

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER® EN UNA HABILITACIÓN URBANA

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Civil**, que presenta el bachiller:

DANIEL MIRANDA CASANOVA

ASESOR: ING. PABLO ORIHUELA ASTUPINARO

Lima, Febrero del 2012

RESUMEN

Esta tesis tiene como propósito fundamental el poner en práctica las herramientas del sistema de planificación Last Planner System[®] aplicado a una obra de habilitación urbana, con la finalidad de comprobar los beneficios que este sistema pueda aportar para el cumplimiento de plazos y confiabilidad en la planificación.

Antes de iniciar la implementación de este sistema, fue necesario estudiar la evolución de la Lean Construction a partir de la Toyota Production System, para entender los principios que tiene esta filosofía de producción y cómo a partir de esta iniciativa de la industria manufacturera, llevó a generar la nueva filosofía de planificación de proyectos en la construcción denominada Lean Construction.


Para la implementación del sistema de planificación, previamente se conceptualizó el desarrollo de una Habilitación Urbana como un proyecto global. Para lo cual se desarrolló cada etapa que conforma un proyecto de este tipo, elaborándose así diagramas de flujo para entender los procesos que involucran. En este paso previo es que se identificó la necesidad de estandarizar procesos dentro de la etapa de construcción de la habilitación urbana, ya que en la empresa inmobiliaria en estudio no tenía mapeado el flujo de obra, siendo así este paso de estandarización un paso inicial para la implementación.

Además se propone un cambio en el sistema de gestión para la empresa inmobiliaria, de tal modo que con estas modificaciones se pueda implementar de forma efectiva el Last Planner System[®].

Los aspectos teóricos del Last Planner System[®], fueron desarrollados y estudiados a lo largo de la tesis. En base a los cuales se planteó una metodología de implementación que se aplicó por un período de 5 semanas. Los resultados obtenidos nos demuestran la importancia del compromiso del equipo de obra y del soporte de la empresa para la implementación. De esta forma se identificaron diversos desafíos que se enfrentan al realizar una implementación de este tipo y la retroalimentación que el propio sistema genera para la mejora continua.

Finalmente destacamos que en la elaboración de la presente tesis, se generaron diversos formatos que tienen la finalidad de ampliar el conocimiento en cuanto a la planificación de una Habilitación Urbana y así también formatos que pueden ser punto de partida para la implementación del sistema Last Planner System[®].

DEDICATORIA



A mis padres y hermano que siempre estuvieron apoyándome constantemente a lo largo del desarrollo de este trabajo, brindándome todo su cariño y palabras de aliento.

A mis abuelos paternos y maternos, que fueron pilares de mi familia, gracias a quienes cultivo valores como la honestidad, integridad, entereza y amor al prójimo.

A Beatriz, que siempre creyó en mí para cumplir esta meta y sueño personal.

A Dios, por haberme dado la fortaleza y entereza durante todo este caminar.

ÍNDICE

Resumen

Carta de Aprobación

Dedicatoria

INTRODUCCIÓN 1

OBJETIVOS 3

CAPITULO 1

HABILITACIONES URBANAS

1.1.	Antecedentes generales	4
1.2.	Etapas del proyecto inmobiliario	5
1.2.1.	Diagrama general	6
1.2.2.	Diagrama de proyectos de especialidades	8
1.2.3.	Diagrama de licencias	10
1.2.4.	Diagrama de pre-construcción	11
1.2.5.	Diagrama de construcción	12
1.2.6.	Perfil económico	12
1.3.	Control y seguimiento : Etapa construcción	13
1.3.1.	Procesos constructivos.	13
1.3.2.	Control topográfico: Herramienta fundamental.	13
1.3.3.	Metodología control y monitoreo obras de HHUU.	14

CAPITULO 2

FILOSOFÍA LEAN

2.1.	Reseña Histórica	15
2.2.	Toyota Production System (TPS)	17
2.3.	Nueva filosofía de producción: Lean Production	20
2.4.	Lean Thinking	24

2.5.	Lean Construction	26
2.6.	Lean Project Delivery System	26

CAPITULO 3

LAST PLANNER SYSTEM®

3.1.	Introducción	30
3.2.	Definición	32
3.3.	Control de la unidad de la producción	35
3.4.	Control del flujo de trabajo	36
	3.4.1. Lookahead Planning	36
	3.4.2. Pull System	37
	3.4.3. Equilibrio entre carga y capacidad	38
3.5.	Estructuración del Last PLanner System®	39
	3.5.1. Cronograma maestro	39
	3.5.2. Planificación por fases (Phase Scheduling)	39
	3.5.3. Planificación Intermedia: Lookahead Planning	43
	3.5.3.1. Conceptos	43
	3.5.3.2. Intervalo de tiempo – Lookahead Window	44
	3.5.3.3. Funciones del proceso Lookahead	45
	3.5.3.4. Definición de actividades	47
	3.5.3.5. Análisis de Restricciones	47
	3.5.4. Reserva de Trabajo ejecutable (Workable Backlog)	50
	3.5.5. Plan de Trabajo Semanal (Weekly Work Plan)	51
	3.5.5.1. Asignaciones de Calidad (Quality Assignments)	51
	3.5.5.2. Porcentaje de Plan Cumplido (PPC)	52
	3.5.5.3. Razones de No Cumplimiento	53
3.6.	Last Planner System®: visión global	53

CAPITULO 4

IMPLEMENTACIÓN DEL LAST PLANNER SYSTEM®

4.1.	Sistema de Gestión en la empresa inmobiliaria	55
4.1.1.	Conceptos previos	56
4.1.2.	Sistema tradicional de gestión	57
4.1.3.	Sistema participativo : Propuesta de uso de Last Planner System®	60
4.2.	Descripción de un proyecto de HHUU típico	64
4.3.	Metodología de implementación	66
4.3.1.	Fase 1: Estandarización de procesos	69
4.3.2.	Fase 2: Inducción	70
4.3.3.	Fase 3: Aplicación del LPS	74
4.3.4.	Fase 4: Evaluación y retroalimentación	76
4.4.	Manual de aplicación de Planificación y Seguimiento (LPS)	78
4.5.	Secuencia completa Last Planner®: Ejemplo	79

CAPITULO 5

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

5.1.	Resultados de implementación piloto	82
5.1.1.	Análisis de PPC	82
5.1.2.	Causas de No Cumplimiento	86
5.1.3.	Observaciones del proceso de implementación	88
5.2.	Conclusiones	92
5.2.1.	Comparación de formatos LPS	92
5.2.2.	Propuesta para investigaciones futuras	94
5.2.3.	Conclusiones finales	95

BIBLIOGRAFIA

99

ANEXOS

- I. Diagrama de construcción.
- II. Procesos constructivos por especialidades.
- III. Perfil económico y seguimiento de un proyecto de HHUU.
- IV. Formatos de Control Topográfico.
- V. Metodología del control y monitoreo obras de HHUU.
- VI. Funciones de equipo de obra.
- VII. Formatos para reunión semanal.
- VIII. Manual de aplicación de planificación y seguimiento.
- IX. Charla de inducción.
- X. Resumen ejecutivo de una reunión semanal.
- XI. Cuadro de desafíos para implementación de LPS.
- XII. Comparación de formatos LPS con dos empresas.
- XIII. Glosario (Traducción de glosario de Lean Construction Institute).
- XIV. Planos de HHUU :
 - Lotización.
 - Saneamiento (Alcantarillado).
 - Electrificación (Sistema de Distribución Secundaria SDS).

INTRODUCCIÓN

Debido al crecimiento poblacional en nuestras ciudades a nivel nacional y a la necesidad de viviendas o propiedades para las nuevas familias que se van formando, en los últimos años se ha venido produciendo una nueva oleada de sistemas para poder adquirir un lugar donde vivir de acuerdo a las posibilidades económicas de la población. Teniéndose así el Fondo Mi Vivienda, impulsado por el Estado y las entidades bancarias, dentro del cual existen los créditos “Mi Vivienda”, “Proyecto Mi Hogar” y “Techo Propio”; y a su vez ha ido en aumento las empresas privadas e inversionistas que apuestan por las habilitaciones urbanas (HH.UU.) y venta de lotes.

Las habilitaciones urbanas en la actualidad están promoviendo un crecimiento urbano ordenado, mejorando así la situación de la urbe, y por tanto una mejor calidad de vida. Estas nuevas urbanizaciones se están promoviendo en los conos de la ciudad en su gran mayoría.

Es de conocimiento en el ámbito de la construcción de nuestro país que las empresas que apuestan por este tipo de proyectos y otros, tienen dificultades en las diferentes etapas de un proyecto, ya sea en la de diseño o de ejecución. Para fines de la presente tesis nos centraremos en la etapa de la construcción o ejecución del proyecto, específicamente de una habilitación urbana.

En la etapa de construcción podremos apreciar que el problema más usual para llevar de una manera óptima el proyecto, cumpliendo plazos y costos, es que la programación general de obra no se cumple de una manera efectiva debido a la falta de seguimiento, lo cual repercute en resultados económicos menores a los esperados.

Este resultado económico se debe fundamentalmente a que los costos de la construcción de aquello que se proyectó no se han desarrollado tal como se planeó o programó, debido a la falta de coordinación entre los profesionales encargados de ejecutar el proyecto y además de la práctica usual de no prever los problemas que se van presentando durante la ejecución y que simplemente se resuelven en el momento como se pueda.

Se recalca la frase “como se pueda”, ya que dentro de esta implica muchas cosas, tales como imprecisiones técnicas, un bajo nivel de seguridad, control de calidad

deficiente y menores ganancias debido a trabajos o tiempos adicionales no considerados en un inicio.

Pero ¿cómo podemos hacer que la programación general elaborada para la obra se cumpla?, ¿cómo prever los problemas o descoordinaciones que se van produciendo en la obra?, ¿cómo conocer las causas que ocasionan estos problemas?; la respuesta a estas preguntas se encuentra dentro de la nueva filosofía de planificación de proyectos denominada **Lean Construction** donde encontramos el **Last Planner System® (Sistema del Último Planificador)**. Mediante este sistema, la planificación no sólo se lleva con el cronograma general de la obra sino que se va a un nivel más detallado desarrollado por los mismos ejecutores de la obra usando la herramienta de la **Lookahead** con la cual se planifica la ejecución de la obra con una proyección de 4 semanas hacia adelante aproximadamente, se analiza las restricciones de las actividades a ejecutar y se verifica el cumplimiento de lo programado semanalmente.

Por lo tanto mediante esta tesis se presenta en el **Capítulo 1** una visión integral de una habilitación urbana mostrando la metodología que la empresa inmobiliaria usa previo a la propuesta de la implementación piloto para la contratación de empresas ejecutoras especializadas, flujo de coordinaciones y planificación de obra, etc. Luego en el **Capítulo 2** se da a conocer la reseña histórica de la Lean Construction así como los conceptos que engloban esta nueva filosofía, en el **Capítulo 3** se centra en el estudio del Last Planner System® a detalle, en el **Capítulo 4** se desarrolla la propuesta para la mejora de la metodología de gestión que actualmente utiliza la empresa inmobiliaria, haciendo hincapié en la implementación piloto del Last Planner System®, mostrando un ejemplo llevado en una obra específica, obteniendo así resultados tales como formatos para seguir este sistema, un listado de ejemplos de causas de No Cumplimiento, análisis de restricciones, etc. Finalmente se termina con el **Capítulo 5** presentando los resultados de la implementación piloto conjuntamente con las conclusiones obtenidas y observaciones para la mejora continua de la misma. Además de indicar los beneficios que se pueden obtener al modificar el sistema de gestión tradicional que tiene la inmobiliaria.

A lo largo de la tesis, se irán presentando varios conceptos relacionados al Last Planner System® y la Lean Construction, para poder entender mejor estos conceptos y

su uso es que serán desarrollados dentro de cada capítulo. Y con la finalidad de que el lector pueda consultar alguna de las citas bibliográficas en inglés y no tenga problemas, es que en toda la tesis se usa los términos en inglés o se indicará su traducción entre paréntesis para un mejor seguimiento y uso a nivel de otros documentos que puedan revisar. A su vez se adjunta la traducción del glosario de términos de la Lean Construction Institute (ANEXO XIII).

OBJETIVOS

Objetivo general

El objetivo de esta tesis es llegar a entender los conceptos de la Lean Production en la construcción (denominada Lean Construction), saber dónde y cómo surgió, entender que en la construcción si se puede llevar un planeamiento adecuado, tal y como se da en el sector manufacturero.

Como objetivo global es plantear una modificación del sistema de gestión tradicional de la empresa inmobiliaria en estudio, para que mediante esta modificación se pueda implementar el uso del sistema Last Planner[®] y obtener resultados positivos luego de la retroalimentación al aplicarlo en obra, teniendo como ejemplo Chile, donde se aplica esta teoría obteniendo muy buenos resultados (Luis F. Alarcón C. Ph. D.), y de esta forma incentivar a la investigación y puesta en práctica no sólo en grandes empresas, sino en muchas otras empresas donde una persona siga una investigación similar a la que se presenta y pueda implementar el sistema Last Planner[®].

Objetivos específicos

Como objetivos puntuales tenemos los siguientes:

- Conocer los procesos de gestión y constructivos para una habilitación urbana.
- Propuesta de modificación del sistema de gestión tradicional de la inmobiliaria.
- Conocer el Last Planner System[®], implementarlo y aplicarlo en una obra de habilitación urbana.
- Cuantificar los resultados obtenidos de la implementación piloto.
- Analizar el proceso de implementación piloto para obtener una retroalimentación. A fin de conocer los desafíos que se presentan al implementar este sistema.

CAPITULO 1

HABILITACIONES URBANAS

1.1. Antecedentes generales

A lo largo del tiempo se ha visto crecer a nuestra capital de una forma desordenada, un ejemplo es la migración en los años 80 de la población de las provincias hacia Lima, buscando zonas donde vivir escapando de las zonas afectadas por el terrorismo, formándose de esta manera los denominados Asentamientos Humanos.

La ciudad de Lima Metropolitana tiene como una de sus características que en casi toda su periferia aún se puede encontrar grandes extensiones de terrenos de cultivo que paulatinamente vienen siendo pobladas. En los últimos años el desarrollo inmobiliario en Lima, ha estado orientado hacia estos conos de la ciudad, siendo el cono norte uno de los que ha tenido mayor crecimiento.

En el lapso entre los años 90's y estos últimos años, se ha visto que Lima ha tenido importantes cambios, los cuales podemos enumerarlos en 3 cambios principales (Gonzales E. de Olarte, 2007):

- **Primero:** Lima ha crecido demográfica, económica y territorialmente.
- **Segundo:** La consolidación de cuatro centros urbanos: el centro-político (Lima cuadrada), el centro financiero (San Isidro), varios centros comerciales (Jockey Plaza, San Miguel, Cono Norte) y el Callao como el centro internacional. Estos centros son los que organizan las actividades económicas y burocráticas de Lima.
- **Tercero:** La mejora de la infraestructura urbana, además del boom de la construcción de edificios de vivienda y de servicios, que ha permitido reducir el déficit de vivienda para las clases medias.

Podemos considerar que se tiene dos tipos de crecimientos en cuanto a habilitaciones urbanas dentro de la ciudad, una la denominada "urbanización formal" y la "urbanización espontánea" (Gonzales E. de Olarte, 2007), como fácilmente se puede deducir la "urbanización formal" es aquella que es promovida por empresas privadas y

que ha tenido un crecimiento debido a la estabilidad y mejora económica en los sectores altos y medios, quienes son los que compran estas nuevas propiedades.

A continuación se presenta un gráfico en donde se visualiza la evolución de la población censada en el departamento de Lima y su tasa de crecimiento promedio anual.



Imagen Nº 1.- Crecimiento poblacional del departamento de Lima (Fuente INEI)

Si bien es cierto que la “urbanización formal” ha ido en aumento, es visible que el crecimiento de la ciudad está dado en su gran mayoría por la “urbanización espontánea” lo cual genera un desorden en la urbe. Ambos tipos de crecimiento urbanístico van dando la forma a nuestra ciudad, en la cual se ve que hay zonas donde el crecimiento está impulsado por la necesidad y otras por la estabilidad económica.

1.2. Etapas del proyecto inmobiliario

Al hablar de una habilitación urbana, previamente debemos conceptualizar un desarrollo urbano como un proyecto global, el cual consta de diferentes etapas en las cuales primero se idealiza la urbanización, se diseña y elabora los proyectos de especialidad, (estudio de suelos, arquitectura de la urbanización y los proyectos sanitario y eléctrico) se tramita las licencias y permisos ante las autoridades

respectivas, continuando con los trabajos preliminares (denominada pre-construcción en el caso específico de la inmobiliaria en estudio) seguido de la venta de lotes, para finalmente llegar a la construcción y la posterior entrega de la urbanización a la municipalidad a la que pertenece, luego del cual se tiene aún un período de Post-construcción donde se atiende a los clientes para su completa satisfacción.

Para la elaboración de la presente tesis se preparó en varios diagramas de flujo la visión completa del proyecto, con un diagrama general y luego dividido en etapas, las cuales menciono a continuación:

- Diagrama general.
- Diagrama de Proyectos de especialidades.
- Diagrama de Licencias.
- Diagrama de trabajos preliminares o pre-construcción.
- Diagrama de construcción (ver ANEXO I).

A continuación se presentan y explican cada uno de los diagramas mencionados, con los cuales se busca esquematizar el monitoreo y control de proyectos en una empresa que tenga como proyecto una habilitación urbana.

1.2.1. Diagrama general

En este diagrama visualizamos las etapas en las que se divide el proyecto desde su concepción hasta la entrega del producto final que vienen a ser los lotes independizados.

Algunos de los conceptos utilizados en el diagrama se detallan a continuación:

- **Proyecto de Habilidad Urbana (HHUU):** Dentro del área de Habilitaciones Urbanas, un proyecto inmobiliario es el conjunto de diseños, trámites, flujos de caja y gestiones que llevan a construir una nueva urbanización la cual tiene como finalidad la venta de lotes comerciales o unifamiliares.
- **Proyectos de especialidades:** Estos son todos los proyectos necesarios para la ejecución de la nueva urbanización, tales como saneamiento, electrificación, planos de lotización, estudio de suelos, etc.

- **Trámites Municipales:** Son los trámites que se deben realizar previo al inicio de las ventas de un proyecto inmobiliario, los cuales son: cambio de zonificación y vías, resolución de habilitación urbana (licencia de construcción), etc.
- **Trámite de licencias:** Consiste en la obtención de licencias ante las entidades prestadoras de servicios básicos previo a la construcción de la urbanización. Las principales licencias son: factibilidad de servicio de agua potable y alcantarillado, factibilidad de suministro eléctrico, Certificado de Inexistencias de Restos Arqueológicos (CIRA), etc.
- **Trabajos preliminares:** Son las obras que se ejecutan para la venta de los lotes a los clientes, construyendo vías de acceso provisionales, cercado del terreno, etc. Esta etapa puede ser omitida en el flujo ya que depende del modo de venta que tenga la empresa inmobiliaria. En el caso particular de la empresa en estudio, a esta etapa se denomina Pre-Construcción, ya que es previo a la construcción de la habilitación urbana propiamente dicha.
- **Construcción:** Es la etapa del flujo en el cuál se ejecutan las obras civiles, movimiento de tierras, saneamiento, electrificación y otras obras complementarias (defensa ribereña, canales, etc.) para construir la urbanización futura.
- **Post-Construcción:** En esta etapa interviene otra área de la empresa inmobiliaria (Servicio al cliente), que se encarga de recepcionar la urbanización culminada, con la finalidad de realizar un “check list” para que luego el staff de obras proceda a corregirlas para la posterior entrega de lotes a los clientes.
- **Trámites de recepción:** Son todos los trámites necesarios para poder proceder con la independización de los lotes de cada cliente. Para esto es necesario obtener:
 - o Resolución de recepción de obras de saneamiento.
 - o Resolución de recepción de obras de electrificación.
 - o Recepción de Urbanización de parte de la Municipalidad.
 - o Trámites de cesión en uso de áreas ocupadas por estructuras sanitarias (en caso exista reservorios, cámaras de bombeo, etc.) a favor de la concesionaria de saneamiento.

- Inscripción de áreas de aportes a entidades correspondientes.

