last Planner system fue desarrollado a partir de modelos y conceptos obtenidos de la ingeniería de producción. Este autor entiende que el flujo de trabajo es el movimiento de informaciones y materiales a través de las unidades de producción. En el caso de la construcción las unidades de producción son móviles y el flujo de trabajo es definido por el movimiento de estos.

Ballard define LPS como una filosofía, reglas y procedimientos, y un conjunto de herramientas que facilitan la implementación de estos procedimientos.

Pons Achell (2014) El LPS puede entenderse como un mecanismo para la transformación de “lo que debería hacerse” en “lo que se puede hacer”, formando así un inventario de trabajo realizable, que puede ser incluido en los planes de trabajo semanal. La inclusión de asignaciones en los planes de trabajos semanales es un compromiso de los últimos planificadores (supervisores, jefes de obra, etc.) de “lo que en realidad se hará”.

LPS es un sistema colaborativo basado en el compromiso. Crea un sistema que garantice que cada semana se están cumpliendo los compromisos del plan semanal. Permitiendo eliminar, planes de contingencia, exceso de inventario y otras actividades que no agregan valor.

El esfuerzo de reducción de pérdidas y aumento del valor en la gestión de los procesos tiene carácter incremental, interno a la organización, Basado en Kaisen, filosofía japonesa de mejoramiento continuo.

El trabajo en equipo y la gestión participativa se constituyen en los requisitos esenciales para la introducción de mejoras continuas en los procesos. Estandarización de los procedimientos, consolidar las buenas prácticas constructivas y servir de referencia para futuras mejoras.

El concepto de planificación no debe ser entendido simplemente como la utilización de un programa computacional para organizar las actividades del proyecto. La planificación debe determinar lo que se debe hacer, cómo se debe hacer, qué acción debe tomarse, quién es el responsable de ella y por qué.

Comentado [5]: ok aquí hay skills intangibles, procesos de aprendizaje, desarrollo de competencias blandas, etc. que tenés que plantear en un modelo de gestión basado en esta "filosofía"

Ilustración 8: Flujo LPS



Ballard (2000)

Comentado [6]: falta la fuente de esto

4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1. Herramientas metodológicas por aplicar

Para cumplir con el OE1 de adaptar y elaborar un modelo de gestión de obras basado en los supuestos de la filosofía LEAN y del sistema LPS, se revisará la literatura especializada y definirá un framework ad hoc para analizar casos de empresas tradicionales. En esta instancia también se prevé utilizar como benchmarking empresas que ya hayan implementado el sistema, tomar indicadores de estas y realizar encuestas para observar cuales son los beneficios obtenidos.

El resultado aquí será un modelo teórico - metodológico con diferentes dimensiones de estudio para efectuar diagnósticos sobre el grado de adecuación de las empresas al enfoque LEAN y el análisis de obras conforme a los supuestos de LPS.

En cuanto al cumplimiento del OE2 se efectuará el testeo del modelo teórico - metodológico diseñado en el OE1, tomando empresas y obras “testigo” seleccionadas con criterios de muestreo teórico (bajo el supuesto inicial de que sean empresas de gestión tradicional). El resultado aquí será ajustar el modelo y también analizar los resultados de la aplicación de diferentes variables e indicadores cuali-cuantitativos basados en el enfoque LPS. Aquí se diseñarán instrumentos de recolección de datos ad hoc (entrevistas con informantes calificados de las empresas testigo, formulario de registro, reporte técnico de obra).

En base a los resultados obtenidos en OE1 y OE2 se elaborará una propuesta para aplicar el modelo en la empresa caso de estudio. Para esto se elaborará un diagnóstico estratégico de la misma considerando la adecuación de la estrategia funcional al incorporar los supuestos del modelo diseñado.

4.2. Datos por relevar

En forma inicial para realizar el benchmarking se plantea obtener los siguientes datos:

- PPC (Porcentaje de plan completado)

Comentado [7]: aquí acomodé la parte metodológica.

Comentado [8]: esto tiene que estar relacionado con lo que coloques en el punto 4.2.

5. RESULTADOS

5.1 Framework Last planner system para empresa constructora tradicional

Last planner system (LPS) es una filosofía que incluye reglas, procedimientos y un conjunto de herramientas que facilitan la implementación de estos procedimientos.

En LPS las planificaciones son producidas a medida que son obtenidas las informaciones sobre el estado del sistema. Esto quiere decir que una actividad solamente es introducida en la planificación operacional si es considerada prioritaria en las planificaciones de nivel superior y todas las restricciones han sido retiradas.

El LPS adopta la idea de jerarquización de planeamiento, de esta manera se evita la excesiva pormenorización en las primeras etapas de la planificación. Normalmente el planeamiento y control es dividido en tres niveles, Máster plan (largo plazo), lookahead (medio plazo) y planeamiento de compromiso (corto plazo).

5.1.1. Planificación de largo plazo

En esta etapa de la planificación se define el “debe” es decir, que es lo que debería ocurrir en el proyecto. Esta etapa se subdivide en dos etapas:

1. Planificación maestra
2. Planificación de fases

Planificación maestra

En esta etapa el objetivo es definir las metas del proyecto, así como los hitos más destacados.