El diagrama general se puede visualizar a continuación:

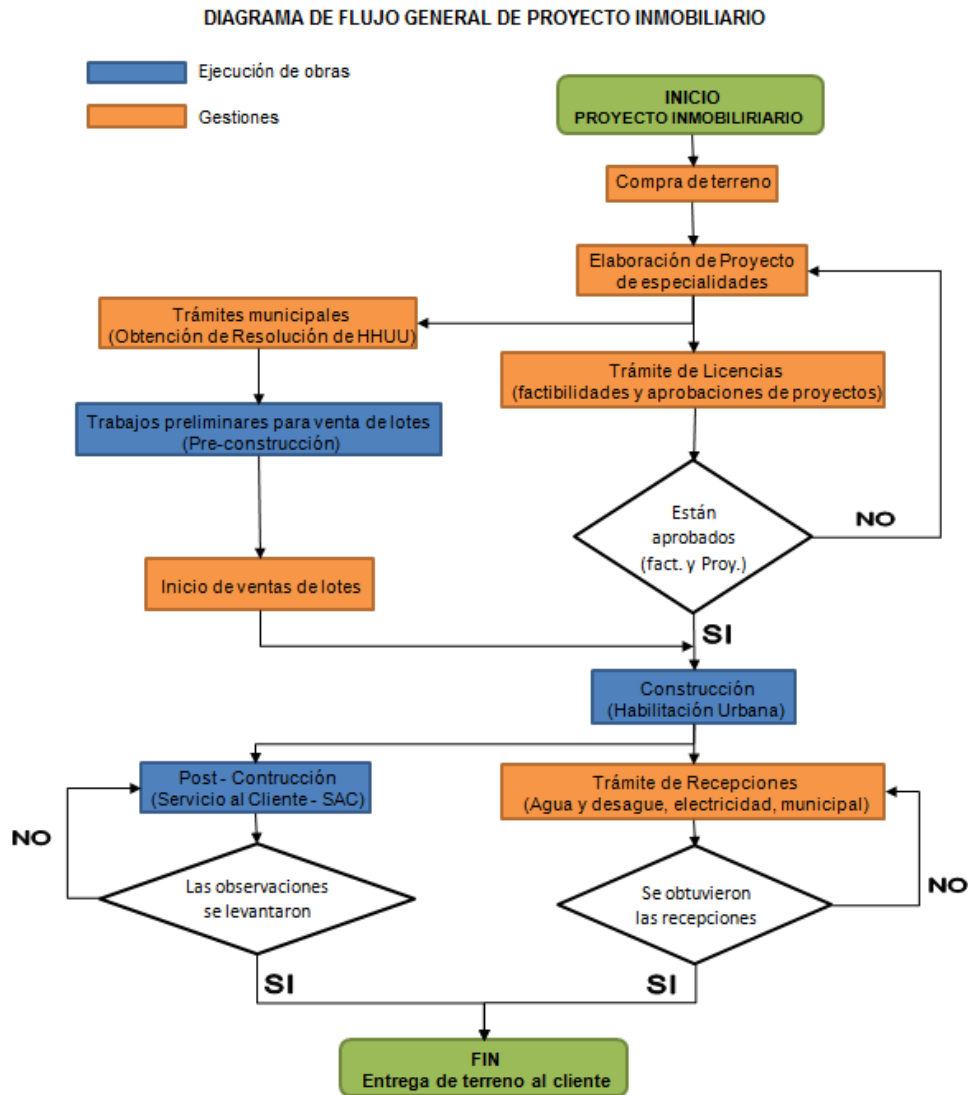


Imagen N° 2.- Diagrama general de un proyecto inmobiliario de habilitación urbana
(Fuente Propia)

1.2.2. Diagrama de proyectos de especialidades

Para llegar a la ejecución del proyecto inmobiliario, previamente se tiene que elaborar todos los proyectos técnicos para su posterior ejecución. Entre estos proyectos y/o estudios tenemos (Ver imagen N° 3, en la página 9):

- El estudio de suelos (para pavimentación y alcantarillado).
- El proyecto de saneamiento (Agua Potable, Alcantarillado, reservorio, etc.).
- Proyecto de electrificación (Alumbrado público y redes de baja y media tensión).
- En caso de que sea un área cercana a zonas arqueológicas será necesario un informe de restos arqueológicos.
- En caso que no sea una zona arqueológica, se tramita el Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA).
- Además se debe analizar si son necesarios otros tipos de proyectos como una defensa ribereña, en caso la urbanización este cercano a un río, canales de regadío, etc.

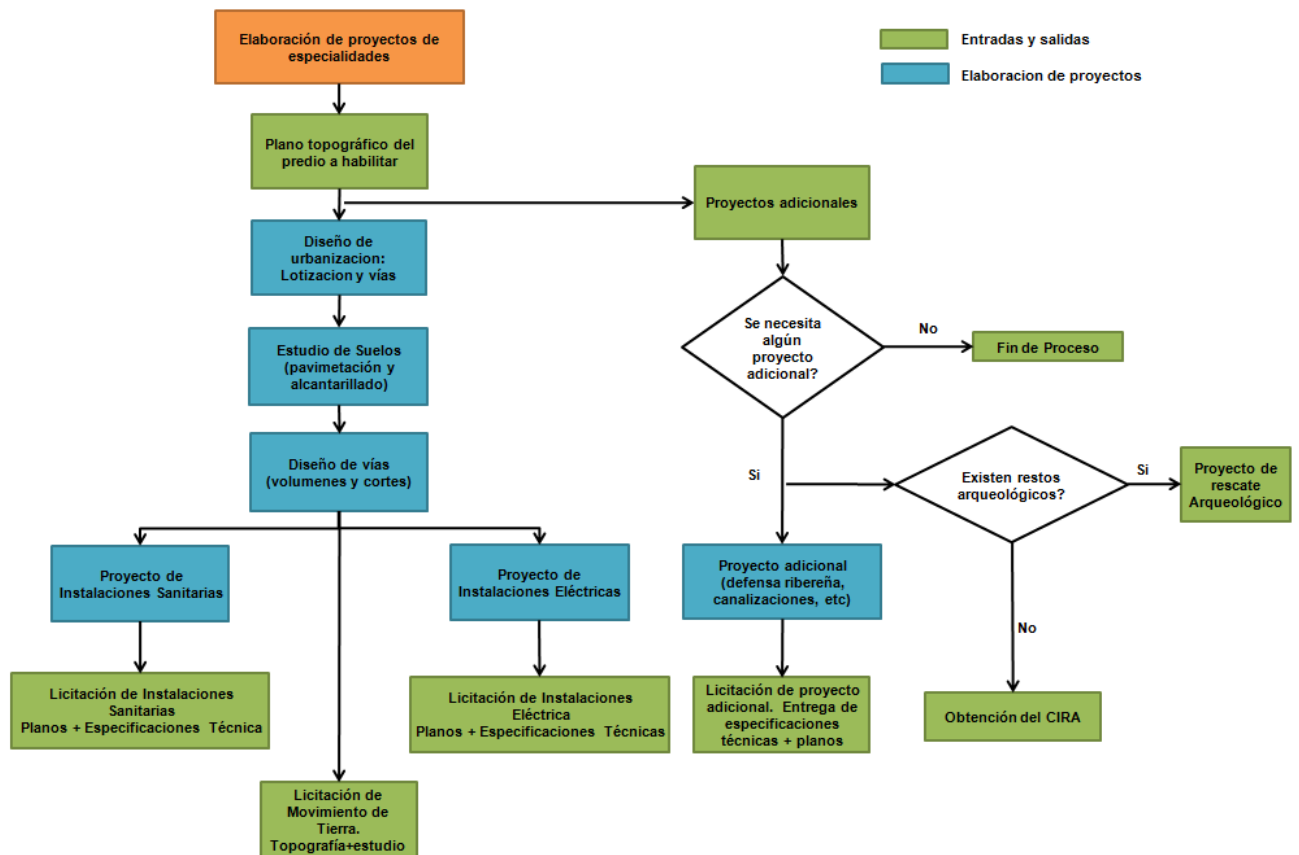


Imagen Nº 3.- Diagrama de proyectos de especialidades para un proyecto inmobiliario de una Habilitación urbana (Fuente Propia)

1.2.3. Diagrama de de licencias

Es necesario para un proyecto de habilitación urbana tener en claro cuáles son todas las licencias que se deben tramitar antes y después de la ejecución de las obras. A continuación se presenta un diagrama de flujo en el cual se contempla todos los trámites necesarios en un orden secuencial, indicando los trámites ante la municipalidad y certificados tanto de la concesionaria de los servicios de agua potable y alcantarillado como de la concesionaria del suministro eléctrico. Todo este conjunto de licencias permite que al final de la construcción la urbanización pueda ser recepcionada por la Municipalidad correspondiente (ver Imagen N° 4).

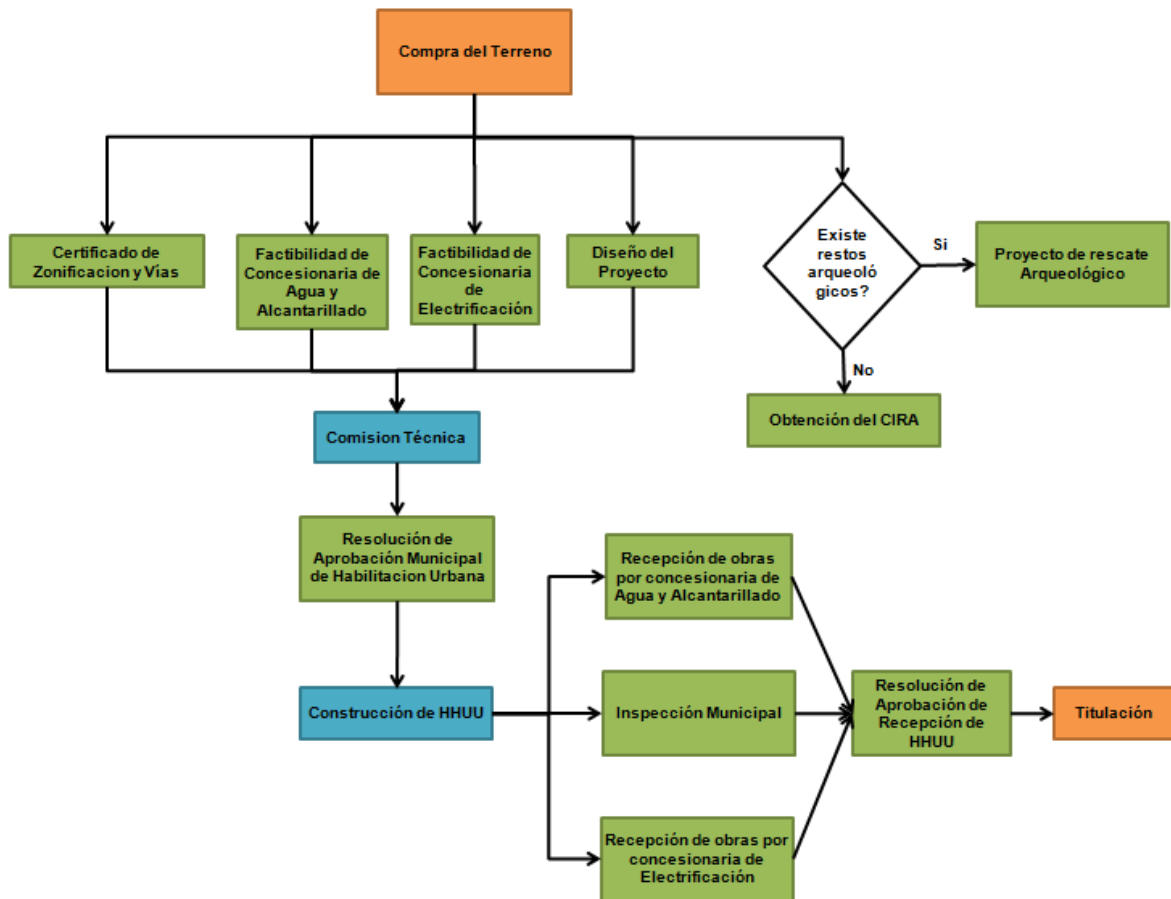


Imagen N° 4.- Diagrama de licencias para una habilitación urbana. (Fuente Propia)

1.2.4. Diagrama de pre-construcción

Una de las etapas de una habilitación urbana en la empresa en estudio, es la denominada *pre-construcción*, que no es más que los trabajos preliminares previo a la construcción de la HHUU. En esta etapa lo que busca la empresa es acondicionar el terreno para la visita de los clientes, de esta manera se empiezan a vender lotes sin haber iniciado aún con la habilitación de la urbanización propiamente dicha (ver imagen N° 5, página número 13).

Los trabajos que se realizan en esta etapa de pre-construcción son orientados para la venta de los lotes, y directamente relacionados con el área de Marketing y la Gerencia de ventas.

Algunos de los trabajos necesarios para la visita de los clientes son: nivelación de vías de accesos provisionales, sembrado de grass y plantas en parques, colocación de letreros indicando las manzanas de la urbanización, construcción de pórticos provisionales y el cercado de la urbanización mediante un muro provisional tipo pirca o similar con la finalidad que sea ornamental para el terreno que se habilitará.

El detalle de los trabajos a realizar se presenta a continuación (Imagen N° 5):

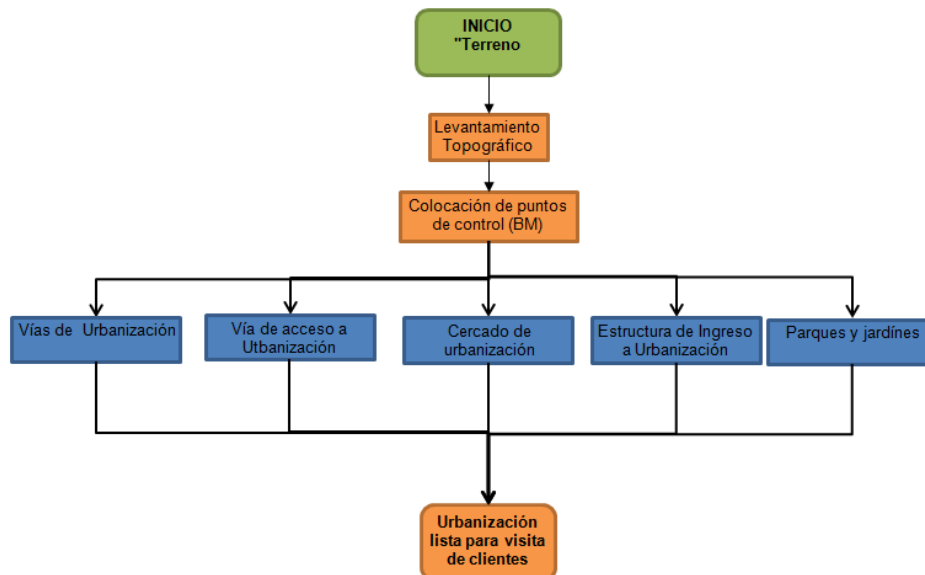


Imagen N° 5.- Diagrama de pre-construcción para una HHUU. (Fuente Propia)

1.2.5. Diagrama de construcción

Para efectos de esta tesis, este diagrama de flujo es el más importante ya que muestra todo el proceso previo a la implementación del LPS (Last Planner System[®]) que se sigue para la construcción de una urbanización. Como se puede observar se tiene tres Contratistas principales los cuales son:

- Contratista de Movimiento de Tierras.
- Contratista de obras de Saneamiento.
- Contratista de obras de Electrificación.

En el diagrama podemos visualizar que el contratista de Movimiento de Tierras entra en dos etapas diferentes, esto es debido a que primero hace el corte a nivel de subrasante para que inmediatamente después entren los contratista de Obras de Saneamiento y de Electrificación, al terminar estos dos con sus actividades retorna el contratista de Movimiento de Tierras para el refine del corte a nivel de subrasante y para la colación de base y asfalto, previo vaciado de sardineles y veredas.

En el diagrama se podrá observar que los recuadros pequeños de colores, indican ITEMS referidos a formatos de los procesos constructivos a detalle de cada contratista, en donde se indican la actividad específica a desarrollar y la supervisión que se debe llevar en cada una de ellas (Ver ANEXO I y II).

1.2.6. Perfil económico

Para que se pueda tener una idea de los costos que involucra la construcción de una habilitación urbana, se adjunta el perfil económico del proyecto sobre el cual se hizo la implementación del Last Planner System[®] (ANEXO III). Observar que casi un 50% de la inversión es la que se hace en la etapa de construcción, motivo por el cual es importante implementar mejoras para que estos costos se mantengan. En base a este perfil es que se elaboró un cuadro de seguimiento para el proyecto, en donde involucra las licencias y trámites necesarios desde la etapa de proyecto hasta la entrega de los terrenos (ANEXO III).

1.3. Control y seguimiento : Etapa construcción

Tal y como se comento respecto al diagrama de construcción, en cada actividad saltante se ve un **recuadro de ítem**, el cual se encuentra con un color representativo del contratista. Estos ítems hacen referencia a un formato especial para cada contratista en donde figura la actividad con su detalle, supervisión topográfica y con un documento de conformidad para ser visado por el supervisor (estos documentos al momento de realizar la presente tesis aún se encontraban como propuesta y futura elaboración), además se incluye las actividades que deben ser aprobadas por la concesionaria de saneamiento y de electrificación, y en esta misma casilla se muestra la supervisión para control el control de calidad ya sea de compactación, rotura de probetas de concreto e indicando en que actividades se visan documentos de conformidad respecto a la cuadrilla topográfica.

1.3.1. Procesos constructivos

Para la identificación de procesos, fue necesario reunirse con cada residente de cada contratista (Movimiento de tierras, obras de saneamiento y electrificación), de esta manera se establecieron los procesos a seguir para cada actividad. Los procesos propuestos para cada especialidad se encuentra adjunto en los anexos ANEXO II. Debemos aclarar que estos procesos fueron los identificados durante la ejecución de las obras, y que los formatos y documentos de conformidad aún quedaron pendientes de elaboración por parte del equipo de obra y posterior aprobación la gerencia de proyectos.

1.3.2. Control topográfico: Herramienta fundamental

Como se puede apreciar, en los procesos constructivos se tiene una columna referida al control topográfico, para hacer efectivo este control topográfico se prepararon formatos lo más simples y concisos posibles para que sean utilizados por las cuadrillas topográficas en campo.

Los formatos preparados son de acuerdo a cada especialidad y se agrupan de la siguiente manera (ver ANEXO IV):

1. *Movimiento de tierras* :
 - Control de ejes y niveles

- Control de vías
- 2. *Instalaciones eléctricas:*
 - Control de alineamiento y control vertical. Red primaria, secundaria y postes.
 - Instalación de Cruzadas.
- 3. *Instalaciones Sanitarias:*
 - Control de buzones (control de trazo, replanteo e instalación de buzones)
 - Control de tuberías de desagüe.

1.3.3. Metodología del control y monitoreo obras de HHUU

Se presenta en el ANEXO V la metodología propuesta a seguir en base a todos los archivos creados, desde el diagrama de la construcción, proceso constructivo y formato de control topográfico.

- *Ubicación de la tarea:* Cada una de las tres etapas de construcción está dividida en tareas o Ítems (*diagrama de construcción, ANEXO I*).
- *Descripción de tarea:* Cada tarea tiene una descripción del trabajo a realizar (proceso constructivo, ANEXO II).
- *Utilización de formatos:* El ingeniero a cargo supervisara cada tarea documentando sus observaciones en los formatos preparados (control topográfico, ANEXO IV), de modo de dar su aprobación o desaprobación de la tarea realizada. En caso de los documentos técnicos, aún están en elaboración pero deberían formar parte del control de obras.
- *Aplicación de metodología:* Es importante educar a las partes (contratistas, supervisión, topógrafos, etc.) y explicarles la forma de trabajo desde un inicio de las obras.

De esta manera lo que se buscó es poder estandarizar y homologar los procesos dentro de la etapa de construcción de la HHUU, relacionándolos con la calidad y supervisión de cada proceso. Este es un primer paso necesario para poder implementar cualquier tipo de mejora.

CAPITULO 2

LEAN CONSTRUCTION

2.1. Reseña Histórica

La nueva filosofía para la construcción “Lean Construction” nace de una nueva tendencia que se dio en las industrias, y que se conoció como “Lean Production”.

Para llegar a esta nueva filosofía en la producción, nos remontaremos a los inicios de los estudios para las mejoras en las empresas manufactureras y automotrices que se dieron a finales del siglo XIX e inicios del siglo XX.

La tendencia de mejora en las empresas manufactureras viene desde finales de 1890 teniendo a Frederick W. Taylor como uno de los representantes más importantes de esta época quien innovó estudiando y difundiendo la administración científica del trabajo, y funda el movimiento conocido como “Administración Científica del Trabajo” cuyo pensamiento se basa en la eliminación de las pérdidas de tiempo, de dinero, etc., mediante un método científico. Taylor afirmaba que "el principal objetivo de la administración debe ser asegurar el máximo de prosperidad, tanto para el empleador como para el empleado".