Los componentes que considerar son los siguientes:

- Alcance
- Análisis de las partes: clientes, proveedores, subcontratistas, etc.
- Definición de los procesos
- Organigrama
- Definición de la estrategia de trabajo a seguir
- Análisis de riesgos

- Identificación de recursos críticos (equipos, materiales, mano de obra)
- Identificación de hitos (Contractuales e internos de la empresa y el proyecto)
- Programación general de la obra
- Costeo

Se parte del plan maestro, confeccionando un diagrama de Gantt, se definen los hitos principales, de modo que las diferentes partes puedan aunar fuerzas de manera efectiva.

Es importante identificar las fases que tendrá el proyecto. Para identificar las fases se sugiere considerar los siguientes aspectos:

- Entregables o áreas de proyecto
- Utilización de recursos (compartidos o específicos de cada área)
- Hitos del proyecto: Internos y/o contractuales
- Identificación de riesgos

Planificación de fases

Se definen los trabajos a realizar en cada fase de la obra. Esto debe ser ejecutado en conjunto por todos los responsables de cada actividad en el proyecto. La finalidad es tener un plan de trabajo consensuado y al cual se comprometen todas las partes y se identifican las restricciones más importantes del proyecto. Para realizar esta planificación es recomendable utilizar la metodología de pull planning

En las sesiones de Planificación Pull deben participar todos los actores relevantes de la fase capaces de proporcionar información y/o recursos para garantizar flujo de trabajo continuo y predecible: contratista principal, jefe de obra, encargado de obra, responsables o encargados de los subcontratistas, etc. Es recomendable la participación del cliente.

Es importante que para la sesión pull se envíe a los participantes la información necesaria para que se encuentren preparados. La información puede incluir:

- Descripción del hito del que se va a “tirar”
- Información del programa de trabajo
- Estrategia de trabajo
- Actividades principales

- Cantidades y rendimientos
- Planos
- Especificaciones técnicas
- Recursos críticos
- Riesgos identificados

En las sesiones pull se comienza de un hito y se comienzan a establecer cuáles son sus tareas precedentes y las limitantes para realizarlas, así de cada tarea surgen nuevas tareas precedentes y limitantes. Realizando el proyecto en el sentido inverso del que normalmente se realiza. Se recomienda que para esta tarea se realice una reunión con material que permita a cada subcontratista o parte estimar la duración de su tarea y sus limitantes y colocarlo en un panel de planificación, esto genera un compromiso mayor de cada una de las partes involucradas.

En esta fase de la planificación se enfatiza en la duración de las actividades, traspasos de una actividad a otra, número de personas o tamaño de cuadrillas, así como las restricciones específicas de cada actividad. Preguntas que deben hacerse en una planificación pull:

- ¿Cuál es la última actividad necesaria para realizar este hito?
- ¿Qué te impediría empezar esta actividad? ¿Se puede empezar hoy?
- ¿Hay algo más que impida comenzar esta actividad?
- ¿Esta actividad se puede realizar en paralelo con otra?

Los participantes en la sesión deben ver y comprender los flujos de trabajo y la programación de los demás. Esto permite que todos conozcan que puede o debe hacerse en cada momento y lugar. Sirve para que los miembros del equipo conozcan su posición como proveedores o clientes, lo que permite finalmente crear un sistema de trabajo totalmente integrado.

Es clave que se definan los requisitos para el traspaso de actividades lo cual impedirá malentendidos entre las distintas partes.

Una vez completada la sesión pull debe realizarse el proceso en el sentido normal de comienzo a fin, con el objetivo de analizar que la secuencia sea lógica y no presente fallas.

Este tipo de planificación evita los cuellos de botella.

5.1.2. Planificación de medio plazo

En la planificación a medio plazo se analiza lo que “se puede” realizar y su relación con el resto. Normalmente el plazo de planificación es de 6 semanas. Se extrae de la planificación pull, este plazo es debido a que se considera que en 6 semanas se podría quitar cualquier restricción existente.

La correcta gestión de estas restricciones permite generar un Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE) que son tareas que se podrían realizar

Se recomienda la utilización de paneles semanales donde puedan observarse las distintas tareas a realizarse y los solapes entre ellas. En estos paneles se pueden colocar tarjetas diarias que son órdenes de trabajo, indican que tarea se realizará, quien la realiza y donde.

Una vez identificadas las tareas se deben analizar las restricciones para cada una de estas tareas. Para encontrar las restricciones se pregunta por qué esta tarea no puede comenzar hoy. La respuesta a esta pregunta nos indica la restricción que se debe solucionar.

Es recomendable llevar un listado de restricciones donde se dé la descripción, que tareas son afectadas, como se va a solucionar, su nivel de prioridad, quien es el responsable y para cuando se compromete a que esta liberada.