De este pensamiento de Taylor denominado “Taylorismo” se obtiene la formalización del estudio de los tiempos y el establecimiento de estándares, a partir de los cuales Frank Gilbreth añade el desglose del trabajo en tiempos elementales. Gilbreth fue el fundador de la técnica moderna del estudio de movimientos, con la que se buscaba establecer la reducción del tiempo y la fatiga en una operación. De esta manera Taylor, Gilbreth y otros contemporáneos iniciaron con los primeros conceptos de eliminación de desperdicio de tiempo y el estudio de movimientos.

En cuanto a las empresas automotrices en 1910, Henry Ford, inventa la línea de montaje para el **Ford T** el cual era un producto estándar. Posteriormente Alfred P. Sloan introduce a la empresa **General Motors** el concepto de diversidad en las líneas de montaje, mejorando así el sistema Ford.

En los años 30, los encargados de dirigir la empresa automotriz Toyota implementaron una serie de innovaciones en las líneas de producción de tal forma que facilitarían tanto la continuidad en el flujo de materiales como la flexibilidad a la hora de fabricar distintos productos. Luego de la 2da Guerra Mundial la Toyota con sus ingenieros a cargo, Taiichi Ohno y Shingo Shingo, vieron la necesidad de afianzar lo que implementaron en los años 30's, debido a la necesidad de fabricar variedad de productos pero en pequeñas cantidades, de esta manera crean los conceptos de "just in time", "waste reduction", "pull system" los que con otras técnicas de puesta en flujo, crean el Toyota Production System (TPS).

Así es como esta nueva filosofía de producción surgió en Japón por los años 50 gracias en gran medida al Ing. Taiichi Ohno. La aplicación de esta nueva filosofía se inició con la TOYOTA, en el sistema de producción de esta industria automovilística, pero hasta los años 80's la información de este nuevo pensamiento aún era limitado en el mundo occidental, a pesar de que aproximadamente en 1975 se iniciara la difusión de estas ideas en Europa y Norteamérica debido al cambio que se fue dando en las empresas automotrices.

La nueva filosofía que aparece con el Ing. Taiichi Ohno, fue denominado de muchas formas por los años 90's, como la fabricación de clase mundial, producción flexible y nuevo sistema de producción. Pero las más usadas y conocidas son la de **Lean Production** o **Toyota Production System (TPS)**.

En esa misma época en Finlandia el profesor universitario Lauri Koskela usa de modelo el Lean Production y sistematiza los conceptos del mejoramiento continuo, just in time, etc. Creando así una nueva filosofía de planificación de proyectos en la construcción, reformulando los conceptos tradicionales de planificación y control de obras. Esto es propuesto en su tesis de doctorado "Application of the New Production Philosophy to Construction", 1992. Estudio que fue realizado durante su permanencia en CIFE (Center for Integrated Facility Engineering) y financiado por el Technical Research Centre of Finland, the Federation of the Finnish Building Industry y la fundación Wihuri.

Así es como inicia esta nueva filosofía en la construcción denominada **Lean Construction**, gracias a Lauri Koskela y su tesis de doctorado, que dieron el inicio para más estudios y la posterior creación del Lean Construction Institute (agosto 1997).

2.2. Toyota Production System

Tal como se menciona en el anterior punto, el inicio para la nueva filosofía de producción se dio con la Toyota Production System (TPS), al cual se le denominó una “filosofía de excelencia” y que se basa en:

- La eliminación planeada de todo tipo de desperdicio.
- La mejora consistente de la Calidad y de la Productividad.
- El respeto por el trabajador.

La razón de buscar una nueva filosofía era para conseguir un método de producción más eficiente, mediante la identificación y eliminación de desperdicios (MUDA en japonés, o WASTE en inglés), y el análisis de la cadena de valor, para finalmente conseguir un flujo de material estable y constante, en la cantidad adecuada, con la calidad asegurada y en el momento en que sea necesario. Es decir, tener la flexibilidad y fiabilidad necesarias para fabricar en cada momento lo que pide el cliente. Ni más, ni menos.

Las ideas básicas del sistema de producción de Toyota fueron (Max T. Rossi, 2008):

- La eliminación del inventario y pérdidas.
- La disminución del desperdicio presente en los procesos.
- La cooperación con los diferentes proveedores.
- El respeto por el trabajador.
- Limitación de la producción a pequeñas partes.
- Reducir o simplificar su estructura de producción.

El TPS se conceptualiza con una estructura con dos columnas que sostienen a la edificación, las cuales son la producción **Just-in-Time** (JIT) y **Jidoka** (Automatización con un toque humano), tal como se visualiza en el siguiente esquema:

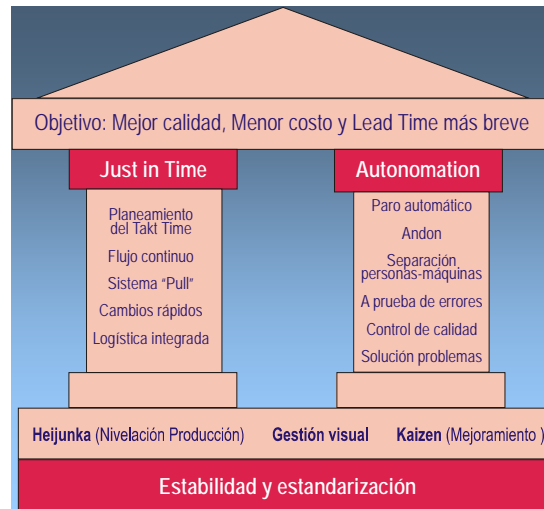


Imagen N° 6.- Toyota Production System (TPS), Las columnas bases son el Just in Time y la Autonomation (Max T. Rossi, 2008)

Método Just in time:

El Just in Time lo que busca es la reducción o eliminación de los desperdicios. Lo podemos definir como "cualquier actividad que no aporta valor añadido para el cliente", es decir el uso de recursos de forma excesiva, estos recursos pueden ser mano de obra, equipos, tiempo, espacio, energía, etc. Algunos de los desperdicios pueden ser:

- El exceso de existencias o inventario
- Los plazos de preparación
- Las inspecciones excesivas
- El transporte de materiales en grandes distancias
- Tiempos muertos
- Procesamiento excesivo
- La superproducción, etc.

Por ello no se considera al just in time como un simple proyecto sino como un *proceso*. Y este es un proceso que ayuda a establecer un orden de prioridades en lo que se hace en la empresa. Por lo tanto la finalidad del método es el mejorar la capacidad de una empresa para responder económicamente al cambio.

Los cuatro objetivos esenciales del just in time son:

- Atacar los problemas fundamentales.
- Eliminar desperdicios.
- Buscar la simplicidad.
- Diseñar sistemas para identificar problemas.

Método Jidoka (Autonomía):

El término japonés para este método es JIDOKA, nombre con el cual se conoce en el TPS. El objetivo de este método es obtener un sistema productivo con cero errores y 100% de calidad para lo cual se debe evitar que cualquier pieza o producto defectuoso continúe en su recorrido en un proceso productivo.

Para evitar que este producto continúe en el proceso productivo lo que se busca es que se pueda detectar a tiempo y tomar las medidas correctivas o depurar en el momento en el que se identifican y no al final del proceso con controles de calidad, ya que lo único que logran es identificar productos terminados deficientes o desechables pero gastando tiempo y materia en todo el proceso.

Por ello este método hace referencia a las personas, ya que el TPS lo describe como “automatización con un toque humano”. Lo que significa que los empleados en general de cualquier empresa y teniendo cualquier rango, se sienta totalmente comprometidos en asegurar que la tecnología para los procesos que se esté usando en la empresa funcionen adecuadamente para producir un resultado siempre bueno. Y que tengan la autonomía suficiente de parar una línea de producción si es necesario para solucionar o depurar el error, logrando así mantener una alta calidad durante el proceso de producción, de esta manera se logra que el empleado se sienta involucrado con su trabajo y con la labor que desempeña dentro de la línea de producción.

Por ello **lo que se obtiene básicamente de el TPS es** la eliminación de desperdicios mediante el método just in time y que en la producción de un producto se logre tener cero errores y un alto estándar de calidad mediante la Autonomation.

2.3. Nueva filosofía de producción: Lean Production

Para hablar de una nueva filosofía primero debemos conocer cuál fue la filosofía que se seguía básicamente en las empresas manufactureras en el siglo XIX, cuando las empresas se concentraban en solo un producto y no en la variedad y flexibilidad tal como lo hizo el Toyota Production System.

El modelo base para una línea de producción es *el de conversión*, y es este modelo el que se vino utilizando en el siglo XIX. En este modelo las características de producción fueron las siguientes:

1. El proceso de producción es la conversión de un INPUT en un OUTPUT, es decir que el material base que entra en una proceso sale de este convertido en un producto que es para venta al cliente.
2. El proceso de conversión puede ser subdividido en subprocesos, los cuales son también procesos de conversión.
3. El costo global del proceso puede ser disminuido si se minimiza el costo de cada subproceso.
4. El valor del producto final (output) está asociado con el valor de la materia que ingresa (input) a este proceso conversión.

Gráficamente podemos visualizar el modelo de conversión con el siguiente esquema:

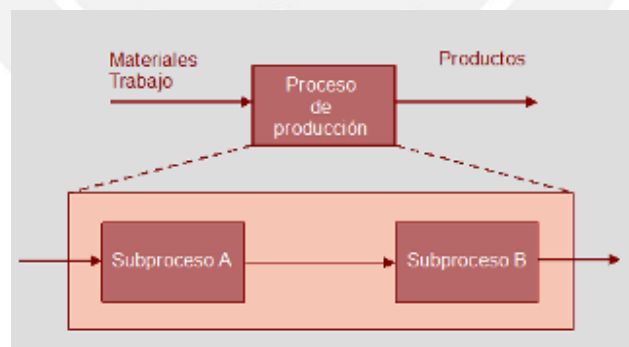


Imagen N° 7.- Modelo de conversión usado en el siglo XIX (Koskela, 1992)

Sin embargo este modelo tiene errores y fallas las cuales fueron señaladas mediante el Just in time y el Total Quality Management, las cuales las mencionamos a continuación:

Observaciones del Just in time

Al considerar todo como un ingreso y salida de materia que se transforma, no se está considerando el **flujo** entre las conversiones. Este flujo es referido a movimientos, esperas, inspecciones, etc.

Estas actividades son aquellas que no aportan valor al producto final desde el punto de vista del consumidor, y por lo tanto el modelo de conversión según su concepción, no las está considerando o las considera todas como actividades de conversión, con lo que querría decir que tienen valor, lo cual no es así.

También dentro del modelo de conversión consideran que para minimizar el costo total de la producción, se debe aminorar los costos en los subprocesos que generalmente se hacen con la implementación de nuevas tecnologías, pero con esto lo único que se está logrando es invertir en las actividades que al final no generan valor al producto que llega al cliente.

Por lo tanto lo que básicamente observa el Just in Time, es que se debe considerar el flujo en el proceso de producción, ya que en él se tiene actividades que aportan valor como aquellas que no aportan valor, y son las que debemos eliminar o disminuir.

Observaciones del Total Quality Management

En este punto lo que se observa es que usando el modelo de conversión, no se toma en cuenta que los resultados de los subprocesos en su gran mayoría son variables, y se llega al momento en que uno de los subproductos no tiene las especificaciones necesarias o está fallado, por lo que es necesario corregirlo o desecharlo. Por lo que “casi un tercio de lo que hacemos consiste en rehacer el trabajo previamente hecho” (Juran 1988). Por ello en este punto se tiene desviaciones en la calidad que causan desperdicios y también producen interrupción del flujo.

De estas observaciones, se deduce que el método de conversión no se notaba estas fallas cuando la producción se basaba en un solo producto, además que los procesos eran más sencillos y cortos. Mientras que con el correr de los años y al aplicarlo a industrias más complejas empezaron a notarse estas fallas.

De este modo nace una nueva filosofía que como se mencionó antes, se basó en el Toyota Production System, en el que ya se empezaron a corregir y a evitar estas fallas del modelo de conversión.

Esta filosofía se basa en un modelo en donde la producción es un flujo de materiales y/o informaciones desde la materia prima hasta el producto final.

Los procesos son los que representan la **conversión** en la producción, mientras que las inspecciones, movimientos, esperas, etc. representan el **flujo**.

El nuevo esquema para este modelo es el siguiente:

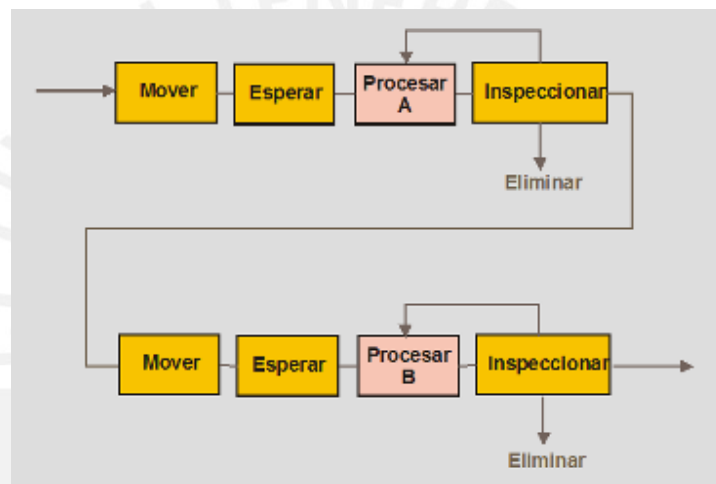


Imagen N° 8.- Nuevo modelo de producción (Koskela, 1992)

Por lo tanto para obtener una mejora en la producción se debe seguir los siguientes parámetros:

- Las **actividades de flujo** (inspecciones, movimientos, esperas, etc.) deben ser reducidas o eliminadas.
- Las **actividades de conversión** deben ser realizadas más eficientemente.

Esto último se puede visualizar en un esquema comparativo de ambos modelos en la Imagen N° 8.

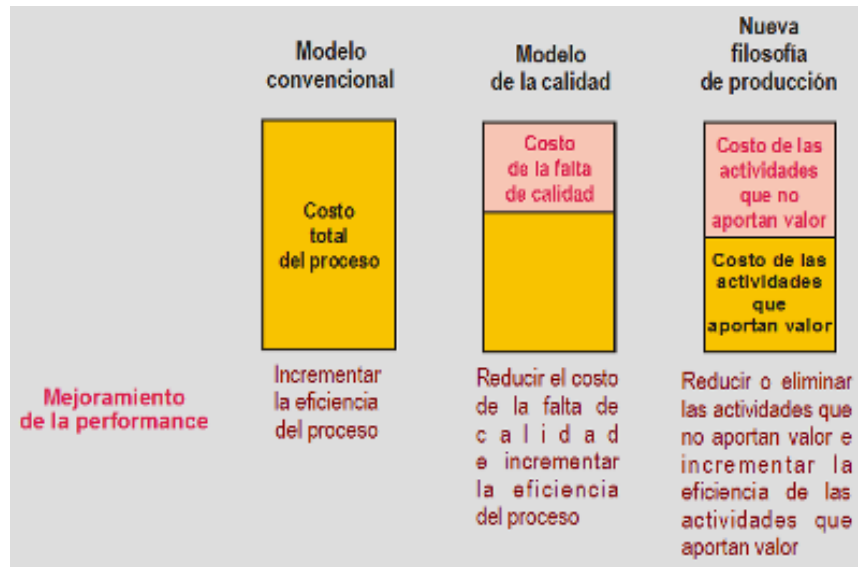


Imagen N° 9.- Cuadro comparativo de modelos de producción (Koskela, 1992)

De esta manera para llegar a controlar los procesos en una industria, se tiene las siguientes bases de esta nueva filosofía denominada Lean Production (Max T. Rossi 2008):

1. **Reducir** la porción de actividades que no aportan valor. (valor: se refiere a la satisfacción de los requerimientos del cliente)
2. **Incrementar** el valor del output (output: es el producto final o el producto resultante entre una fase y otra dentro del flujo de producción) a través de consideraciones sistemáticas de los requerimientos del consumidor.
3. **Reducir** la variabilidad
4. **Reducir** el tiempo del ciclo (tiempo de ciclo: suma de tiempos de flujo y conversión que son necesarios para producir un lote de producción)
5. **Simplificar procesos**, es la reducción de los componentes (partes) o números de pasos para realizar un producto. Simplificar los procesos es mejorar el flujo.
6. **Incrementar** la flexibilidad del output.
7. **Incrementar** la transparencia del proceso. Procesos más simples son más simples son más transparentes, lo cual facilita el control y el mejoramiento.
8. **Enfocar** el control en la totalidad del proceso.
9. **Aplicar** un mejoramiento continuo en el proceso. (principio basado en el "kaisen")

10. **Balancear** el mejoramiento del flujo con el mejoramiento de la conversión

11. **Benchmarking**

Por todo lo expuesto esta nueva filosofía lleva el nombre de Lean que quiere decir o dar a entender: esbeltez, flexibilidad. Es decir una **producción esbelta**, que se enfoca en crear actividades de valor agregado para el cliente, la identificación y eliminación del desperdicio o waste (en inglés) y la mejora continua para aumentar la productividad.

2.4. Lean Thinking

Como se mencionó anteriormente el concepto Lean es un proceso de eliminar desperdicios con el fin de generar valor, y el valor viene a ser definido por el cliente último, como lo veremos más adelante.

Esta tendencia tiene sus orígenes como “Lean Thinking” en el año 1995, y tal como hemos estado revisando en puntos anteriores la base para la formación de esta tendencia es el Sistema de producción Toyota del cual extrajeron distintas herramientas.

Para conocer y entender este pensamiento, se debe aprender algunos términos japoneses que vienen del TPS y son muy usados en el “Lean Thinking”:

- **Muda** (無駄) – *desperdicio, despilfarro, pérdida*
- **Kaizen** (改善) – *Mejoramiento incremental continuo*
- **Kanban** (看板) – *Tarjeta, señal*
- **Heijunka** (平準化) – *Nivelación de la producción*

El “Lean Thinking” tiene 5 principios básicos, los que definimos a continuación:

1. Definir el valor:

El **valor** es una información o un producto que está hecho de manera tal que el cliente está dispuesto a pagar por él. De esta manera podemos decir que el valor es definido por el cliente y creado por el productor.

Para que una empresa sea “Lean”, entonces deberá definir el valor desde la perspectiva del cliente y para lograr esto deberá identificar aquellas actividades que generan valor ya que cualquier actividad que no incremente el precio que pagaría el cliente, sólo agrega costo al proyecto.

2. Identificar el flujo del valor:

El flujo del valor son todos los procesos, actividades y funciones necesarias para generar el producto desde que es concebido hasta que es entregado al cliente. En todo este proceso se debe identificar y eliminar todo el desperdicio que hubiese.

Para poder identificar el flujo de valor se utiliza la técnica del “Value Stream Map”, que viene a ser la visualización gráfica del **camino del producto** desde el pedido hasta la entrega.

Al utilizar el “Value Stream Map”, se identificará dos tipos de desperdicio, uno que se debe eliminar (desperdicio tipo 1 - “Muda”) y otro que es necesario para poder completar el proyecto en tiempo y forma.

- Desperdicio tipo 1: Actividad parcialmente sin valor agregado, pero necesaria para completar las tareas. Sólo agregan costo al proyecto.
- Desperdicio tipo 2 (“Muda”): Actividades que carecen de valor agregado, es decir “Muda” a eliminar.

3. Hacer fluir el proceso:

Debemos reducir los tiempos de demoras en el flujo de valor, esto logramos quitando obstáculos del proceso, estos obstáculos podemos entender como la “muda”.

4. “Pull” (Jalar):

Para darle un mayor valor al producto o servicio debemos extraerlo también y sobre todo del cliente, ya que en torno a él es que se genera el producto. Por ello se debe buscar integrar al cliente en el proceso que nos lleva a obtener el producto.

5. Mejora Continua:

Todo proyecto “lean” debe tener un seguimiento constante y siempre en búsqueda de la mejora continua. Teniendo como principio máximo la eliminación de más “muda” en cada mejora.