Ilustración 10: Listado de restricciones

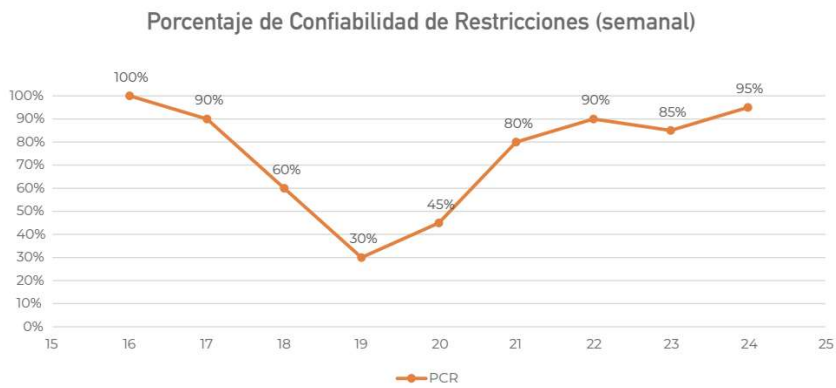
LISTADO DE RESTRICCIONES									
OBRA:				FECHA CONTROL:					
ID	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN/PROBLEMA	IMPACTO / ACTIVIDAD QUE SE VE AFECTADA	ACCIÓN	Prioridad	RESPONSABLE DE LIBERARLA		FECHA COMPROMISO	FECHA REAL LIBERACIÓN	ABIERTA / CERRADA
					EMPRESA	PERSONA			
#1	Urbanización zona piscina. Avinta/DF/Beta konkret (P11D)	Invasión de zonas con riesgo de caída de objetos	La dirección facultativa pactará con los vecinos como acometer con la urbanización y se marcará fecha de entrega de su zona.				10-ago.	20-jul.	CERRADA
#2	Barandilla ext. P11D esc. 3.Cabezas.Disponibilidad/retrada de plataformas de descarga.	Imposibilidad de finalización	Se avanzará todo lo posible a falta de colocar la barandilla donde este la plataforma				22-ago.	22-ago.	CERRADA
#3	No tenemos definido el color de la carpintería de aluminio y por lo tanto no podemos realizar el pedido	Imposibilidad de realizar el pedido del aluminio y de poder planificar esta actividad.	Solicitar a la Dirección Facultativa y al propietario la referencia de color del aluminio.				27-ago.	13-ago.	ABIERTA
#4									

Pons – Rubio (2019)

Se pueden llevar una serie de indicadores que permiten ver que tan efectivo se está siendo en el análisis y la liberación de restricciones. Algunos ejemplos son:

- Confiabilidad de liberación de restricciones: Porcentaje de restricciones liberadas antes de la fecha comprometida sobre el total de restricciones que debieron ser liberadas.
- Cantidad de restricciones identificadas por semana
- Días de anticipación: Es la diferencia en días entre la fecha necesaria de liberación con la fecha en que fue identificada la restricción
- Capacidad de gestión: Días que transcurren desde la identificación hasta la liberación de las restricciones
- Cantidad de compromisos por responsable: Sirve para saber si se está sobrecargando o subutilizando las partes del equipo.

Ilustración 11: Porcentaje de confiabilidad de restricciones



Pons – Rubio (2019)

Planificación a corto plazo

En esta etapa la persona o equipo que va a realizar las tareas se compromete a realizar las tareas cuyas restricciones fueron solucionadas y en qué tiempo la realizarán.

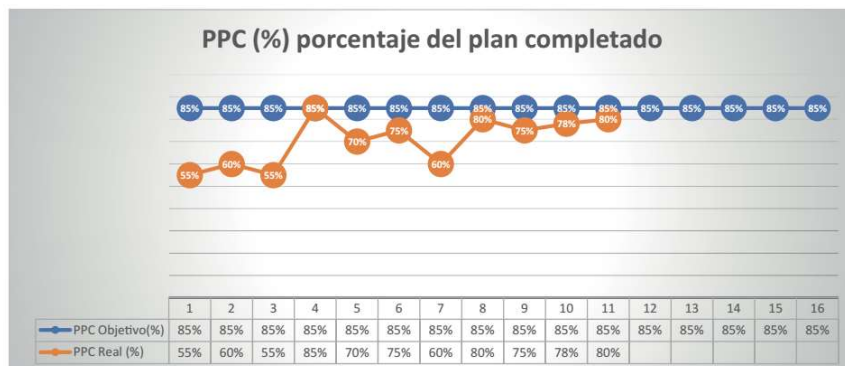
Se arma un plan de trabajo con las actividades comprometidas, donde está claro que se debe ejecutar y cuando. Las tareas debieran ser las que se encuentran en el inventario de trabajo ejecutable (ITE). Pueden existir algunas tareas que aún tengan restricciones, pero se prevé que puedan liberarse pronto.

Es importante que el último planificador asuma la responsabilidad de lo que está diciendo e incluso al hacerlo de manera gráfica colocando una tarjeta en el tablero de planificación delante de las otras partes se crea un compromiso ético para con él y los demás. En esta etapa no basta con escuchar y aceptar lo que diga el último planificador, sino que hay que considerar que esto sea compatible con los compromisos e hitos de la planificación. Es el momento de preguntar si se podría hacer en menos tiempo, que necesitaría para esto.

Luego se debe analizar en qué porcentaje se han ido completando estos compromisos, para esto se puede utilizar el indicador PPC (Porcentaje de Plan Completado)

$$PPC (\%) = \frac{N.º \text{ DE TAREAS COMPROMETIDAS COMPLETADAS}}{N.º \text{ TOTAL DE TAREAS COMPROMETIDAS PLANIFICADAS}} \times 100$$

Ilustración 12: Porcentaje de plan completado



Pons – Rubio (2019)

Algo importante luego de ver que tareas se cumplieron satisfactoriamente y cuales no es documentar las causas de no cumplimiento, no para buscar un culpable si no para poder implementar medidas correctivas.

Ilustración 13: Flujograma LPS

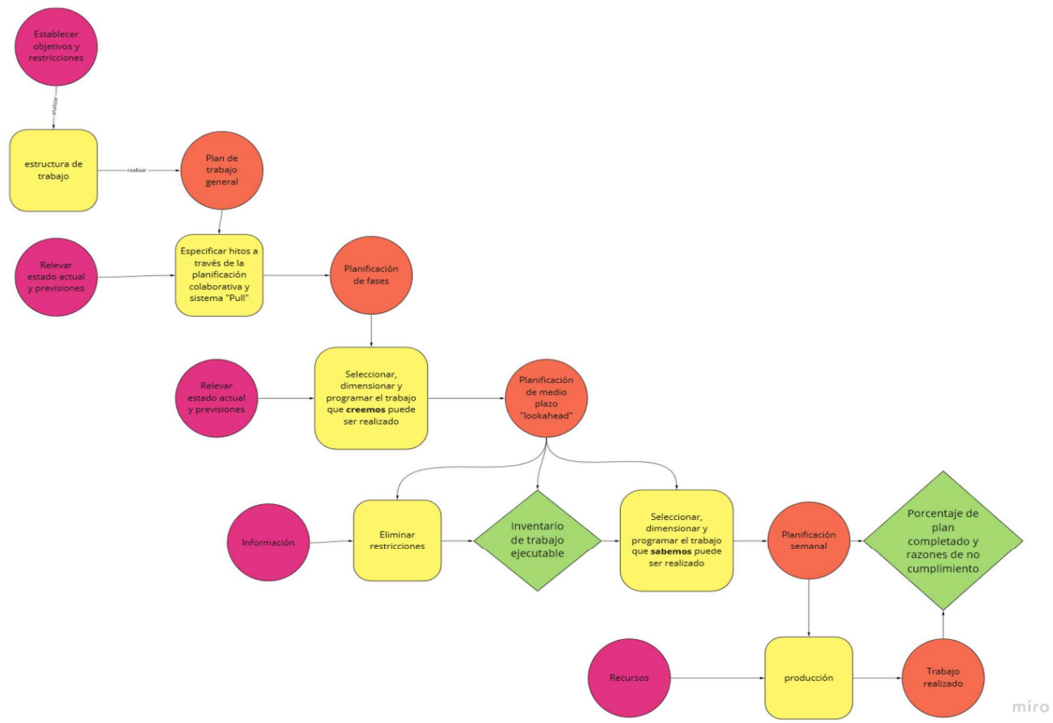


Tabla 1: Diferencias entre un proyecto tradicional y uno LEAN

Proyecto tradicional	Proyecto LEAN
Sistema de planeamiento	
Gestión del camino crítico	Last planner system
Sistema "Push"	Sistema "Pull"
un conjunto de actividades de conversión que transforman los insumos en productos intermedios o finales	flujo de materiales, desde la materia prima hasta el producto final, siendo el mismo constituido por actividades de transporte, espera, procesamiento (conversión) e inspección.
Las actividades se llevan a cabo tan pronto como sea posible	Las actividades se llevan a cabo una vez liberadas todas las restricciones contemplando las necesidades del cliente interno
Fomenta el esfuerzo individual, asigna y transfiere el riesgo no lo comparte. (Riesgo de gestión individual)	Fomenta el intercambio de información y la colaboración entre partes (Riesgo gestionado de manera colectiva)
Planificación	
Primero se realiza el diseño, luego se estudian los procesos. No se toman en cuenta todas las etapas del ciclo de vida del proyecto.	El proyecto y los procesos se diseñan de manera conjunta. Se tiene en cuenta todas las etapas del ciclo de vida del proyecto
Lineal, inequívoco, segregado	Colaborativo, multinivel.
Relación entre partes	
Se selecciona lo que el mercado ofrece	Se realizan esfuerzos para mejorar la cadena de suministros
Un especialista toma las decisiones y las dicta para que se ejecuten	Todas las partes forman parte de las tomas de decisiones
Se busca el máximo beneficio generalmente basado en los costos	Se busca agregar valor al cliente

Pons Achell (2014)

5.2. Relevamiento de datos

En forma inicial para realizar el benchmarking se plantea obtener los siguientes datos:

- PPC (Porcentaje de plan completado) nivel de cumplimiento y desfase de presupuestos
- nivel de cumplimiento y desfase de plazos estipulados
- CNC (Causas de no cumplimiento)
- Porcentaje de productividad (Hs tareas que agregan valor/hs tareas que no agregan valor)

En los casos que estos datos no estén disponibles se realizarán entrevistas donde se consultará a los encargados de la planificación y control cómo consideran ellos que se cumplen y cuáles son las principales causas de no cumplimiento.

Para conocer mejor la forma de planificación se efectuarán preguntas con respecto a los plazos en que se planifica y si esta planificación se ve sometida a controles y readecuaciones. Quienes participan en la planificación, si se informa al resto de la organización y en tal caso cómo se comparte esta información.

5.2.1. Modelo de encuesta

En su empresa ¿Quiénes realizan la planificación de las obras? ¿Se consulta a alguien externo o a distintas partes de la organización?

¿Se realiza una planificación y presupuesto de principio a fin de obra?

¿En qué medida cree que se cumple con los plazos planificados? ¿Se mide de alguna forma?

¿En qué medida cree que se cumple con los presupuestos planificados? ¿Se mide de alguna forma?

En caso de existir desfases entre lo planificado y lo ejecutado ¿Se pueden identificar fácilmente?

A su criterio ¿Cuáles son las principales causas por las cuales no se cumple lo planificado?

Cuando no se cumple lo planificado ¿Se analiza por qué? ¿Se lleva algún indicador de esto?

¿Se utiliza algún método o indicador para conocer en qué medida se cumple lo planificado? de ser así ¿cuál?

¿Qué porcentaje de las horas trabajadas considera que efectivamente agregan valor?

¿Cuáles son las principales pérdidas que observa? ¿A qué se deben?