2.5. Lean Construction

Esta nueva filosofía es respuesta ante la necesidad de suplir las carencias que se tienen en la construcción en cuanto a *productividad, seguridad y calidad*. Esto debido a que si comparamos la *productividad* de la construcción con la de una industria, la diferencia es notable ya que la última es superior porque los procesos que se manejan en las industrias son optimizados mientras que en la construcción poco o nada se analiza para ser optimizado. En cuanto a la *seguridad* en la construcción, es conocido que es muy baja ya que generalmente no se considera como un punto importante al ejecutar en muchas de las obras que se ve a diario, por el simple hecho que se cree que se está generando mayores gastos y uso de recursos en cuanto a los implementos y sistemas de seguridad. Y finalmente respecto a la *calidad*, obviamente que se podría mejorar mucho más de lo que se hace hoy en día, sobretodo porque aparecen nuevas exigencias que se tienen que cumplir con un buen estándar de calidad. La teoría de Lean Construction ayuda a mejorar el flujo de trabajo, reduciendo la variabilidad y la dependencia entre actividades.

La Lean Construction como tal se logra concretizar en base al sistema Last Planner[®], logrando así tomar todos los nuevos conocimientos y pensamientos de las empresas manufactureras a las de construcción, esto gracias a los iniciadores de esta nueva filosofía en la construcción: Laurin Koskela y Glend Ballard.

2.6. Lean Project Delivery System

La Lean Construction fue basada desde un inicio en la ejecución de los proyectos de construcción, es decir en la etapa esencialmente operativa, con el fin de obtener mejoras en cuanto a productividad y como indica la filosofía Lean, en la reducción de

pérdidas. La aplicación de este enfoque se ve claramente en la implementación del Sistema del Last Planner[®], siendo esta una de las prácticas más divulgadas en cuanto a la aplicación de la nueva filosofía en la construcción.

Debido a este enfoque y ante la necesidad de mejorar en la administración de los proyectos, evoluciona el Lean Project Delivery System a partir de la Lean Construction, ya que la misión del Lean Construction Institute (LCI) es desarrollar una nueva y mejor manera de diseñar y construir bienes de capital.

Así al irse implementando las prácticas y enfoques de la nueva filosofía en la construcción, se fue extendiendo más allá de la etapa constructiva para apuntar a las áreas de diseño, abastecimiento, contratación de proyectos, etc., logrando así un cambio en las relaciones de los interesados (stakeholders) del proyecto.

Por ello podemos dar como un concepto general del LPDS como *“un enfoque basado en el **management de la producción** para diseñar y construir bienes de capital, en el cual, el **proyecto viene estructurado y manejado** como un **proceso de generación de valor**”* (Conferencia Max T. Rossi, 2008).

Uno de los aspectos principales del LPDS es la estructuración del trabajo (Work Structuring), este término “Work Structuring” fue creado por el LCI (Lean Construction Institute), concepto que aparece en respuesta ante el planeamiento de proyectos que se planteaba en el sistema tradicional utilizado en la construcción, el cual se basaba principalmente en una **estructuración organizativa** siendo denominada como **Work Breakdown Structure (WBS)**.

La WBS dividía el trabajo a ejecutar en elementos y lo relacionaba a una **Organizacional Breakdown Structure (OBS)**, para asignar así la responsabilidad de la entrega de estos elementos, pero esto es incorrecto pues todos los elementos del proyecto son **interdependientes**. Y si entendemos que el valor viene producido porque “el todo es más que la suma de las partes”, entonces concluiremos que el valor surge de la interdependencia de los elementos que conforman el proyecto.

Por ello para asegurar las interdependencias entre los elementos del proyecto, se necesita el concepto del “Work Structuring”, cuyo término fue creado “para **indicar** el desarrollo de las operaciones y del proceso de diseño, **en alineación** con el diseño del

producto, la estructura de las cadenas de suministro, la asignación de los recursos y el diseño de la instalación.” (LPDS por Glenn Ballard)

Siendo el propósito del “Work Structuring” “el hacer más seguro y rápido el flujo de trabajo mientras que aporta valor para el consumidor.” (LPDS por Glenn Ballard)

A continuación se muestra como se estructura el modelo de la LPDS:

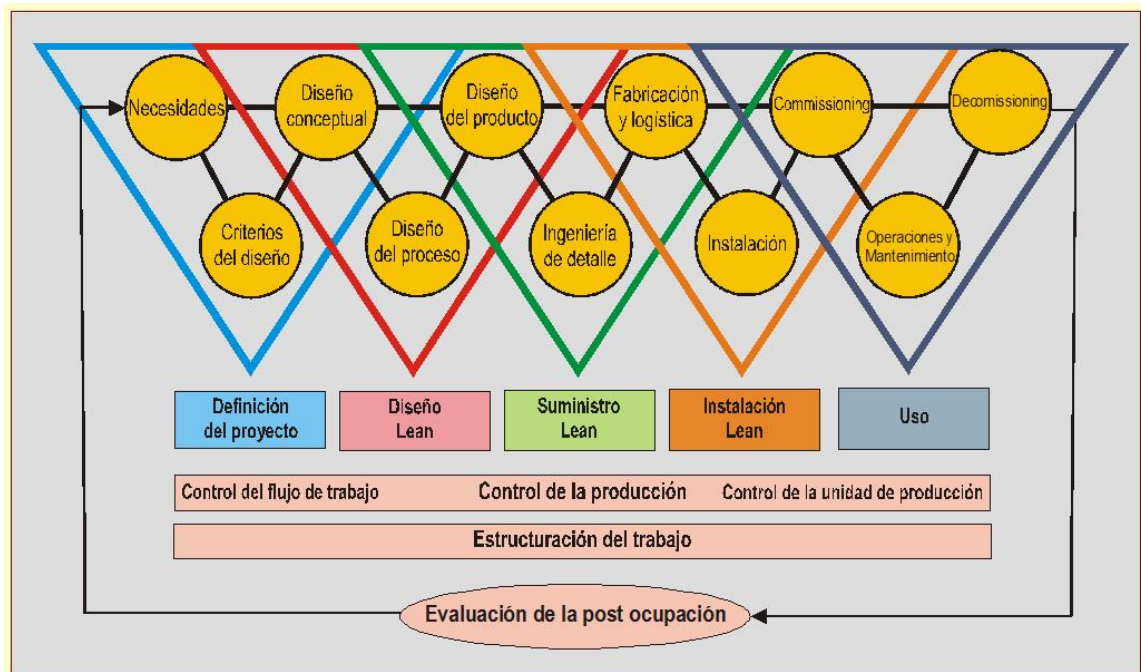


Imagen Nº 10. - Lean Project Delivery System (Glenn Ballard 2000)

Como se aprecia en la figura 12, el modelo del LPDS se divide en 7 fases y 12 módulos. Cinco fases interconectadas contienen a 11 módulos, las fases se denominan:

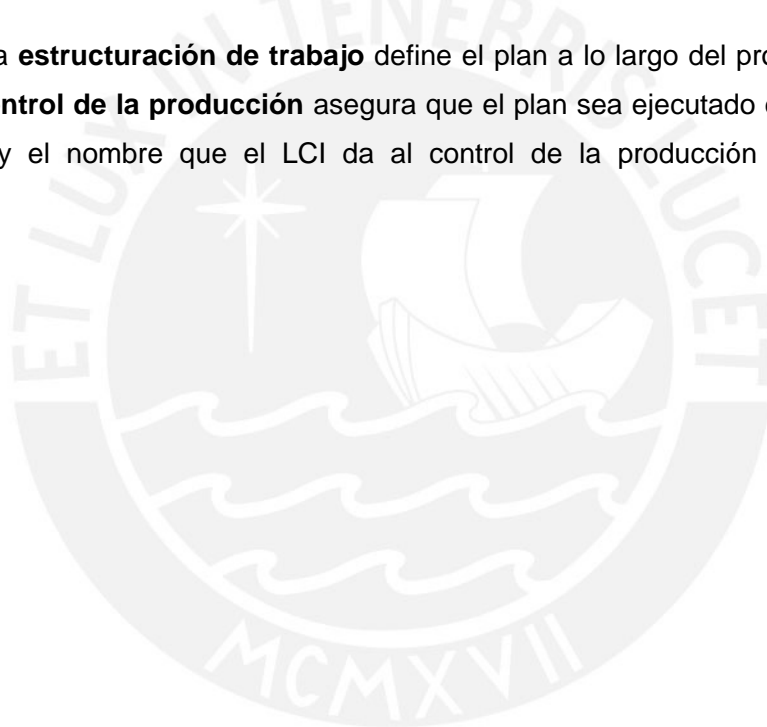
1. Definición del Proyecto
2. Diseño Lean
3. Suministro Lean
4. Instalación Lean
5. Uso

Las fases faltantes son:

- Control de la producción, compuesto por:
 - Control del flujo de trabajo
 - Control de la unidad de producción
- Estructuración del trabajo

De acuerdo al modelo del LPDS, podemos observar que la **estructuración del trabajo** es durante todo el tiempo del proyecto, a medida que los participantes definen y redefinen los planes. Por ello todas las decisiones concernientes a la estructuración del trabajo serán tomadas en todas las fases del proyecto.

Así como la **estructuración de trabajo** define el plan a lo largo del proyecto, de igual modo el **control de la producción** asegura que el plan sea ejecutado de acuerdo a lo planeado, y el nombre que el LCI da al control de la producción es el de **Last Planner®**.



CAPITULO 3

LAST PLANNER SYSTEM®

3.1. Introducción

En la estructura del modelo de la LPDS, como pudimos ver se tiene una fase que se lleva a cabo a todo lo largo del proyecto, siendo uno de ellos el de **Control de la Producción**, con el cual aseguramos que lo que se planifica se llegue a ejecutar teniendo la menor desviación de la planificación inicial. El Last Planner System®, es un sistema de control de producción, pero para entender mejor este último concepto, iremos más atrás para poder entender que es control y producción.

La **Producción** es sinónimo de “hacer”, y se puede entender como el conjunto de operaciones necesarias para modificar las características de las materias primas, con la finalidad de obtener un producto que es destinado a un cliente. Esta concepción de producción es estudiada mucho por la ingeniería industrial, y clasificada dentro del tipo de manufactura (en el sentido de “hacer”). Dentro de esta concepción, “diseño e ingeniería han sido pocas veces concebidas como procesos de producción, el enfoque casi por completo se coloca en hacer las cosas en lugar de diseñarlas” (Ballard, 2000). La bibliografía respecto a la gestión de la producción en manufactura es extensa, pero siempre abordándose desde el punto de vista industrial, y otro tanto menor respecto al aspecto psicológico/sociológico. A inicios del siglo XX comenzó la producción en masa en las industrias manufactureras, especialmente en la automotriz, teniendo en su haber muchos aportes teóricos a lo largo del tiempo, pero a mediados del siglo XX fue apareciendo en Japón un nuevo sistema de Producción en la fábrica Toyota, a partir del cual se inicia la Lean Production llamada así en contraposición de la producción en masa.

En base a esta nueva filosofía de producción, Ballard en su tesis de doctorado involucra el diseño y fabricación dentro de la concepción de producción, indicando: “la definición de la producción como el diseño y fabricación de artefactos nos permite entender cómo la construcción es un tipo de producción y también que el diseño es un componente esencial en la producción en general y específicamente en la construcción.” (Ballard,

2000) Desde este punto de vista, el más destacado teórico de la producción en la construcción, es Lauri Koskela. De esta manera podemos entender a la producción como el proceso que involucra el diseño y fabricación de artefactos.

El concepto **Control**, es muy amplio y puede ser utilizado en el contexto organizacional, con el cual evaluamos el desempeño frente a un plan predeterminado. Dentro de varios planteamientos de diversos autores estudiosos de este tema (Henry Farol, Robert B. Buchele, Buró K. Scanlan, etc.), podemos identificar que definen al control como un mecanismo de comprobación o verificación, como un proceso de medición de resultados, o como la regulación de actividades. Todo esto relacionado siempre a una planificación o un estándar, mediante el cual se busca lograr un objetivo particular. Y como resultado del control se obtiene correcciones, diagnósticos, acciones correctivas, identificación de debilidades, etc. De esta manera podemos entender el control en forma general como “Una función administrativa, ya que conforma parte del proceso de administración, que permite verificar, constatar, palpar, medir, si la actividad, proceso, unidad, elemento o sistema seleccionado está cumpliendo y/o alcanzando o no los resultados que se esperan” (Cabrera Elibeth, 2003).

En base a la filosofía Lean control significa “causar un futuro deseado” en lugar de identificar variaciones entre lo planeado y lo real (en oposición a los principios del Project Management). Por ello Howell (1999) argumenta que el control se redefine a partir de “monitorear resultados” hacia “hacer que las cosas sucedan” o como indicamos “causar un futuro deseado”.

Por **Control de la producción** se entiende como el proceso que gobierna la ejecución de los planes y se extiende desde el comienzo hasta el fin del proyecto. Por ello el control de la producción, concibe la producción como un flujo de materiales e información entre especialistas que cooperan, para generar valor para el cliente.

Decimos que el Last Planner System[®] es un sistema de Control de producción debido a que con este sistema se rediseña los sistemas de planificación ordinarios y se incorpora a un mayor nivel de participantes como a maestros, subcontratistas, ingenieros, etc. Todo ello con la finalidad de lograr los compromisos en la planificación.

Lauri Koskela, propuso unos criterios o principios para diseñar un adecuado sistema de control de la producción (Koskela, 1999). Estos principios son (Ballard, 2000):

1. **Primer principio**, “las asignaciones deben ser razonables en relación a sus condiciones previas”, esto hace referencia a que no deberíamos comenzar un tarea o labor hasta que no estén a disponibilidad todos los suministros o herramientas necesarios para completar dicha tarea, llamado “Complete kit” en inglés por Ronen en 1992. “Este principio procura minimizar el trabajo en condiciones sub-óptimas”. (Ballard, 2000, 2-14)
2. **Segundo principio**, “el cumplimiento de las asignaciones es medido y monitoreado”, la forma de medir este cumplimiento es el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC), el cual será explicado a detalle más adelante. Este enfoque hace que reduzcamos el riesgo de variabilidad en tareas o flujos que vienen después de la actividad que evaluamos.
3. **Tercer principio**, “se investigan las causas de no-cumplimiento (non-realization) y esas causas son eliminadas”. Las causas de no cumplimiento son las razones porque no se concluyeron las actividades programadas.
4. **Cuarto principio**, “sugiere mantener un paquete de tareas de amortiguación (buffers) razonables para cada equipo de trabajo”, esto hace referencia a que en caso no se pueda realizar un tarea programada, se debe tener tareas que estén libres de restricciones para ser ejecutadas en su lugar, para evitar así pérdida de producción o reducción de la productividad.
5. **Quinto principio**, “en la planificación lookahead (con un horizonte temporal de 3 a 4 semanas), los requisitos previos de asignaciones inminentes deben ser liberados de forma activa”, lo cual hace referencia claramente aún sistema “pull”, donde se busca asegurar que todos los requisitos previos estén disponibles para la ejecución de las asignaciones.

Estos cinco principios son aplicados en el Last Planner System[®], tal como se irá viendo en el desarrollo del presente capítulo. Para ello pasaremos a definir a quienes se llama Last Planner y todo lo que involucra el seguir este novedoso sistema.

3.2. Definición

El **Last Planner System[®]** fue desarrollado por Herman Glenn Ballard y Gregory A. Howell, basándose en los principios de la Lean Construction. El sistema desarrollado

es una herramienta para controlar las interdependencias existentes entre los procesos y reducir la variabilidad entre estos, y por lo tanto asegurar el cumplimiento de la mayor cantidad de actividades de la planificación dentro de la filosofía Lean Construction, este aseguramiento es posible ya que la ausencia de variabilidad significa producción confiable (Tommelein, 1998). La variabilidad sólo la podemos controlar teniendo funcionamientos fiables y usando procedimientos simples y estándares para pronosticar fácilmente el desempeño.

En cuanto al término Last Planner[®], Glenn Ballard en su tesis de doctorado enuncia lo siguiente: “En última instancia, alguien (un individuo o un grupo) decide qué trabajo físico, específico será realizado mañana. Este tipo de planes han sido llamados asignaciones” (Ballard, 2000). Son únicos porque controlan el trabajo directo en vez de la producción de otros planes. La persona o el grupo que producen las asignaciones son llamados el “Last Planner[®]”. Por ello la traducción al castellano de Last Planner es de “Último Planificador” ya que esta persona o grupo de personas son las últimas encargadas de definir las asignaciones para el día a día de la obra.

Dentro del glosario de términos de la Lean Construction Institute, Last Planner se define como: “La persona o grupo de personas que producen las asignaciones para los trabajadores directos” (ver Glosario).

Debemos entender que la planificación no es simplemente el desglose de actividades que se preceden unas a otras, con la finalidad de poder obtener el presupuesto para la cuantificación de costo y lograr una programación con un inicio y fin del proyecto. Con la planificación debemos ser capaces de poder definir qué se debe hacer, que es lo que se puede hacer, que es lo que se hará, que acciones se debe tomar para que se cumpla la planificación e indicar los responsables de dicha planificación. Por ello con esta necesidad de cubrir estos puntos mencionados, es que el **Last Planner System[®]** apunta fundamentalmente a aumentar la fiabilidad de la planificación y con ello mejorar los desempeños.

El incremento de fiabilidad se lleva a cabo mediante la **planificación intermedia (Lookahead Planning)** y mediante el **plan de trabajo semanal (Weekly Work Plan)**.

Antes de definir estos conceptos, debemos citar la concepción que Ballard da respecto al Last Planner System[®]:

“El Last Planner System[®] de control de producción es una filosofía, reglas y procedimientos, y una serie de herramientas que facilitan la implementación de esos procedimientos. En relación a los procedimientos, el sistema tiene dos componentes: **control de las unidades de producción y control del flujo de trabajo**” (Ballard, 2000). Como unidades de producción en la construcción se entiende como una cuadrilla de obreros o grupo de ellas que se especializan en un tipo de labor, el término en inglés es “Production unit – PU”.

Estos dos componentes van relacionados con la división de la fase de **Control de Producción**, ya que el “control de flujo de trabajo” se lleva a cabo mediante **planificación intermedia (Lookahead planning)**, mientras que el “control de las unidades de producción” se realiza mediante el **plan de trabajo semanal (weekly work plan)**, mediante las cuales se puede incrementar la fiabilidad como ya se indicó.

De ambos componentes podemos decir que el control de flujo de trabajo, como su nombre lo dice, se refiere a que se debe hacer que fluya el trabajo activamente a través de las unidades de producción (production unit) para lograr objetivos más alcanzables. Por ello el control de flujo de trabajo, “coordina el flujo del diseño, abastecimiento, e instalación *a través de* las unidades de producción” (Ballard, 2000). Mientras que el trabajo del control de las unidades de producción es hacer que las asignaciones realizadas a las unidades de producción (trabajadores o cuadrillas) sean mejores mediante el aprendizaje y acciones correctivas a su debido momento, de esta manera este componente “coordina la ejecución del trabajo *dentro* de unidades de trabajo tales como los equipos de construcción y los de diseño” (Ballard, 2000).

Como se indicó con anterioridad, el Last Planner es el que determina las “asignaciones” para el día a día, pero estas son producto de una adecuada planificación, en donde vemos intervenir los conceptos de Debería (Should), Puede (Can), Hará (Will) e hizo (Did). Esto es así ya que el Last Planner[®] indica lo que se Hará (Will), siendo esto ajustado por lo que se Debería (Should), y además considerando las restricciones que presenta el Puede (Can). De esta manera Ballard, presenta un esquema para entender la relación entre estas concepciones durante la planificación de asignaciones.

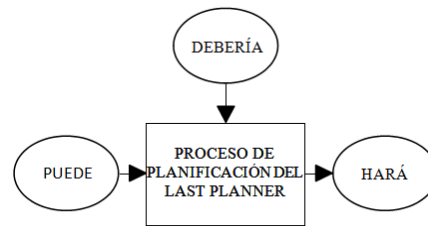


Imagen N° 11.- La formación de asignaciones en el proceso de planificación del Last Planner®.

Los elementos que conforman o que estructuran el Last Planner System® se indican a continuación pero serán desarrollados en el punto 3.5.:

- Cronograma Maestro (Master Schedule)
- Planificación por fases (Phase Schedule)
- Planificación Intermedia (Lookahead Planning)
 - Análisis de Restricciones (Constraints Analysis)
- Reserva de Trabajo ejecutable (Workable Backlog)
- Plan de trabajo semanal (Weekly Work Plan)
 - Porcentaje de Plan Cumplido (Percent Plan Complete - PPC)
 - Razones de No Cumplimiento (Reasons for Non-conformances)

3.3. Control de las unidades de producción

Recordemos que “el Control de las unidades de producción coordina la ejecución del trabajo dentro de unidades de trabajo tales como los equipos de construcción y los de diseño” (Ballard 2000), y uno de los puntos importantes para el funcionamiento de un sistema de planificación a nivel de las unidades de producción es la calidad de su producción, esto se refiere a la calidad de los planes producidos por el último planificador o Last Planner®. Esta planificación del Last Planner® se refleja en lo que se denomina Plan de Trabajo Semanal (Weekly Works Plan). Los criterios de calidad para una asignación de una tarea en el Weekly Work Plan son:

- a. Definición (Definition): La acción esté bien definida.
- b. Viabilidad (Soundness): El trabajo escogido es práctico o razonable, es decir, puede ser realizado.

- c. Secuencia (Sequence): Se escoge la secuencia de trabajo correcta.
- d. Tamaño (Size): Se escoge la cantidad de trabajo correcta.
- e. Aprendizaje (Learning)

El detalle de estos criterios de calidad se encuentra ubicado en el punto “3.5.5.1 Asignaciones de Calidad (Quality Assignments)” dentro del ítem de Planificación Semanal.

La manera que podemos medir la calidad de lo planificado, es mediante el Porcentaje de Plan Cumplido (Percent Plan Complete – PPC). Este indicador PPC “se vuelve el estándar en relación al cual se ejerce control a nivel de unidades de producción... un PPC mayor corresponde a realizar más trabajo debido con los recursos dados, es decir, corresponde a mayor productividad y avance.” (Ballard 2000).

Por lo tanto el PPC mide el grado en que el compromiso del planificador (Hará – Will) fue materializado. Y en caso haya tareas que no se lograsen ejecutar, es necesario una retroalimentación de las fallas para que esto ocurriese, por ello se realiza un análisis de no conformidad o **razones de no cumplimiento (Reasons for Non-Conformances)**. Mediante este análisis se puede mejorar el PPC de las siguientes semanas y en consecuencia mejorar el rendimiento del proyecto.

3.4. Control del flujo de trabajo

El otro componente del sistema de planificación, es el control de flujo de trabajo que consiste en “hacer que el trabajo se mueva entre las unidades de producción en una secuencia y a un ritmo deseado” (Ballard, 2000). Además también el control del flujo de trabajo coordina la ejecución del trabajo (flujo del diseño, abastecimiento, e instalación) a través de las unidades de producción.

3.4.1. Planificación Intermedia (Lookahead Planning)

Como se mencionó con anterioridad, el control de flujo de trabajo dentro del sistema de planificación se lleva mediante la Planificación Intermedia o Lookahead Planning.

En el proceso de Lookahead Planning, se propone una visión de 4 a 6 semanas, según se determine por el equipo de la obra, al cual se llama Lookahead Window. Dentro de esta ventana es que se desglosa todas las actividades colocadas en el Cronograma

Maestro (Master Schedule) y se procede con el análisis de restricciones (Constraints Analysis) para que luego de este análisis podamos obtener una Reserva de trabajo Ejecutable (Workable Backlog). Finalmente luego de la ejecución de los trabajos se procede con las razones de No cumplimiento (Reasons for Non-conformances).

El proceso de lookahead se lleva a cabo mediante el análisis de restricciones el cual conlleva los procesos de “alistar” (make ready) tareas mediante la “revisión” (screening) y el “arrastre” (Pulling). A continuación se presenta el proceso de planificación Lookahead, el cual es desarrollado más adelante (ver Imagen N° 12).

3.4.2. Sistema de arrastre (Pull System)

El método que se utiliza para introducir materiales o información en el proceso de producción se denomina Sistema de arrastre o “Pull System”. En cambio se tiene en contraposición el sistema de Empuje o “Push System”, que consiste en empujar las entradas hacia un proceso basado en metas de entregas o fechas límites. Tradicionalmente la construcción ha sido un sistema push, ya que lo que se busca con sus cronogramas es lograr intersecciones en el futuro de tareas interdependientes (ver Imagen N° 13).

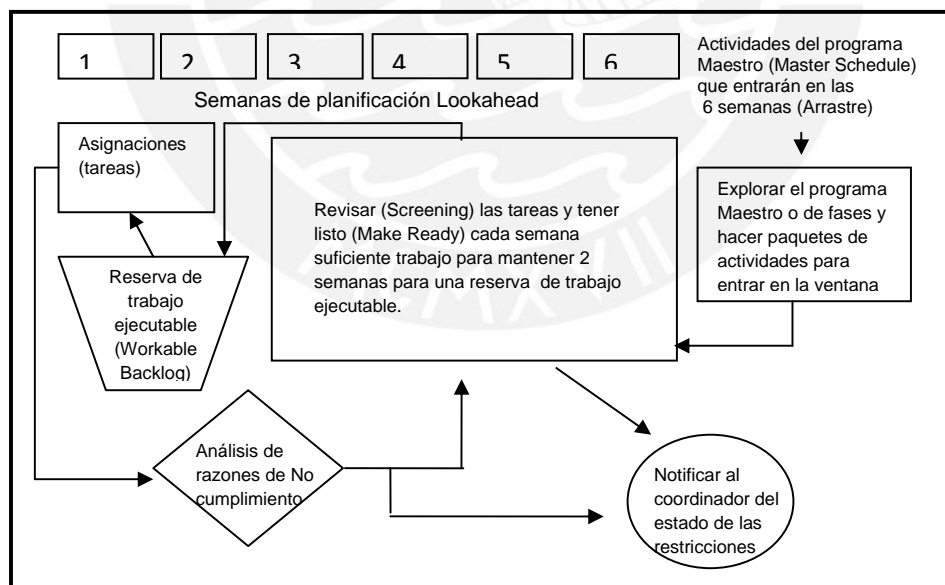


Imagen N° 12.- Proceso Lookahead, alistar (Make Ready) mediante revisión (Screening) y arrastre (Pulling). (Ballard, 2000)

A diferencia del Push System, el Pulling solo permite que los recursos e información puedan ingresar al proceso de producción si el proceso es capaz de realizar dicho trabajo. Como veremos más adelante en el proceso lookahead se alista (Make ready) las tareas previamente antes que ingresen a la programación propiamente dicha, y esto viene a ser el uso de técnicas Pull. Así podemos concluir que el Last Planner® es un sistema Pull (ver Imagen N° 14).

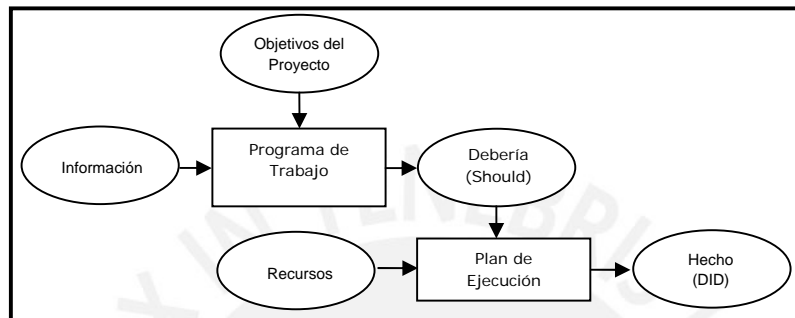


Imagen N° 13.- Sistema tradicional de planificación “Push” (Ballard, 2000)

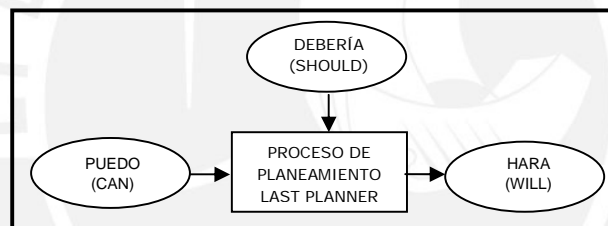


Imagen N° 14.- Last Planner®, un sistema Pull (Ballard, 2000)

3.4.3. Equilibrio entre carga y capacidad

Para un sistema de producción es muy importante poder equilibrar la carga y capacidad para las unidades de producción, ya que esto repercute directamente en la productividad que tendrán. En el proceso de lookahead, que será explicado más adelante, es necesario el tener siempre una cantidad de tareas disponibles para su ejecución para cada unidad de producción, a esto se llama Reserva de Trabajo ejecutable (Workable Backlog). Para esto es necesario poder estimar la carga de cada tarea que será encargada a una unidad de producción y así mismo debemos calcular la capacidad de todas las unidades de producción. Si bien es cierto que se debe estimar tanto la carga y capacidad, pero para poder lograr un equilibrio entre ambas, el planificador puede hacer algunos ajustes como:

- Cambiar la carga para que concuerde con la capacidad.
- Cambiar la capacidad para que concuerde con la carga.
- O se procede a una combinación de ambos, lo cual es lo más usual.

3.5. Estructuración del sistema Último Planificador

3.5.1. Cronograma Maestro (Master Schedule)

Todo proyecto de construcción suele tener una planificación general, sobre la cual se plasman todos los objetivos generales que se plantearon en el programa inicial. A esta planificación inicial se denomina **Cronograma Maestro (Master Schedule)**. Mediante este cronograma lo que se busca es trazar las metas generales del proyecto mediante fechas definidas, las fechas de cumplimiento de cada meta se puede definir como “hitos” para el proyecto. Consecuentemente podemos decir que el cronograma maestro sirve para identificar los hitos de control del proyecto.

El cronograma maestro debe ser elaborado con información fidedigna, es decir que represente el verdadero desempeño que tiene nuestra empresa para el tipo de proyecto que se ejecutará. Solo así podremos dar validez al Last Planner System[®], ya que se estará controlando tareas que representan la forma y desempeño real de la empresa.

Es usual que para la elaboración del cronograma maestro se utilice diferentes programas de computación, como Ms Project, Primavera, etc. Lo esencial en la elaboración de este cronograma en el software que fuese desarrollado, es poder identificar los hitos del proyecto y además de ello poder elaborar el presupuesto del proyecto.

3.5.2. Planificación por fases (Phase Scheduling)

Según Ballard, una planificación por fases o Phase Scheduling, tiene como propósito el elaborar un plan para completar una fase del trabajo (Ballard, 2000):

1. Que Maximiza la generación de valor.
2. Que todos los involucrados entiendan y apoyen.
3. Que especifica la transferencia entre grupos de trabajo.

4. En donde las actividades programadas se elaboren en base al proceso lookahead para ser explotada en los detalles operativos y sea preparado para la asignación de los planes de trabajos semanales.

Los participantes en el phase scheduling están representados por aquellas personas que tienen trabajo por hacer en la fase en análisis. Ballard da como ejemplo respecto a esto, que un equipo de trabajo para programar una fase de construcción debería involucrar a la contratista, la subcontratista y tal vez a las partes interesadas (stakeholders), como los diseñadores, clientes y agencias reguladoras. Además indica que los participantes deben traer los cronogramas y planos relevantes, y tal vez incluso el contrato de cada uno de ellos.

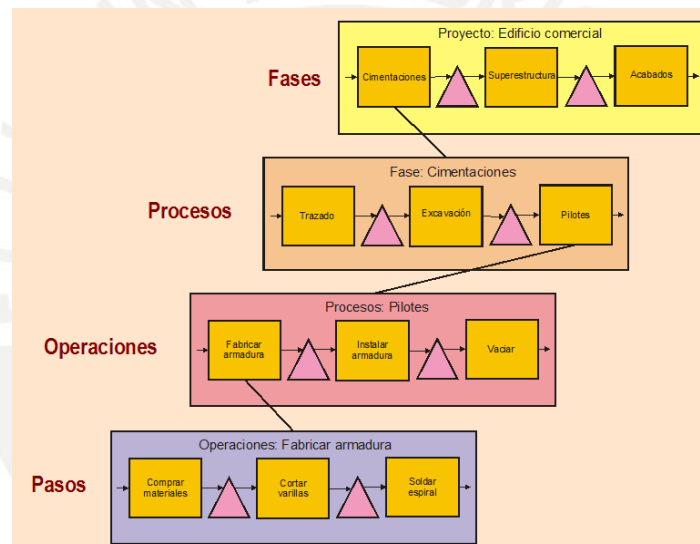


Imagen Nº 15.- Ejemplo de una planificación por fases y el detalle de la fase en análisis (Max T. Rossi 2008 - basado en Ballard, 2000).

Además Ballard nos indica que el proceso del phase scheduling involucra (Ballard, 2000):

1. Definir el trabajo que se incluirá en la fase.
2. Determinar la fecha de finalización de la fase, además de las principales versiones intermedias para las fases previas o para las fases posteriores.
3. El uso de un equipo de planificación y post-it pegados en una pared, en el cual se va desarrollando la red de actividades necesarias para completar la fase,

trabajando hacia atrás desde la fecha de finalización, e incorporando los hitos intermedios.

4. Aplicar la duración de cada actividad, sin la contingencia o aumento en las estimaciones de duración. Tratando de usar el tiempo que se puede esperar en condiciones normales.
5. Reexaminar la lógica para tratar de acortar la duración. Se debería pedir a cada persona qué cambios en las solicitudes que reciben les permitirá acortar la duración de la tarea.
6. Determinar la fecha de inicio más temprana para la fase.
7. Si hay tiempo de sobra después de comparar el tiempo entre el inicio y la finalización de la duración de las actividades en la pared, se debe decidir qué actividades buffer habrán para el tiempo adicional.
8. ¿El equipo está cómodo que los buffers son suficientes para asegurar la finalización dentro de los hitos? Si no es así, entonces, bien se replantean o cambian los hitos según sea necesario y posible.
9. Si hay exceso de tiempo disponible más allá de lo necesario para amortiguar las tareas individuales, se debe decidir si se desea acelerar el calendario o utilizar el exceso para aumentar la probabilidad de terminar a tiempo.
10. Reservas de tiempo no asignado en un buffer de contingencia general para la fase.

La aplicación de todos estos puntos anteriores conlleva el tener grandes cambios de la práctica de planeamiento tradicional, lo cual lo hemos esquematizado en un cuadro:

Práctica Tradicional	Phase Schedulling
La práctica tradicional es que el líder del proyecto desarrolla un programa, y luego lo distribuya a otros miembros del equipo con una solicitud de comentarios. Con menos frecuencia, los miembros del equipo se ponen en las reuniones cara a cara para discutir el programa.	Los miembros del equipo producen realmente el plan de trabajo, no sólo comentan sobre la viabilidad de un plan presentado por alguien más. Ellos están planeando en conjunto, y utilizando una técnica pull para promover la comunicación y entendimiento compartido entre clientes y proveedores inmediatos sobre lo que realmente se necesita.
El líder de proyecto diseña su propio cronograma y decide cómo usarlo.	El equipo genera ambos, el soporte en la forma de una estructura de "red de compromisos" y decidir colectivamente cómo hacer para amortiguar las tareas variables.

Imagen Nº 16.- Comparación de Práctica tradicionales vs Phase Schedulling (P²SL Report, Ballard 2009).

En base a la bibliografía recopilada para este tema, veo que quedan algunos vacíos en cuanto al significado de “fase”, ya que Ballard no lo explica claramente. Además de ello esta etapa de phase scheduling en muchas citas bibliográficas lo menciona pero no es abordado en profundidad ni brindan ejemplos del mismo. Ante esta poca información, me permito dar un esbozo de lo que entiendo por phase scheduling y otros comentarios al respecto:

Primero debemos entender lo que es una “fase”, según el esquema gráfico de la Imagen N° 14, puedo ver y concluir que: “una fase viene a ser el conjunto de procesos, los mismos que están conformados cada uno por diversas operaciones y que a su vez cada operación es el resultado de una serie de movimientos (motions)”. Así mismo puedo entender que el conjunto de diversas “fases” dan como resultado la ejecución del proyecto global propuesto.

Además se puede entender que dentro de un proyecto de construcción, se tiene diversas “fases” las cuales son determinadas y clasificadas por el equipo de trabajo. Por ello asumo que en la etapa de phase scheduling el equipo de trabajo es quien determina que “fases” son necesarias desglosarlas y programarlas a detalle en base a su relevancia e incidencia en el proyecto. Me parece que esto debe ser de este modo, ya que si no existirían una cantidad enorme de fases y el proceso se volvería mucho más engorroso que práctico.

Por lo tanto entiendo que lo que se busca con la planificación por fases o phase scheduling, es lograr entrar a un alto grado de nivel de detalle (es decir, llegar hasta los movimientos de cada operación), con la finalidad de que podamos decir con certeza el tiempo que demorará cada fase y de esta forma conocer el tiempo total para el proyecto. Y ya que esta planificación se da desde la fecha final propuesta hacia atrás, podremos saber si es que el tiempo estimado era el suficiente o si será necesario ampliarlo o si es posible ajustar aún más cada fase para lograr llegar a la fecha meta.

Dejo como propuesta a los lectores de esta tesis, el poder investigar más al respecto y buscar casos prácticos para poder ahondar en su aplicación o mejor aún llevarlo a cabo en diversos proyectos para seguir paso a paso la generación de esta etapa y además de poder evaluar sus resultados y dificultades al ejecutarlo.

Con la finalidad de la implementación del Last Planner System® en un proyecto de Habilitación Urbana, no se está considerando este nivel de Phase Scheduling, ya que como indiqué no se tiene un caso práctico para tomar como punto de partida.

3.5.3. Planificación Intermedia: Lookahead Planning

El tercer nivel en la jerarquía del sistema de planificación, viene a ser la Planificación Intermedia o Lookahead Planning, cuyo objetivo principal es controlar el flujo de trabajo. Planificación intermedia la podemos entender de forma general y sencilla, como un intervalo de tiempo en el futuro que permite tener una idea inicial de las actividades que serán ejecutadas, para lo cual se debe coordinar y levantar todos los obstáculos o restricciones que puedan existir para que dichas actividades puedan ser realizadas.

Recordemos que control de flujo de trabajo (work flow control) es hacer que el trabajo (información o materiales) se muevan entre las unidades de producción en una secuencia y a una velocidad deseada. Además coordina el flujo del diseño, abastecimiento, e instalación a través de las unidades de producción.

3.5.3.1. Conceptos

Para aclarar el significado del término en inglés “lookahead”, se puede interpretar como una vista hacia adelante o anticipada dentro del cronograma maestro. Por ello como resultado del Lookahead Planning se obtiene el cronograma de lookahead (Lookahead Schedule), en el cual están todas las actividades programadas para un período de tiempo o ventana de tiempo, que se denomina Lookahead Window. A continuación presentamos los conceptos extraídos del glosario de términos del Lean Construction Institute:

Lookahead Schedule (cronograma intermedio o anticipatorio): Es el producto de la planificación intermedia (lookahead planning) que resulta al detallar las actividades del cronograma maestro a través del modelo de definición de actividades, revisando (screening) las tareas resultantes antes de permitir que entren en la ventana intermedia (lookahead window) o que avancen dentro de esa ventana. Incluye la ejecución de acciones necesarias para alistar las tareas (make tasks ready) para su asignación (assignment) una vez que sean programadas. Los cronogramas intermedios o

Lookahead Schedule pueden ser presentados en forma de lista o de gráficos de barras.

Lookahead Window (ventana intermedia o anticipatoria): Es la ventana o intervalo de tiempo, antes del inicio programado, en que las actividades del cronograma maestro son detalladas, revisadas (screening) o alistadas (make ready). Lo normal es que una ventana intermedia abarque un período futuro de entre 3 y 12 semanas.

3.5.3.2. Intervalo de tiempo - Lookahead Window

Como ya se comentó, el proceso de planeamiento lookahead es el desglose de las actividades del cronograma maestro, siendo estas las asignaciones potenciales dentro del intervalo de tiempo a planificar. El período del lookahead window puede ser entre 3 a 12 semanas, y esto "...es decidido en base a las características del proyecto, la confiabilidad del sistema de planificación, y los plazos para adquirir información, materiales, mano de obra, y equipos" (Ballard, 2000).

De esta manera vemos que el intervalo de tiempo para el lookahead window es particular de acuerdo a cada proyecto y en base al criterio del encargado de la planificación. Se debe tomar en cuenta sobre todo que hay actividades que tienen tiempos largos para generar el abastecimiento requerido, con lo cual este período de respuesta no solo debe ser considerado para el Lookahead Window, sino también dentro del cronograma maestro (Master Schedule). Por ejemplo si se tiene un obra en un lugar de difícil acceso en donde los materiales demoran en llegar 4 semanas aproximadamente, no podremos considerar un lookahead window de 2 o 3 semanas ya que no tendremos mapeado si es que los materiales llegaran o no. En cambio el período de tiempo tendría que ser de 4 o 5 semanas, de acuerdo al criterio del responsable de la planificación intermedia o lookahead planning.