5.2.2 Resultado de las encuestas

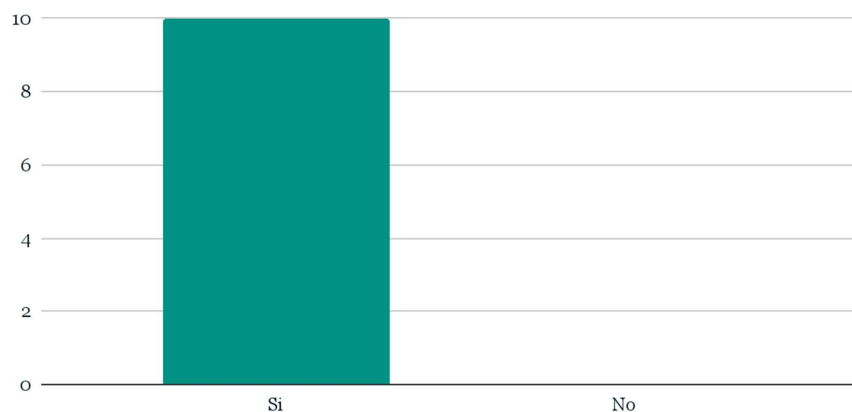
Se realizaron 10 encuestas a organizaciones de distinta envergadura dentro de la construcción.

En todos los casos la planificación es realizada por oficina técnica o por los jefes de obra, en el único caso que se involucra más personas en la planificación (Capataces, proveedores, compras, etc.) es en la única de las 10 empresas encuestadas que utiliza la filosofía LEAN

La mayoría de las empresas realizan una planificación de inicio a fin de la obra, algunas obras pequeñas tienen mayor flexibilidad o no se planifican en su totalidad.

Ilustración 14: Planificación de obra

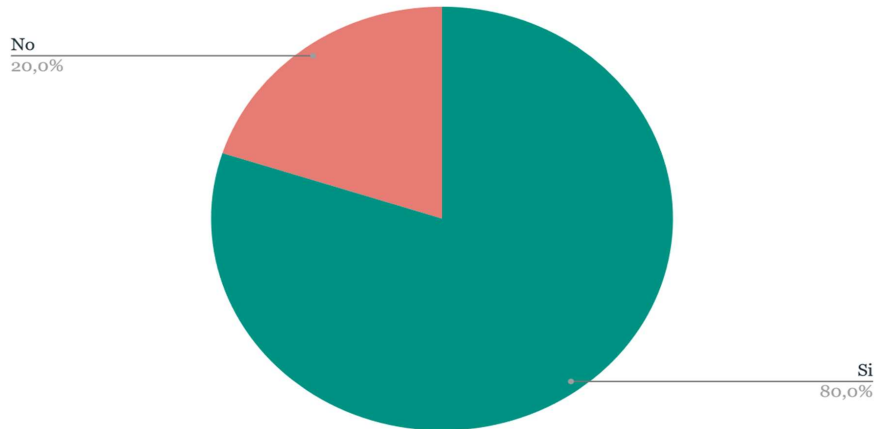
Realiza planificación en su obra



Realiza planificación en su obra

Ilustración 15: Control y ajustes

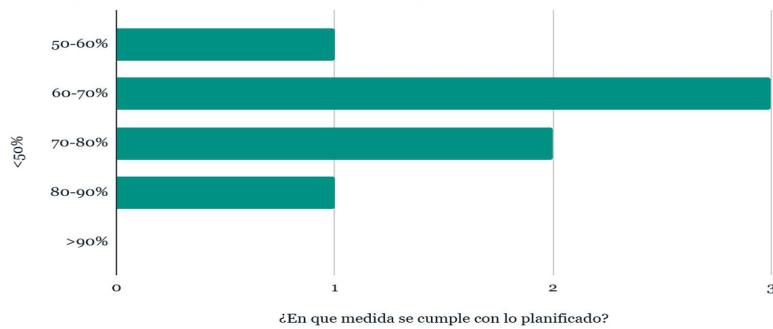
Realiza control y ajustes



En cuanto a los cumplimientos de plazos y presupuestos los encuestados de nuevo con la excepción de la empresa que utiliza LEAN, no llevan un control de porcentajes de cumplimiento. Las estimaciones de los encuestados son sorprendentemente altas.

Ilustración 16: Cumplimiento de lo planificado

¿En que medida se cumple con lo planificado?



Los encuestados concuerdan que en caso de existir desfases entre lo planificado y lo ejecutado puede ser identificado fácilmente por hitos incumplidos en el seguimiento de obra.

Con respecto al porcentaje de horas que realmente agregan valor, la mayoría de los encuestados nunca se lo había cuestionado por lo cual no tenía una respuesta clara.

Con respecto a las posibles causas de no cumplimiento varía dependiendo del tipo de obra llevada a cabo por cada empresa, algunas nombran el clima, faltante de materiales, cambios en la planificación, falta de mano de obra. También en este caso solo la empresa LEAN lleva un indicador de estas.

Se realizó un cuadro donde se nombran varias posibles causas de no cumplimiento y se le pidió a los encuestados que digan en qué medida los afectaba, dando las opciones: no afecta, bajo, medio, alto o preponderante.

Se asignó un valor a cada una de estas opciones no afecta (0), bajo (1), medio (2), Alto (3) y preponderante (4).

Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 2: Resultado de encuestas

Causas de no cumplimiento		Nivel de incidencia										Sumatoria
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1	ausentismo	3	2	2	3	1	0	0	0	1	1	13
2	Falta de compromiso del personal	3	3	2	3	1	0	3	3	4	2	24
3	Baja productividad	3	2	2	2	2	3	0	3	4	2	23

4	Rotación del personal	2	2	2	2	1	3	0	2	1	1	16
5	Accidentes	1	2	1	1	1	0	0	2	1	1	10
6	Falta de programación de la mano de obra	2	3	1	2	0	0	2	3	3	1	17
7	Sobreestimación de la productividad	2	2	0	3	0	2	3	4	2	2	20
8	Interferencias entre equipos de trabajo	2	1	0	3	2	3	1	1	2	2	17
9	Falta de datos sobre la producción	2	2	0	2	0	2	0	3	3	1	15
Materiales												
10	Falta de planificación con los materiales	3	3	1	3	1	0	1	3	3	1	19
11	Falta por pérdidas mayores a las estimadas	2	1	1	2	0	1	0	1	1	1	10
12	Falta por fallos del proveedor	2	3	1	2	3	4	1	2	1	2	21
Equipos												
13	Falta de planificación con los equipos	3	2	0	2	1	0	1	3	4	2	18
14	Mantenimiento	3	3	0	2	2	0	0	2	3	2	17
15	Equipos inadecuados	3	2	0	2	0	0	1	3	4	0	15
Proyecto												
16	falta de proyecto	3	1	0	3	0	4	1	4	4	2	22
17	mala calidad de proyecto	3	1	0	3	0	0	1	3	4	1	16
18	incompatibilidades entre proyectos	3	1	0	4	2	0	1	3	4	3	21

19	cambios en el proyecto	2	1	1	4	2	4	3	4	4	2	27
Planeamiento												
20	Modificaciones de la planificación	2	2	1	3	2	3	1	4	3	2	23
21	mala especificación de las tareas	2	2	0	3	1	1	2	3	3	2	19
22	Atraso de las tareas previas	3	3	0	3	1	1	2	3	4	2	22
23	Imprevistos	3	3	0	4	1	3	3	2	2	1	22
Clientes												
24	Modificaciones sobre trabajos ya realizados	2	0	2	4	2	3	2	2	4	1	22
25	indefiniciones	2	0	2	4	0	3	2	3	4	1	21
26	Tareas extras	2	1	1	4	0	3	2	2	4	2	21
27	Falta de financiación	3	3	1	4	1	3	3	3	4	1	26
Externas												
28	Fenómenos meteorológicos	2	2	2	4	3	1	1	2	3	2	22
29	Ente externo (Ej.: Municipio, ente regulador de gas, etc.)	3	1	2	4	2	3	0	3	4	2	24

Tabla 3: Causas de no cumplimiento

RR. HH		
1	ausentismo	13
2	Falta de compromiso del personal	24

3	Baja productividad	23
4	Rotación del personal	16
5	Accidentes	10
6	Falta de programación de la mano de obra	17
7	Sobreestimación de la productividad	20
8	Interferencias entre equipos de trabajo	17
9	Falta de datos sobre la producción	15
Materiales		
10	Falta de planificación con los materiales	19
11	Falta por pérdidas mayores a las estimadas	10
12	Falta por fallos del proveedor	21
equipos		
13	Falta de planificación con los equipos	18
14	Mantenimiento	17
15	Equipos inadecuados	15
Proyecto		
16	falta de proyecto	22
17	mala calidad de proyecto	16
18	incompatibilidades entre proyectos	21
19	cambios en el proyecto	27
Planeamiento		
20	Modificaciones de la planificación	23
21	mala especificación de las tareas	19
22	Atraso de las tareas previas	22
23	Imprevistos	22
clientes		
24	Modificaciones sobre trabajos ya realizados	22
25	indefiniciones	21
26	Tareas extras	21
27	Falta de financiación	26
Externos		

28	Fenómenos meteorológicos	22
29	Ente externo (Ej.: Municipio, ente regulador de gas, etc.)	24

ordenándolas de mayor a menor influencia

Tabla 4: Causas de no cumplimiento más influyentes

19	cambios en el proyecto	27
27	Falta de financiación	26
2	Falta de compromiso del personal	24
29	Ente externo (Ej.: Municipio, ente regulador de gas, etc.)	24
3	Baja productividad	23
20	Modificaciones de la planificación	23
16	falta de proyecto	22
22	Atraso de las tareas previas	22
23	Imprevistos	22
24	Modificaciones sobre trabajos ya realizados	22
28	Fenómenos meteorológicos	22
12	Falta por fallos del proveedor	21
18	incompatibilidades entre proyectos	21
25	indefiniciones	21
26	Tareas extras	21

Las que más veces fueron nombradas como de alta influencia

Tabla 5: Causas de no cumplimiento más recurrentes

27	Falta de financiación	26	7
2	Falta de compromiso del personal	24	6
19	cambios en el proyecto	27	5
29	Ente externo (Ej.: Municipio, ente regulador de gas, etc.)	24	5
16	falta de proyecto	22	5
22	Atraso de las tareas previas	22	5
23	Imprevistos	22	5
18	incompatibilidades entre proyectos	21	5
10	Falta de planificación con los materiales	19	5

5.3. Implementación

Para implementar la filosofía Lean y sus distintas herramientas como el LPS las mayores dificultades no responden a la herramienta propiamente dicha si no al cambio cultural que requiere llevar una gestión basada en la planificación y control tradicional a una basada en valores y principios como la colaboración, la transparencia, el trabajo en equipo, el compromiso, la mentalidad abierta y la excelencia operacional.