Se presenta a continuación un ejemplo de cronograma lookahead (Lookahead Schedule), donde podemos observar un intervalo de tiempo de 3 semanas (lookahead window) y observamos a su vez el desglose de las actividades del cronograma maestro en las tareas que están programadas y que serán revisadas (screening) para posteriormente ser asignadas para su ejecución por las unidades de producción (cuadrillas de obreros) dentro del Plan de Trabajo Semanal (Weekly Work Plan).

LOOKAHEAD DE PRODUCCIÓN																					
HORIZONTE: 3 SEMANAS																					
PROYECTO:																					
FECHA:																					
Item	Descripción de la Actividad	Und	Metrado Total	SEMANA 25						SEMANA 26						SEMANA 27					
				L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S
				01	02	03	04	05	06	08	09	10	11	12	13	15	16	17	18	19	20
MANO DE OBRA																					
METRADOS																					
CISTERNA																					
Losa de Fondo																					
Acero	kg	7,500.00		2,500.0	2,500.0	2,500.0															
Encofrado	m ²	160.00		53.3	53.3	53.3															
Concreto	m ³	96.00		32.0	32.0	32.0															
Muros																					
Acero	kg	21,333.33					2,370.4	2,370.4	2,370.4	2,370.4	2,370.4	2,370.4	2,370.4	2,370.4	2,370.4	2,370.4					
Encofrado	m ²	314.40					88.0	88.0	88.0	88.0	88.0	88.0	88.0	88.0	88.0	88.0					
Concreto	m ³	256.00					28.4	28.4	28.4	28.4	28.4	28.4	28.4	28.4	28.4	28.4					
Losa de Tapa																					
Acero	kg	7,500.00						1,250.0	1,250.0	1,250.0	1,250.0	1,250.0	1,250.0	1,250.0							
Encofrado	m ²	160.00						26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7							
Concreto	m ³	96.00						16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0							

Imagen N° 17.- Ejemplo de Lookahead Schedule, período de 3 semanas. (Fuente: Taller de Productividad en la construcción Idear Consultores 2011)

3.5.3.3. Funciones del proceso lookahead

Las funciones del Lookahead Planning según Ballard, son:

a) *Formar la secuencia y el ritmo del flujo trabajo:*

Como ya se explico, el Lookahead Planning tiene como objetivo principal el control del flujo de trabajo. Por ello una de las funciones es de controlar el traspaso de los trabajos de una unidad de producción a otra (de una cuadrilla a otra), para ello es necesario establecer la secuencia de los trabajos de acuerdo al proceso constructivo, es decir que actividades son predecesoras de otras y además establecer el ritmo o tiempos en que se manejarán los entregables entre cada unidad de producción.

b) *Equilibrar correctamente la carga y capacidad de trabajo:*

Primero definamos carga y capacidad, carga se entiende como la cantidad trabajo que se asigna a una unidad de producción y capacidad viene a ser la cantidad de trabajo que una unidad de producción puede realizar en un tiempo dado. Para entender mejor veamos el siguiente ejemplo: en un día de trabajo se le asigna a un albañil (unidad de producción) el tarrajeo de 25m² de muro, la carga de trabajo para ese día serán los 25m² de tarrajeo; pero ¿qué podemos decir de la capacidad de este albañil para realizar la actividad de tarrajear en un día de trabajo?, pues que en promedio puede realizar aproximadamente 16m² de tarrajeo al día, siendo esta su capacidad de trabajo. Por lo tanto podemos ver que no existe equilibrio en la carga de trabajo que se planificó versus la capacidad de la unidad de producción. De esta manera lo ideal es lograr el equilibrio entre la carga que se asigna a una

unidad de producción versus la capacidad que tiene dicha unidad.

- c) *Descomponer las actividades del Master Schedule en paquetes de trabajo y operaciones:*

Durante el Lookahead Planning se establece el Lookahead Schedule, que está comprendido por todas aquellas asignaciones que se detallaron del Master Schedule hasta ser las asignaciones que serán ejecutadas directamente por las unidades de producción y las cuales pasaran por el levantamiento de restricciones.

- d) *Desarrollar métodos detallados para ejecutar el trabajo:*

Es necesario que se realice un alto nivel de detalle en el método o proceso constructivo mediante el cual se ejecutará una actividad, ya que de esta manera se podrá identificar la mayor cantidad de dificultades para su ejecución. Siendo estas dificultades las restricciones que se deben liberar o levantar, para que dicha actividad se considere que es factible de ejecutar al 100%.

- e) *Mantener una reserva de trabajo listo:*

Como parte del proceso lookahead está la liberación de restricciones de todas las actividades que fueron desglosadas del Master Schedule. De esta forma se obtiene un inventario de trabajo ejecutable (Workable Backlog) para el período de tiempo establecido para el Lookahead Window. De esta manera en caso que una actividad programada no pueda ser ejecutada, la unidad de producción no quedará ociosa ya que habrá otra actividad liberada lista para ser asignada a esta unidad de producción. Y de esta forma podremos estabilizar el flujo de trabajo.

- f) *Actualizar y revisar programas de mayor nivel según requerido:*

A medida que se va avanzando en la ejecución de un proyecto y la lookahead window se mueve, se irá identificando actividades que están siendo reprogramadas por falta de liberación o porque se adelantaron para no dejar unidades de producción ociosas. En ambos casos se debe revisar los hitos definidos en el Master Schedule o en el Phase Scheduling para verificar que estos se puedan cumplir en el plazo propuesto o en caso contrario replantear la fecha para dichos hitos.

3.5.3.4. Definición de actividades

En cuanto a la definición de las actividades que irán en el Lookahead Schedule, Ballard detalla claramente cómo es que se debe proceder, por ello adjuntamos un extracto de su tesis de doctorado:

“Antes de entrar en la ventana lookahead (Lookahead Window), las actividades del programa maestro (Master Schedule) o las del programa de fase (Phase Scheduling) son ampliadas a un nivel de detalle adecuado para una asignación a los planes de trabajo semanales, lo que típicamente genera asignaciones múltiples para cada actividad (Weekly Work Plan)” (Ballard, 2000).

Para visualizar lo indicado, daremos un ejemplo sencillo respecto a la construcción de una cisterna. El Master Schedule para esta obra podría tener como actividades generales: Losa de fondo, Muros, Losa de tapa. El desglose de actividades sería:

ACTIVIDADES			
	1. Losa de fondo	2. Muros	3. Losa de tapa
ASIGNACIONES	Habilitación e instalación de Acero	Habilitación de Acero	Habilitación e instalación de Acero
	Encofrado	Instalación de acero en muros	Encofrado
	Concreto	Encofrado	Concreto
		Concreto	

Imagen N° 18.- Ejemplo desglose de actividades (Fuente Propia)

Como se aprecia, las actividades detalladas son aquellas que serán ejecutadas por las unidades de producción. Algo muy importante al realizar este desglose, es el tener bien claro el metrado de cada tarea que será asignada, ya que en base a esto podremos lograr el equilibrio entre carga y capacidad para los días que tomen estas tareas y además que de esta manera podremos llevar el control del cumplimiento de las tareas programadas, lo cual se realiza mediante el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) que se revisará más adelante.

3.5.3.5. Análisis de Restricciones (Constraints Analysis)

Luego que se definen las tareas o asignaciones en el Lookahead Schedule, se procede a realizar el análisis de restricciones de estas asignaciones. Lo cual no es más que identificar los factores que impiden que una asignación pueda ser ejecutada en la fecha y plazo programado. Por ello es importante que el nivel del desglose del Master

Schedule sea lo más detallado posible, ya que de esta manera será más fácil realizar este análisis. El objetivo de realizar este análisis de restricciones es el de obtener una reserva de tareas ejecutables (Workable Backlog), que estén liberadas y listas para ser programadas.

Ballard, al respecto indica: “La regla general es permitir dentro de la ventana lookahead (Lookahead Window), o permitir avanzar de una semana a la siguiente dentro de la ventana lookahead, solamente aquellas actividades que puedan ser alistadas para ser completadas puntualmente. Si el planificador no está seguro de poder eliminar las restricciones, las asignaciones potenciales son postergadas a una fecha posterior” (Ballard 2000).

Por lo tanto para lograr el control de flujo de trabajo, que es la finalidad del Lookahead Planning, se debe coordinar todo lo necesario para que una tarea pueda ser ejecutada. Por ello a esta coordinación para la ejecución futura de una tarea se denomina “liberación de restricciones”, que puede involucrar la liberación de los diseños, los proveedores, la mano de obra, la información, el suministro de maquinaria, etc.

En el ejemplo presentado por Ballard en su tesis de doctorado considera algunas restricciones como: contrato, diseño, entregas, materiales, trabajo preliminar requerido, espacio, equipos, mano de obra y otros (permisos, inspecciones, etc.). Nosotros procederemos a detallar las restricciones que se pueden considerar usuales en la construcción:

- a. **Diseño:** Se hace referencia con esta restricción a las variaciones que puede tener una tarea en cuanto a compatibilización entre planos del proyecto, de especificaciones técnicas o por omisiones en el proyecto.
- b. **Prerrequisitos:** Se refiere a dar frente de trabajo a la unidad de producción que realizara la tarea que se está analizando. Es decir se deben terminar las tareas previas, como por ejemplo: para la tarea de “encofrado de placas” se tiene como prerrequisito que se haya cumplido con la tarea de “habilitación e instalación de acero” que es el paso previo.
- c. **Materiales:** Los materiales necesarios para cada tarea deben estar en obra antes de la fecha de inicio de dicha actividad.

- d. **Mano de obra:** Al momento que se genera el Lookahead Schedule se procede a identificar la cantidad de mano de obra para cada tarea (equilibrio entre carga y capacidad), de tal manera que se tenga mapeado las fechas en que se necesita incrementar o disminuir la mano de obra. De esa manera tendremos que liberar esta restricción haciendo el pedido a Recursos Humanos para la contratación de más personal para la fecha de ejecución de la tarea en análisis, o sino también en redistribuir el personal que ya se cuenta en obra.
- e. **Equipos:** Debemos tomar en cuenta el tiempo que toma en alquilar, comprar, movilizar o reparar una maquinaria para la tarea que estamos analizando, de tal manera que se pueda tener la maquinaria en optimas condiciones la fecha de inicio de la tarea.
- f. **Calidad:** En muchas de las tareas en una obra se tiene controles de calidad ya sea por parte de la empresa constructora o por un supervisor externo, para ello se debe tomar en cuenta los tiempos de convocar a los responsables del control de calidad, tener listos los formatos de calidad, etc. De tal manera que se pueda cumplir antes y después de con todos los protocolos preestablecidos.
- g. **Otras:** En esta categoría podemos colocar todas aquellas restricciones especiales que puedan haber para cada tarea, como permisos, inspecciones, “cancha en obra”, etc.

Hay algunas consideraciones que deben ser tomadas y llenadas en los formatos para el análisis de restricciones, como son: el tener en claro la fecha de inicio de la tarea a evaluar, identificar y detallar las restricciones para luego ubicarlas dentro de los grupos (Diseño, Prerrequisitos, Materiales, etc.), designar a un responsable del levantamiento y seguimiento de restricciones, definir una fecha límite para la cual debe estar liberada la asignación (esta fecha tiene que ser antes de la fecha de inicio).

Además existen dos procesos claves para poder liberar restricciones, estos son la **revisión (Screening)** y **preparación o alistar (Make ready)** las restricciones.

La **revisión (Screening)** consiste en determinar el estado de las tareas dentro del Lookahead Window en relación a sus restricciones y a la probabilidad de levantar las restricciones, en base de lo cual se decide adelantar o atrasar las tareas con respecto a lo planteado en el cronograma maestro (Master Schedule). Mediante la revisión se tiene la última oportunidad de poder decidir si la tarea ingresa o no al Lookahead

Window ya que si vemos de antemano que las restricciones no podrán ser liberadas para el plazo definido, la tarea debe ser retirada para evitar una falsa expectativa de cumplimiento. Como se puede observar esta es la primera oportunidad que se presenta en el Last Planner System® para comenzar a estabilizar el flujo de trabajo.

Debemos tomar en cuenta que la revisión se realiza basado en los tiempos de respuesta de los proveedores de cada una de las restricciones, repitiendo así este análisis en cada ciclo de planificación al actualizar el Lookahead Window al añadir la siguiente semana a evaluar.

La **preparación o alistar (Make ready)** restricciones hace referencia a tomar todas las acciones necesarias para levantar las restricciones de las tareas de tal forma que estas sean viables para su ejecución en la fecha programada.

Una vez realizado estos procesos, podemos contar con todas las tareas que se encuentran liberadas de restricciones. A este grupo de tareas sin restricciones y que tienen alta probabilidad de ser ejecutadas según lo programado se conoce como reserva de tareas ejecutables (Workable Backlog).

3.5.4. Reserva de trabajo ejecutable (Workable Backlog)

Como ya mencionamos, la reserva de tareas ejecutables (Workable Backlog) viene a ser la lista de tareas que tiene liberadas todas sus restricciones, por lo que tendrán una alta probabilidad de cumplimiento. Esta lista puede contener diferentes tipos de tareas (Rojas R. Vera):

- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen al Workable Backlog de la semana en curso que no pudieron ser ejecutadas.
- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen a la primera semana futura que se desea planificar.
- Actividades con restricciones liberadas con dos o más semanas futuras (situación ideal de todo planificador)

La finalidad de contar con una reserva de tareas ejecutables, es el de evitar tener unidades de producción ociosas en caso que apareciese algún problema con una tarea que estaba dentro del Plan de Trabajo Semanal (Weekly Work Plan) y ya no pudiese

ser ejecutada. Si esto ocurriese pues se tomaría otra actividad de Workable Backlog para que fuera ejecutado por esta unidad de producción evitando así tiempos muertos. Claro que siempre debemos tomar en cuenta que la nueva tarea que se asignará a esta unidad de producción debe ser compatible con sus habilidades.

3.5.5. Plan de Trabajo Semanal (Weekly Work Plan)

Hasta el momento se ha detallado tres niveles dentro de la jerarquía del Last Planner System[®], los cuales son: el Cronograma Maestro (Master Schedule), la programación por fases (Phase Scheduling) y la Planificación Intermedia (Lookahead Schedule). El último nivel dentro de esta jerarquía es el Plan de Trabajo Semanal (Weekly Work Plan) siendo este el de mayor nivel de detalle previo a la ejecución de una tarea y que tiene como objetivo el **control de las unidades de producción**. Lo que se busca es lograr progresivamente asignaciones de mayor calidad en base al aprendizaje continuo y con acciones correctivas. El responsable de realizar esta etapa es el denominado último planificador (Last Planner[®]), que puede ser un ingeniero de campo, un maestro de obra, supervisores, etc. Es decir puede ser todas aquellas personas que están como responsables directamente en campo y están en contacto con las unidades de producción.

3.5.5.1. Asignaciones de Calidad (Quality Assignments)

El Weekly Work Plan se elabora en base a la selección de tareas que tenemos de la lista de reserva de trabajo ejecutable (Workable Backlog). Por ello “asignaciones de calidad” (Quality Assignments) se denomina a la acción de escoger que tareas serán ejecutadas en la siguiente semana desde lo que sabemos que tiene alta probabilidad de ser cumplido (Workable Backlog).

Entonces, si tenemos como premisa que solo asignaciones de calidad pueden ser ejecutadas en el Weekly Work Plan, con esto estamos dando una **protección** al flujo de producción de las incertidumbres, aportando así un flujo confiable de trabajo para las unidades de producción. Algunos criterios de calidad fueron establecidos, los cuales se detallan a continuación (Ballard, 2000):

- a. **Definición (Definition):** Las tareas deben ser bien definidas y específicas para que no haya dudas al momento de su ejecución, además debemos poder medirlo para saber si la tarea se completó al 100% al término de la semana.
- b. **Viabilidad (Soundness):** Todas las tareas programadas deben contar con todo lo necesario para que puedan ser ejecutadas en la semana, no solo se trata de contar con los materiales sino también de las tareas previas que deberían estar culminadas.
- c. **Secuencia (Sequence):** La secuencia de trabajo debe ser lógica, en base a un orden de prioridad y constructabilidad.
- d. **Tamaño (Size):** La cantidad de trabajo debe ser equilibrado con la capacidad que tengan las unidades de producción y además debemos tomar en cuenta que la tarea produce un trabajo para la siguiente unidad de producción según el tamaño y formatos requeridos.
- e. **Aprendizaje (Learning):** Se debe tomar nota de aquellas actividades que no llegaron a ser ejecutadas al 100% e identificar las razones de no cumplimiento, para de esta manera tener una retroalimentación y evitar repetir los mismos errores u omisiones.

3.5.5.2. Porcentaje de Plan Cumplido (Percent Plan Complete – PPC)

La forma de medir el desempeño del Weekly Work Plan para poder estimar su calidad en cuanto a cumplimiento, se realiza a través del Porcentaje de Plan Cumplido (Percent Plan Complete - PPC). Este paso es importante ya que nos sirve de retroalimentación para poder luego implementar mejoras y aprender de las fallas al momento de asignar una tarea.

El PPC compara lo que se planeó ejecutar versus lo que realmente fue ejecutado, tomando en cuenta que una tarea se considera terminada si es que se concluyó según se especificaba en el Weekly Work Plan. Por ejemplo, si se tiene la tarea de “encofrado de placas” y se planeó encofrar 70m² de placas en esa semana, se considerará culminada la tarea solo si se ejecutaron los 70m², si se ejecutó 65m², consideraremos que no fue concluida ya que no logramos cumplir con lo que especificamos inicialmente, de esta manera podremos evaluar por ejemplo el equilibrio entre carga y capacidad para esa unidad de producción.

La manera de obtener el PPC viene de la división del número de tareas completadas que fueron programadas dividido por el total de las tareas programadas para la misma semana, y todo esto lo expresamos como porcentaje (ver 5.5.1.).

3.5.5.3. Razones de No Cumplimiento (Reasons for Non-Conformances)

Las razones de No cumplimiento son todas aquellas causas que llevaron a no culminar la tarea programada para la semana. Recordemos que la tarea se considera culminada si es que se concluyó totalmente y no parcialmente. El identificar estas causas nos llevará a una retroalimentación para futuro, ya que podremos ir haciendo una recopilación de las causas más recurrentes y en las que debemos tener más cuidado para las siguientes semanas o para próximos proyectos. Algunas razones de no cumplimiento puede ser las fallas en mano de obra, materiales, causas externas, etc. Pero sobre todo debemos evaluar si es que son referidas a una mala programación, o un exceso de carga para la unidad de producción, falta de procesos claros o quizá funciones no definidas para los ejecutores de la tarea. En conclusión, la importancia de las Razones de No Cumplimiento es el aprendizaje para no volver a repetir estos errores en el futuro.

3.6. Last Planner System[®]: Visión Global

En base a la estructuración del sistema que se ha detallado en los ítems anteriores, ahora pasamos a presentar un diagrama de flujo en el cual se puede visualizar todos los niveles jerárquicos de planificación en el sistema así como sus procesos principales.

Lo interesante de este diagrama es que se puede visualizar toda la concepción del sistema y cada etapa que se tiene que recorrer desde el Cronograma Maestro hasta la revisión final del PPC y Razones de No Cumplimiento de las tareas que fueron ejecutadas según el Plan de Trabajo Semanal. Así podemos guiarnos y entender la secuencia de análisis que se describió en el ítem 3.5 de Estructuración del Last Planner System[®] (ver Imagen N° 19).

Además Ballard también indica que el Last Planner System[®] agrega un componente de control al sistema tradicional de gestión de proyectos. Si recordamos el diagrama para un sistema tradicional (ver Imagen N° 13, página 38) y lo comparamos con el que se

presenta en la Imagen N° 20 podemos ver que se añade el componente del Last Planner®. El cual, según palabras de Ballard, es un mecanismo para transformar lo que SE DEBERÍA (SHOULD) hacerse en lo que SE PUEDE (CAN) hacer, de esta manera obtenemos la Reserva de Trabajo Ejecutable (Workable Backlog) disponible a partir del cual se seleccionan las tareas que ingresarán en los Planes de Trabajos Semanales (Weekly Works Plans). Y estos Planes de Trabajos Semanales son los compromisos que asumen los últimos planificadores o Last Planner® sobre lo que realmente SE HARA (WILL) (Ballard, 2000). Por ello uno de los pilares de este sistema se basa en el compromiso del equipo para con las metas que se proponen en el proyecto.