La implementación de LPS puede ser el primer paso hacia la implementación de Lean construction en la empresa.

Promotor interno

Para que la implementación funcione la alta gerencia debe estar convencida y representar un papel activo en el cambio. Sin el apoyo a nivel jerárquico es probable que cualquier intento de implementación quede trunco. Es probable que el proceso de implantación sea reemplazado por otros temas que la gerencia considere de mayor urgencia. Se debe lograr convencer a la propia empresa que el esfuerzo es útil, con hechos constatados. Demostrar resultados positivos permitirá que nuevos cambios sean aceptados con mayor facilidad.

Formar al capital humano

Es importante en un primer momento contar con un consultor/asesor externo experto en la implementación de este tipo de gestión colaborativa, que dirija las primeras sesiones y de apoyo a los líderes dentro de la organización.

- El rol de los encargados y jefes de obra es fundamental, deben confiar en el sistema y aplicarlo sin reservas.
- El liderazgo es clave, deja de ser un liderazgo tradicional y se requieren nuevas habilidades.
- La comunicación es fundamental.
- Se debe evitar el rol de “bombero” (estar todo el tiempo apagando incendios)
- Las agendas de jefes de obra, encargados, jefes de producción y/o capataces deben estar definidas, se pueden incluir buffers por imprevistos, pero en su mayor parte debe estar programada para apoyar el sistema de control de producción
- Esta filosofía ayuda a aumentar la comprensión y el enfoque en el valor agregado en toda la organización. Favorece la creatividad y esfuerzo de todas las partes involucradas. Los líderes deben estar preparados para escuchar y apoyar al equipo.

Rutinas

Una clave para la implementación de este sistema son las rutinas periódicas de los equipos, esto consiste en reuniones periódicas en las que se revisa la planificación y los indicadores claves del proyecto.

Tecnología

Se sugiere que en estadios más avanzados de la implementación de esta filosofía se comience a introducir nuevas tecnologías que faciliten el correcto desarrollo. Existen muchas herramientas colaborativas que ayudan a que toda la organización tenga acceso a la información clara y actualizada. Si además se puede compatibilizar con BIM (Building Information Modeling) se puede trabajar de una manera mucho más colaborativa e integradora para la toma de decisiones.

Sugerencias

Para atacar las causas más frecuentes de no cumplimiento se sugiere:

- Participación activa del cliente y todas las partes intervinientes desde las primeras etapas del proyecto. Esto evitará que el proyectista avance en un camino que luego deba rectificar por una diferencia de criterio con el cliente a la vez que permitirá encontrar fallas en un estadio temprano. Que todas las partes se encuentren inmersas en el proyecto permite una sinergia capaz de generar ideas superadoras.
- Quien ejecute la tarea debe comprometerse con el plazo en que lo realiza y debe estar en conocimiento de cómo afecta al resto de la obra su no cumplimiento. Muchas veces esta información es conocida solo por la dirección, la comunicación clara y el respeto hacia todos los partícipes es fundamental, más aún donde se promulga el cooperativismo. De esta manera se puede evitar fallas en los criterios de productividad, nadie conoce mejor el ritmo posible que quien lo ejecuta.
- Realizar sociedades con aquellos proveedores tanto de servicios como de materiales con los que se trabaje habitualmente y sean claves para la realización de las obras. Esto significa hacerlos partícipes de las reuniones, conocer si van a poder cumplir con lo que el proyecto requiere y en caso de que no se pueda conocer los motivos o los requerimientos para hacerlo posible. Firmar acuerdos de prioridad e inducirlos a que tomen prácticas conformes a la filosofía de la empresa.
- Asesorar financieramente a los clientes. Una correcta planificación de los costos incurridos permitirá tener un cash-flow claro donde el cliente pueda conocer la inversión necesaria periódicamente. Conocer los distintos créditos disponibles en el mercado y tasas disponibles para evitar que el proyecto se frene por falta de financiamiento.

5.3.1 Pasos para la implementación

Ilustración 17: Pasos para aplicar LPS



Fuente: elaboración propia

Pasos para la implementación de LPS en empresa

1. Capacitación: Debe ser transversal a toda la organización. Proporciona los conocimientos necesarios para una buena práctica. Permite que todas las partes entiendan los beneficios del cambio de filosofía. Para esto se pueden realizar cursos, talleres, workshops tanto presenciales como on line. (Tiempo estimado de 6 a 8 semanas).
2. Promoción: Desarrollar iniciativas que promuevan la implementación. Los líderes de cada proceso son claves para generar compromiso y quitar barreras a la implementación. Se pueden promover distintos tipos de motivaciones para quienes participen activamente desde premios monetarios, capacitaciones, estabilidad laboral e inclusive el uso de indicadores que muestran las mejoras y los avances. Este paso es importante al comienzo, pero se debe mantener en el tiempo.
3. Obra testigo: La implementación debe ser gradual, es recomendable ir implementando partes del sistema hasta llegar a la implementación total. Lo ideal es poder aplicarlo en una obra no demasiado compleja próxima a comenzar, no quita que se pueda ir implementando algunos procesos en otras obras para adquirir los hábitos. Ejemplo: en un primer mes comenzar con las reuniones de planificación semanal, aplicar el indicador PPC, analizar las causas de no cumplimiento. En el segundo mes crear el plan look ahead y analizar restricciones y en un tercer mes agregar un indicador de desempeño de los procesos en relación con el PPC.
4. Planificación: Tomando la obra testigo realizar los distintos procesos de planificación colaborativa que establece el LPS desde el Plan maestro, la planificación por fases, el Look ahead y la planificación semanal. En 6 meses ya se obtendrán resultados y datos suficientes para ver si está siendo efectivo.
5. Análisis: Como este es un proceso de mejora continua es fundamental analizar los datos obtenidos y buscar los procesos factibles de mejora, así como conocer la opinión de las distintas piezas participantes.

Se recomienda que en los primeros pasos acompañe un facilitador familiarizado con el proceso y/o un líder interno que promulgue las buenas prácticas. Es un proceso evolutivo luego de la obra testigo se buscará seguir avanzando en toda la organización, para luego continuar con otras prácticas LEAN incorporación de tecnología y extensión a la cadena de proveedores.

6. CONCLUSIÓN

La construcción es una industria particular por sus características particulares, la cual la ha llevado a ser una industria que si bien ha tenido desarrollos tecnológicos no ha logrado seguir los niveles de productividad de otras industrias.

Para lograr mejorar en este aspecto se requiere un cambio de filosofía tal como el propuesto por las empresas japonesas en la industria tradicional. Se puede obtener una mejora competitiva cambiando la forma de planificación y control.

La filosofía Lean y en particular el Last Planner System hacen foco en la planificación colaborativa con la participación de todas las partes involucradas. Busca generar mayor efectividad, cumplir en mayor medida con los presupuestos y plazos planificados. Se busca disminuir al mínimo aquellos procesos que no agregan valor al cliente.

Aplicar LPS requiere un cambio de filosofía parecería más fácil de aplicar en empresas pequeñas y medianas más aún en aquellas relativamente nuevas. Sin embargo, en las encuestas realizadas se pudo observar que muchos de los problemas de la construcción siguen arraigados incluso en las nuevas generaciones. La falta de indicadores produce la dificultad de reconocer los puntos débiles o ver posibles mejoras. Se sigue viendo al profesional como alguien omnisciente y se busca un culpable cuando hay desfases en lo planificado. No se toman en cuenta las necesidades de los clientes tanto internos como externos.

Es muy difícil lograr implementar una filosofía del tipo aquí propuesta cuando dentro de las organizaciones no se tiene un panorama claro de cuánto se podría mejorar.

Para poder llevar a cabo acciones como las que se plantean en este trabajo, sería necesario que quienes tomen decisiones dentro de las empresas reciban capacitación donde se muestre cuáles son las posibles causas de pérdidas en sus empresas y cuánto se podría mejorar cambiando la filosofía. Una vez que esto esté internalizado las empresas deberían comenzar a tomar más indicadores y poder medir realmente su eficiencia y así ver si realmente es necesario realizar algún cambio y donde.

Lo que se puede observar es que actualmente la improvisación se encuentra en todos los ámbitos de la construcción y cada empresa hace lo posible por cumplir con los plazos y presupuestos. Pero al mismo tiempo es difícil romper esta inercia e intentar implementar cambios. Es importante hacer ver la capacitación como una inversión que a la larga traerá mayores réditos.

“Sólo cabe progresar cuando se piensa en grande, sólo es posible avanzar cuando se mira lejos”

José Ortega y Gasset

7. Referencias bibliográficas

Comentado [11]: Leandro, estaría faltando el cronograma ¿verdad? no estoy seguro como armarlo ¿gant? y que incluir en el

Ballard Glenn, "Lookahead Planning: The missing link in production control," Informe técnico N°97-3, University of California, Berkeley.

Ballard, G. and Howell, G. (1997) "Shielding Production: An Essential Step in Production Control." Technical Report 97-1, Construction Engineering and Management Program, Department of Civil and Environmental Engineering, University of California.

Ballard Glenn. "The Last Planner." Northern California Construction Institute, Monterey, California. Abril 22-24, 1994.

Ballard Glenn, "Lean Project Delivery System." LCI white paper 8. 2000, 7 p.

Cámara argentina de la construcción. (2018). *Encuesta sobre productividad y prácticas Lean en la industria de la construcción argentina*.

Formoso, C.T.; Bernardes, M.M.S.; Oliveira, L.F.M.; Oliveira, K.A.Z. Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras. Porto Alegre: NORIE/UFRGS, 1999.

Isatto, Eduardo Luis. Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil. Porto Alegre. SEBRAE/RS. 2000.

Howell, Gregory A. "What is Lean Construction." In: Conference of the international Group of Lean Construction, 1999, Berkeley University of California, 10 p.

Howell and Ballard, "Implementing Lean Construction: Reducing Inflow Variation." Presentación 2° Congreso del LCI. Universidad Católica de Chile, 1994, 7 p.

Koskela, L. (1992) "Application of the New Production Philosophy to Construction". Technical Report No. 72, Stanford, CIFE, Stanford University.

Melles, B. and Wamelink, J. (1993). Production control in construction. Delft University Press, The Netherlands.

Ohno, Taiichi. (1988). *Toyota production system*. Productivity Press, Cambridge, MA.

Pons Achell, J., & Lezana Pérez, E. (2014). *Introducción a Lean Construction*. Madrid: Fundación Laboral de la Construcción.

Pons, J., & Rubio, I. (2019). *Lean construction y la planificación colaborativa* (1st ed.). Consejo general de la arquitectura técnica de España.

Shingo, Shigeo. (1984). *Study of 'TOYOTA' Production System*. Japan Management Association, Tokyo.