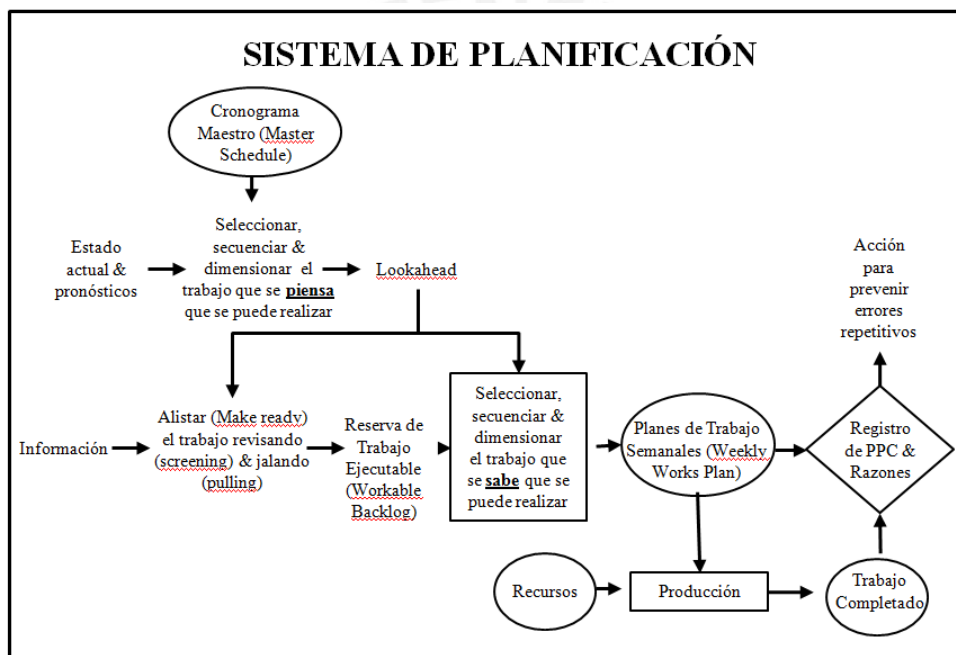


Imagen N° 19.- Last Planner System®, Lookahead en destaque. (Ballard, 2000)

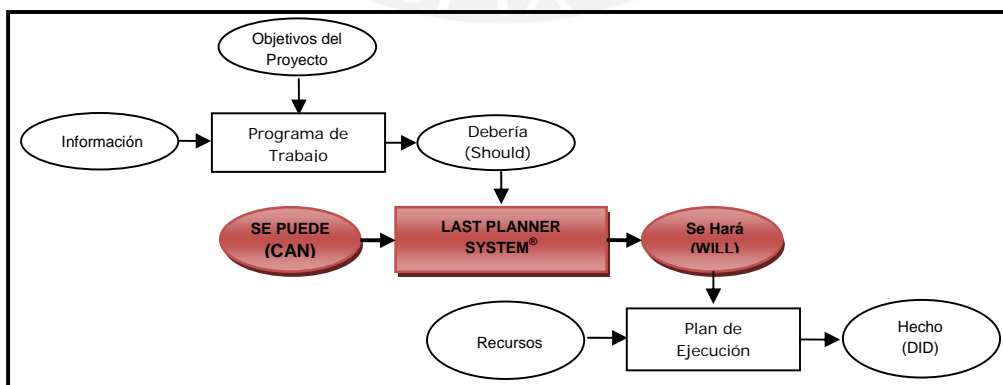


Imagen N° 20.- LPS, componente adicional al Sistema Tradicional. (Ballard, 2000)

CAPITULO 4

IMPLEMENTACIÓN DEL LAST PLANNER SYSTEM®

4.1. Sistema de Gestión en la empresa inmobiliaria

Antes de mostrar el sistema de gestión de la empresa inmobiliaria sobre la cual se realizó el programa piloto de implementación del Last Planner System®, primero vamos a aclarar el concepto de que es una empresa inmobiliaria en base a la experiencia de trabajar en este rubro.

A criterio del autor, una empresa inmobiliaria puede ser de tres tipos:

1. Las **promotoras inmobiliarias**, que son las que compran un terreno con la finalidad de edificar y contratan a otras empresas para la construcción y otra para la venta. En este caso la participación de la empresa inmobiliaria es netamente económica ya que no tiene áreas específicas para la construcción ni para ventas.
2. Las **constructoras inmobiliarias**, que son aquellas que también compran un terreno para edificar pero además se encarga de construir y vender los inmuebles. Es decir tienen áreas específicas dentro de la empresa, como un área de Ingeniería u Obras, Ventas y Servicio al Cliente por ejemplo.
3. Las **agencias inmobiliarias**, son aquellas que comercializan o venden inmuebles (terrenos, departamentos, casas, etc.), más no construyen dichos inmuebles.

Nosotros nos centraremos en el segundo tipo de inmobiliarias, **constructoras inmobiliarias**. Según la experiencia del autor, dentro de una empresa inmobiliaria de este tipo, se tiene a su vez dos clases de empresas que se diferencian en el manejo de la etapa de construcción:

- a. En una de ellas, la etapa de construcción es llevada directamente por la empresa inmobiliaria. Es decir, esta se encarga desde la compra de insumos para la obra (fierro, cemento, concreto, cables de Media y Baja tensión, etc.), contratación del personal obrero y equipo de ingenieros, subcontratación de empresas para partidas puntuales del presupuesto general, etc.

- b. Mientras que en la otra clase de constructora inmobiliaria, la construcción se lleva a cabo con empresas contratistas especialistas, las cuales proveen el material, personal obrero y equipo de ingenieros de campo. En este caso la empresa inmobiliaria si tiene un área de obras dentro de su organigrama, pero esta área se encarga solamente de la **supervisión** del cumplimiento del contrato de cada contratista especialista, para lo cual tiene un equipo de ingenieros para control de costos, calidad en obra, coordinaciones con entidades públicas (municipalidades, entidad prestadora de agua y luz, etc.), etc.

Por lo tanto, el caso que estamos analizando en la presente tesis es de una empresa **constructora inmobiliaria** que se encarga de la **supervisión** de la construcción de los inmuebles a vender. Estos inmuebles para el caso analizado son lotes de terreno que conforman en su conjunto una Habilitación Urbana.

Para un fácil manejo de la concepción de la empresa que estamos analizando, utilizaremos el término **inmobiliaria** para el tipo de empresa anteriormente descrita.

4.1.1. Conceptos previos

Antes de describir cómo es el sistema de gestión de la empresa inmobiliaria en estudio, se definirá algunos conceptos que involucra el promover una nueva urbanización:

- **Proyecto de Habilitación Urbana:** Es el conjunto de diseños, trámites, flujos de caja y gestiones que llevan a construir una nueva urbanización la cual tiene como finalidad la venta de lotes (terrenos con servicios de agua, luz y vías de acceso) comerciales o unifamiliares.
- **Perfil del proyecto:** Se denomina así a todos los costos involucrados para promover un nuevo proyecto inmobiliario dentro del área de habilitaciones urbanas. Los costos van desde la compra del terreno a habilitar, costos de proyectos de especialidades, trabajos preliminares para ventas (denominado Pre-construcción), Construcción, Post-Construcción, Costos de independización, etc. (Ver ANEXO III)
- **Staff de obra:** Es el equipo de trabajo que son responsables de la ejecución y seguridad de las obras de uno o más proyectos inmobiliarios.

- **Contratista:** Es la empresa que la inmobiliaria contrata para la ejecución de los proyectos de especialidad (Saneamiento, Electrificación, Movimiento de tierras y obras civiles, etc.), su contratación es bajo la modalidad de suma alzada.
- **Servicio al Cliente (SAC):** Es el área encargada de recibir las urbanizaciones culminadas con la finalidad de hacer un control de calidad previa a la entrega al cliente. En caso que esta área emita observaciones a la urbanización recién ejecutada, el staff de obra es el responsable de levantar estas observaciones para su nueva revisión.
- **Clientes:** Son todos los compradores de los lotes unifamiliares o comerciales y son para quienes se “fabrica el producto”, que en este caso es como conjunto la urbanización y como unidad el lote adquirido con todos los servicios básicos (agua, desagüe y luz).
- **Lotes:** Parcelas de terrenos en venta que cuentan con servicios completos (agua, luz, vías de acceso) y que varían en área (desde 90m² hasta 400m²), los tipos de estos lotes son unifamiliares y comerciales.

4.1.2. Sistema tradicional de gestión

A continuación se va a describir como es la gestión tradicional que estuvo llevando la empresa inmobiliaria y a partir de las falencias identificadas en este sistema, es que se propone un nuevo sistema de gestión utilizando el Last Planner System[®].

Además identificaremos en el sistema tradicional la participación de la supervisión en la ejecución de las obras para la habilitación urbana y que efecto tiene este sistema de gestión en cuanto a los cumplimientos de plazo para entrega de los lotes a los clientes.

El denominado sistema de gestión tradicional se puede considerar como un flujo en el cual el punto de partida es la promoción de un nuevo proyecto inmobiliario de Habilitación Urbana (HHUU) de parte de la empresa Inmobiliaria, seguidamente se contrata a las empresas especialistas para la construcción de las obras de la habilitación urbana, seguidamente se procede con la ejecución de las obras para posteriormente la HHUU sea entregada al área de Servicio al Cliente (SAC) para su

evaluación y finalmente se procede con la entrega al Cliente. Este flujo ha sido graficado de la siguiente manera:

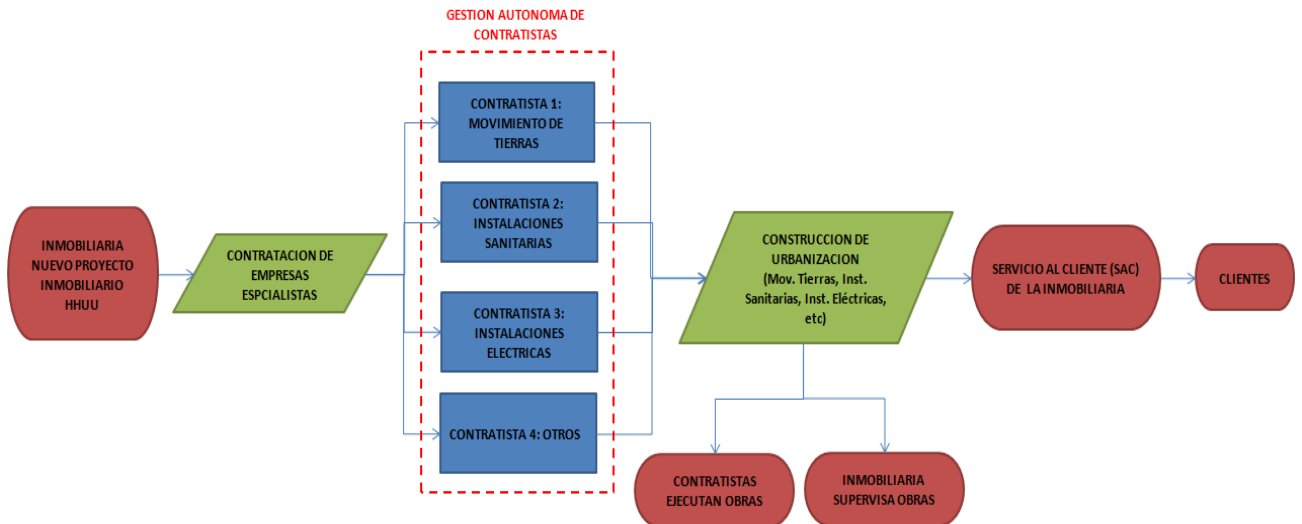


Imagen N° 21.- Diagrama de flujo de Sistema de gestión tradicional para un proyecto inmobiliario de HHUU. (Fuente Propia)

Lo que se ha querido representar en el diagrama de flujo, es el hecho de que cada empresa contratista coordina sus trabajos directamente con la supervisión de la empresa inmobiliaria y no interactúa entre sí y la coordinación es mínima al no tener un sistema que los integre y comprometa. Es decir que por ejemplo los tiempos de contratación de cada empresa son independientes del resto y no se cuenta con un cronograma maestro para todo el proyecto de la habilitación urbana, por lo tanto las actividades se consideran como independientes y no como son verdaderamente, como interdependientes.

Como se mencionó en el Capítulo 1, para la construcción de una Habilitación Urbana se tiene 4 contratistas principales los cuales son:

- Contratista de Movimiento de Tierras.
- Contratista de Obras de Saneamiento.
- Contratista de Obras de Electrificación.
- Contratista de obras varias (pórticos, canales de regadío, etc.).

A manera de un ejemplo sencillo, se muestra un cronograma general de obra utilizado por la inmobiliaria en estudio, que se elabora al iniciar un proyecto inmobiliario en la etapa de construcción, asumiendo que se tiene todos los proyectos de especialidades culminados, aprobados por las entidades prestadoras de servicios (agua, luz, etc.) y con un ganador de una contratista para su ejecución.

CRONOGRAMA GENERAL DE OBRA

PROYECTO DE HHUU LA ALAMEDA (8Ha.)

	may-10	jun-10	jul-10	ago-10	sep-10	oct-10	nov-10	dic-10	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	may-11	jun-11	jul-11	ago-11
PROYECTOS	√	√	√													
LICENCIAS		√	√													
LICITACIÓN				√												
OBRA																
MOVIMIENTO DE TIERRAS					√							√	√	√	√	
INSTALACIONES ELÉCTRICAS						√	√	√								
INSTALACIONES SANITARIAS									√	√	√					

Imagen N° 22.- Ejemplo de Cronograma general para un proyecto inmobiliario de HHUU.

Como podemos observar, en el cronograma general se considera independiente la ejecución de cada especialidad sin ningún tipo de traslape. Al trabajar de este modo, algunos de los problemas que se identificaron fueron:

- Poca o ninguna coordinación entre contratista.
- Coordinaciones individuales de parte de la supervisión con cada contratista, en cuanto a plazos, problemáticas en el proyecto (canales que cruzan la urbanización por ejemplo), zonas a liberar para dar paso al siguiente contratista, etc.
- Plazos del proyecto inmobiliario bien extensos (en este caso 11 meses), pudiendo ser más cortos con una mejor coordinación y traslape entre contratistas.
- Al tener un atraso mínimo en el plazo de una de las contratistas, se atrasará la entrega de todo el proyecto ya que se crea en sí toda una ruta crítica.
- La inmobiliaria queda prácticamente atada a esperar el cumplimiento del plazo de los contratistas, a la logística de ellos, al manejo del personal obrero, al rendimiento de su personal, a la confiabilidad de sus programaciones. El mecanismo que utiliza la inmobiliaria son sanciones económicas en caso de incumplimientos, pero esto no

hace que se cumpla en el plazo propuesto para los clientes, pudiendo tener así una mala imagen por entregas atrasadas.

En cuanto al organigrama en obra, la empresa inmobiliaria considera que el equipo de obra solo es el personal contratado directamente por ella, a continuación el esquema de obra:



Imagen N° 23.- Organigrama de obra según empresa inmobiliaria.
(Fuente Propia)

Las coordinaciones con cada contratista la realiza el Jefe de Proyecto en cuanto a temas contractuales y costos, mientras que el Supervisor de Obra se encarga de los temas de avance y calidad de obra. Así de esta manera no se considera dentro del equipo de obra a los responsables de cada contratista, ya que ellos son externos a la empresa inmobiliaria.

En resumen, el sistema tradicional que ha venido utilizando la empresa inmobiliaria en estudio, no es el óptimo al carecer de una visión clara de coordinación conjunta y definición de plazos traslapados para obtener un tiempo de entrega ideal para los clientes.

4.1.3. Sistema participativo: Propuesta de uso de Last Planner System®

La presente tesis propone un sistema participativo haciendo uso del uso Last Planner System®. Lo denominamos participativo ya que se desea un sistema de gestión de participación directa de la supervisión de la inmobiliaria con los contratistas en conjunto, de tal modo que la gestión de la ejecución de las obras gire alrededor del

Jefe de Proyecto y Supervisor de obras de la inmobiliaria, quienes serán los responsables de llevar todo los procesos y procedimientos del Last Planner System® y además que tendrán el acceso de la logística de cada empresa, coordinación para la cantidad de personal obrero, etc.

El diagrama de flujo que se preparó para representar este sistema participativo muestra gráficamente que la coordinación ahora es en conjunto con todos los contratistas y no de forma independiente.

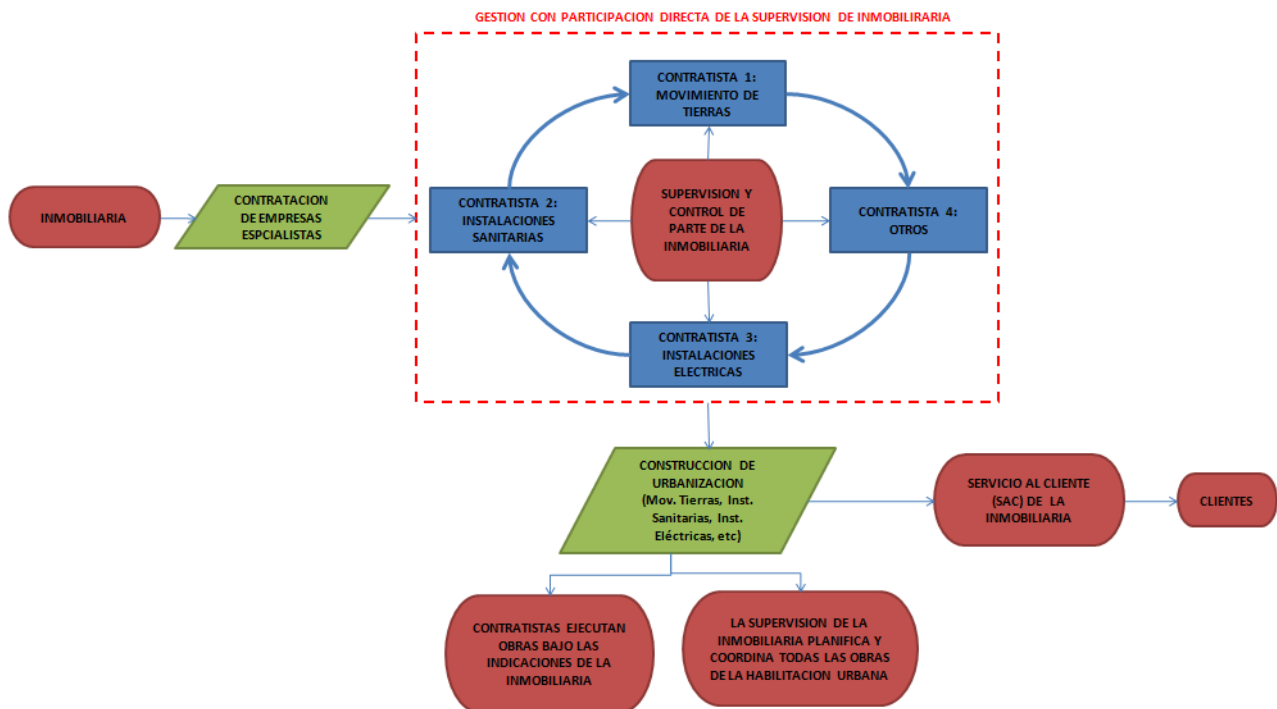


Imagen N° 24.- Diagrama de flujo de Sistema de gestión con participación directa para un proyecto inmobiliario de HHUU - Propuesta para aplicación de Last Planner System®. (Fuente Propia)

Para poder lograr esta visión participativa y de compromisos, como indica que debe ser el Last Planner System®, se propuso complementar el organigrama del equipo de obra para un proyecto de HHUU, ya que no solamente se debe considerar al staff de la inmobiliaria como parte del equipo, sino también a los responsables de cada contratista, de tal modo que se pueda trabajar en un equipo multidisciplinario, con la visión de llevar adelante no solo la especialidad por la que fueron contratados sino por

el proyecto como conjunto, con los compromisos de los residentes de obra y que finalmente sea dirigido por el Jefe de Proyecto y Supervisor de obras. De esta manera la empresa inmobiliaria podrá tener el control real de lo que sucede en obra y poder tomar acciones ante las restricciones que se puedan ir identificando y sobre todo poder tener la herramienta de retroalimentación mediante las Razones de No Cumplimiento (Reasons for Noncompletion). El organigrama propuesto es el siguiente:



Imagen Nº 25.- Organigrama de obra propuesto para proyectos de HHUU en la empresa inmobiliaria. (Fuente Propia)

El resultado esperado al proponer este nuevo organigrama y un nuevo sistema participativo es el de reducir el tiempo en la ejecución de un proyecto de HHUU. Respecto al ejemplo del ítem 4.1.2., se esperaría que el plazo de ejecución disminuya de 11 meses a 8 meses, al lograr que los trabajos se puedan realizar de forma coordinada y traslapada basándose en un Master Schedule y con la visión del Lookahead Schedule contando las actividades de todos los contratistas.

CRONOGRAMA GENERAL DE OBRA

PROYECTO DE HHUU LA ALAMEDA (8Ha.)

	may-10	jun-10	jul-10	ago-10	sep-10	oct-10	nov-10	dic-10	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	may-11	jun-11	jul-11	ago-11
PROYECTOS	√	√	√													
LICENCIAS		√	√													
LICITACIÓN				√												
OBRA																
_MOVIMIENTO DE TIERRAS					√				√	√	√	√				
_INSTALACIONES ELÉCTRICAS						√	√	√	√							
_INSTALACIONES SANITARIAS							√	√	√							

Imagen N° 26.- Ejemplo de un Cronograma general ideal para un proyecto inmobiliario de HHUU usando el sistema participativo - aplicación de LPS. (Fuente Propia)

Adicionalmente a todo lo indicado, también se identificó la necesidad de que este compromiso a nivel de obra deba ser llevado a un nivel gerencial, ya que los contratos entre la inmobiliaria y contratistas deben reflejar este compromiso para con el proyecto poniendo reglas claras para la ejecución. Contratos en donde se indique por ejemplo:

- Que el Supervisor de obras tiene la potestad de coordinar e indicar las zonas por donde se iniciará los trabajos y las zonas a liberar.
- Que las contratistas deben tener informado de la logística en cuanto a compra de materiales e insumos para obra, para poder tener los tiempos de entrega para desarrollar el Lookahead Schedule.
- Que la inmobiliaria dispone la cantidad y períodos de ingreso del personal obrero para las tareas específicas.
- Que la inmobiliaria dispone la carga de trabajo para las unidades de producción en base a los rendimientos que la empresa contratista haya presentado previamente. De igual forma dispondrá de la maquinaria que la contratista indicó al presentarse a la licitación.

Para poder implementar el Last Planner System[®] en un proyecto de HHUU, se vio necesario el proponer este nuevo sistema de gestión para que la inmobiliaria tenga una participación directa y de manejo en todos los procesos que involucra el uso del Last Planner System[®]. Para ello también fue necesario mapear todas las actividades que involucra una construcción de una habilitación urbana, para lo cual en el Capítulo 1 se

elaboraron los diagramas de flujo de construcción para tener claros los procesos constructivos y poder estandarizarlos.

Esta estandarización de procesos es básica, y se puede considerar como un primer paso para poder implementar la filosofía Lean Construction y el Last Planner System[®], por ello en los anexos se podrán encontrar más formatos elaborados en cuanto a procedimientos constructivos (ver ANEXO II), controles topográficos (ver ANEXO IV), funciones del personal que integra el organigrama propuesto (ver ANEXO VI), formatos elaborados específicamente para llevar las reuniones semanales del Last Planner System[®] (ver ANEXO VII) y un manual de uso del software piloto en Excel que se propone para su implementación (ver ANEXO VIII).

4.2. Descripción de un proyecto de HHUU típico

El proyecto en el que se realizó la implementación piloto es una obra de habilitación urbana, la cual consiste en la parcelación de una matriz de terreno rural en pequeños lotes independientes que contarán con los servicios básicos (agua, luz y vías de acceso).

La ubicación del proyecto en estudio es en el distrito de Carabayllo, ubicado en la periferia de la ciudad de Lima; dicho proyecto tiene un área bruta de 7.24 Ha dentro de las cuales se tendrá un total de 315 lotes unifamiliares, conformando así el 52.47% del área bruta, que viene a ser el área vendible del proyecto.

La inversión aproximada para este proyecto tiene un total de cuatro millones de dólares americanos (\$ 4'000'000), El costo de la compra del terreno es un 45% de la inversión total aproximadamente, mientras que el porcentaje que involucra la construcción de esta nueva urbanización es 50%, con lo cual no cabe duda que un buen control en este rubro de la inversión total, llevará a tener mejores márgenes de ganancia.

La ejecución de la obra está a cargo de la supervisión de parte de la misma inmobiliaria que promueve el proyecto y es ejecutada por tres contratistas especialistas, las cuales son: la contratista de obras de saneamiento, contratista de obras de electrificación, y la de movimiento de tierras y obras civiles. Esta última comprende la ejecución de corte

masivo de terreno y obras civiles como veredas y asfaltado de las vías. Aproximadamente el contrato a suma alzada de cada empresa está entre \$400,000 y \$500,000.

Como proceso usual dentro de la inmobiliaria para la construcción de la urbanización, se procede de la siguiente manera:

- **Primero:** Ingresa en todo el área a habilitar el contratista de Movimiento de Tierras para ejecutar el corte masivo de terreno, llegando así al nivel de subrasante del pavimento diseñado.
- **Segundo:** Ingresa la contratista de obras de saneamiento, la cual se encarga de tender las matrices de agua potable y alcantarillado, así como las conexiones domiciliarias para cada lote.
- **Tercero:** Ingresa la contratista de obras de electrificación, que contempla la instalación subterránea de conductores eléctricos de media y baja tensión en toda la urbanización, la cimentación e izaje de postes de alumbrado público y finalmente el equipamiento de las Subestaciones eléctricas de media tensión.
- **Cuarto:** Retorno de la contratista de Movimiento de tierras, para finalizar la habilitación urbana con la conformación de la subrasante y base del pavimento diseñado, preparándolo para el asfaltado posterior. Además esta contratista se encarga de la construcción de veredas de las calles y los parques de la urbanización.

Como se puede apreciar, se tiene cuatro grandes etapas claramente separadas, cuando en realidad todas son interdependientes entre sí, además de ello el plazo para el proyecto es muy extenso ya que al realizarse contratos individuales con cada empresa, se está considerando un plazo individual para cada una de ellas, ocasionando así que no haya traslape entre una y otra etapa.

En realidad si es factible trasladar algunas actividades entre cada etapa del proyecto, pero para lograrlo se necesita el seguimiento de dichas actividades y prever los problemas que puedan ocurrir en las zonas que se trabajan, por ello se propuso la implementación del Last Planner System®.

Al momento de la implementación piloto, la construcción de la urbanización se encuentra en la finalización de la tercera etapa, pero teniendo aún actividades de la contratista de obras de saneamiento que se ejecutarán en paralelo con el reingreso de la contratista de Movimiento de Tierras, dando así inicio a la cuarta etapa con la que se culminaría la construcción de esta nueva urbanización, y se daría paso así a la entrega de lotes a los clientes.

4.3. Metodología de implementación

La metodología que se usó para la implementación piloto del Last Planner System[®] en la inmobiliaria en estudio, se basó en dos paper presentados en los congresos anual del IGLC (International Group Lean Construction) por Alarcón (2002), Koskela y otros (2009). En ambos casos la propuesta de implementación es escalonada y por fases, iniciando por talleres de capacitación respecto a los conceptos Lean y del Last Planner System[®] y continuando con profundizar en el uso de las herramientas del LPS, como son el Master Schedule, Lookahead Planning, Weekly Works Plan y los análisis de resultados como PPC y Razones de No Cumplimiento.

Las metodologías de implementación coinciden en la capacitación previa del equipo de obra, pero además coinciden en implementar cada herramienta del LPS como una fase independiente, de tal modo que se aplique el uso de la herramienta para luego evaluar sus resultados en cuanto al rendimiento del equipo.

En forma general las herramientas que se consideran como fases de implementación independientes son:

- Master Schedule
- Lookahead Planning
- Weekly Works Plan
- Análisis de resultados

La propuesta de implementación para la presente tesis se basa en estas fases propuestas encontradas en la bibliografía del IGLC. Pero como vemos esta

implementación se inicia con enseñar y aplicar directamente el LPS, seguramente porque en las empresas que fueron implementadas ya se tenían los procesos y esquema organizacional definidos.

En nuestro caso, la empresa inmobiliaria se encontraba en un crecimiento continuo tanto de personal como cantidad de proyectos, con lo cual no se tenía mapeado en forma escrita los procesos para la construcción de una Habilitación Urbana, así mismo el esquema del organigrama del personal en obra y sus funciones no estaban claramente definidas como para poder asignar responsabilidades dentro del esquema del LPS. Por ello es que para la implementación en esta inmobiliaria se plantea unos pasos previos que los podemos resumir en estandarizar procesos y responsabilidades. Este paso se puede extrapolar a cualquier otra empresa que se encuentre en una etapa crecimiento y quiere implementar cualquier tipo de sistema ya sea de gestión, calidad, seguridad, etc. Con esta premisa es que a criterio del autor se estableció un esquema de fases para la implementación del LPS, que se presenta en la Imagen N° 27 en la página 68.

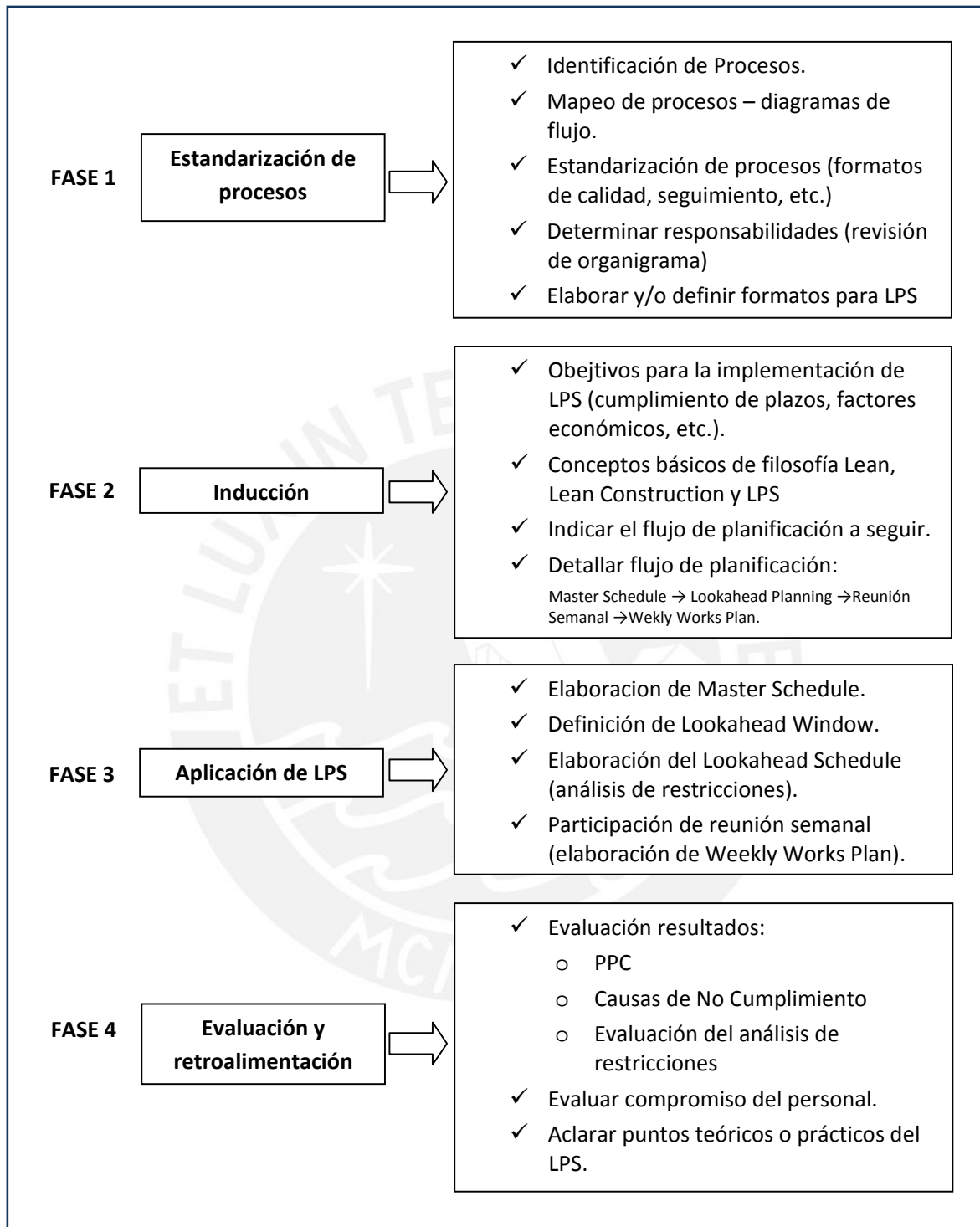


Imagen N° 27.- Propuesta de implementación para el Last Planner System® en empresa inmobiliaria (Fuente Propia)

4.3.1. Fase 1: Estandarización de Procesos

Para poder implementar el LPS, se vio necesario primero el tener en claro todos los procesos que conllevan la ejecución de una Habilitación Urbana, así como las responsabilidades del equipo de obra. De igual forma se estandarizaron formatos topográficos para que de esta manera se pueda hacer un seguimiento efectivo de la ejecución de cada actividad.

Es por ello que en el Capítulo 1 se define y detallan las etapas de un proyecto de Habilitación Urbana, con la finalidad de **identificar** los procesos que estas etapas involucran. Para cada etapa se elaboró un diagrama de flujo para así **mapear** todos los procesos que involucra un proyecto inmobiliario. Fue necesario entrevistar a todos los involucrados en el proyecto para poder recabar esta información con la cual se esquematizó en diagramas los pasos a seguir para cada etapa del proyecto.

Siendo el LPS un sistema que se aplica a la etapa de construcción, es por ello que se decide realizar la **estandarización** en esta etapa, mediante la elaboración de documentos como el detalle de Procesos Constructivos (ver ANEXO II) para las obras de especialidades. Así mismo se elaboraron formatos de seguimiento para el proyecto en su conjunto, para un mejor control a nivel gerencial (ver ANEXO III).

Finalmente una vez que se tenía detallado los procesos para la etapa de construcción, es que se evalúa las responsabilidades del equipo de obra y como se explicó en los puntos 4.1.2.y 4.1.3., se propuso un nuevo **organigrama** de obra para poder plantear la implementación y uso del Last Planner System[®] (LPS) con las responsabilidades claras de cada participante (ver ANEXO VI).

De forma paralela es que se elaboraron los formatos y secuencia a seguir para el uso de LPS, para lo cual se hizo una recopilación de otros formatos utilizados por diversas empresas (EMPRESA A y EMPRESA B) que sirvieron de ejemplo para poder elaborar y adecuar formatos propios según el criterio del autor. Más adelante en el Capítulo 5 se comentará y comparará los formatos recopilados.

4.3.2. Fase 2: Inducción

Para poder proceder con la implementación del Sistema Last Planner® en el proyecto de habilitación urbana, se vio necesario dar algunos fundamentos básicos respecto a este sistema y nociones respecto a lo que es la Lean Construction. Por ello se preparó una inducción para el staff de obra (ver ANEXO IX).

La inducción preparada fue sencilla para que el equipo identifique cual es la principal finalidad de la implementación de este nuevo sistema de planificación.

- **Objetivos:**

- Mostrar la forma en que se llevaba el seguimiento del proyecto previo a la implementación del LPS.
- Cambiar el pensamiento de un sistema de planificación “push” a uno “pull” en donde se jalen las actividades para su ejecución.
- Mostrar cuál sería el flujo básico que se seguirá para la programación de actividades usando el LPS.

- **Situación del proyecto:**

Para iniciar la inducción, se mostró cómo hasta ese momento se estaba llevando la planificación y seguimiento del proyecto de habilitación urbana, dando las siguientes observaciones:

- Planificación de obra independientes entre cada contratista.
- No hay interacción entre contratistas (Mov. de tierras, Electrificación, etc.)
- Desfase de cronogramas.
- Continuas reprogramaciones generales con cada contratista.
- Restricciones no previstas a su debido momento.
- No hay mejora continua ante situaciones repetitivas.

Con esta primera parte se intentó identificar cuáles son nuestras falencias al hacer la programación y seguimiento de la obra de cada contratista, y sobre todo que los miembros del equipo se den cuenta que con este sistema no tenemos un real control del proyecto de forma global, lo cual sería reforzado con la siguiente etapa.

▪ **Cambio de pensamiento:**

Luego de indicar al equipo las falencias para coordinar cada obra, se profundizó en el pensamiento que se tenía hasta ese momento para planificar las actividades a ejecutar. Para ello se presentó dos objetivos del LPS y el pensamiento al que debemos apuntar y seguir.

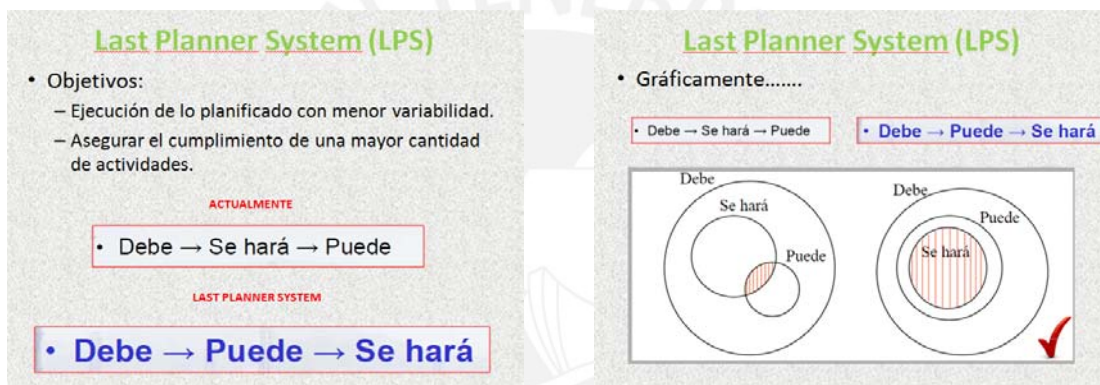


Imagen N° 28.- Diapositivas 3 y 4 de charla de inducción (Fuente Propia)

Con estas diapositivas se busca concientizar al equipo de que un flujo de “jalar actividades” funciona mucho mejor que el simplemente “empujar”. Ya que usualmente ocurría que se programaba el proyecto con un sistema de “empujar actividades” debido a que la planificación se basa en un cronograma general o maestro, donde indica lo que “se debe” ejecutar, posteriormente esta actividad deberá ser ejecutada, lo que denominamos “se hará” y finalmente luego de pasado el plazo para la ejecución de esta actividad se sabe si se pudo ejecutar o no, lo que se denomina “se puede”.

La finalidad de la herramienta LPS es “jalar” las actividades del cronograma maestro para que estas puedan ejecutarse, para ello la planificación se inicia primero con lo que “se puede” ejecutar que viene circunscrito en lo que “se debe” ejecutar, con la confluencia de ambos mediante el proceso de planeamiento del Last Planner® tendremos lo que “se hará”, de esta forma aseguramos que

ejecutaremos lo que estamos planeando. Lo cual se resume en el gráfico presentado en el Capítulo 3:

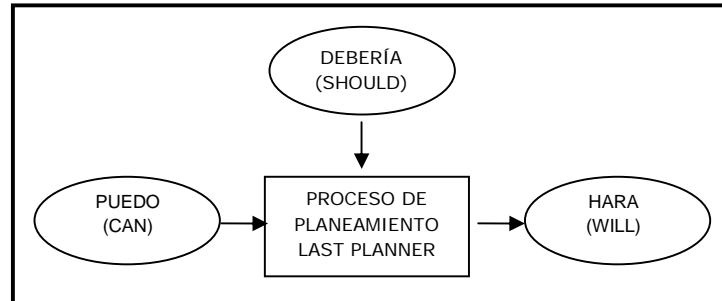


Imagen N° 29.- Last Planner System[®], Pull System (Ballard 3-1)

▪ **Flujo para planificación y seguimiento:**

Finalmente se planteó al equipo la nueva forma en que se lograría llevar a cabo esta nueva mentalidad de “jalar actividades” para que se logren su ejecución disminuyendo la variabilidad en nuestras planificaciones.

El flujo planteado para la planificación y seguimiento mediante el Last Planner System[®] está basado en la teoría mostrada en el Capítulo 3, el flujo propuesto al equipo de obra fue el siguiente:



Imagen N° 30.- Diapositiva 5 de charla de inducción (Fuente Propia)

Como se puede ver en la *imagen N° 30*, se plantea el flujo para el planeamiento en cuatro etapas, las cuales se describieron al equipo de la siguiente manera:

- **Cronograma Maestro (Master Schedule):** Viene a ser el cronograma general de obra desde el inicio de la obra hasta la fecha de entrega final, con las actividades principales para poder marcar los hitos importantes en la ejecución de la obra.
- **Planificación Intermedia (Lookahead Planning):** Visualización de la programación general con una ventana de 4 semanas (lookahead window), en donde se desglosa las actividades del cronograma maestro en sub-partidas, a un nivel de detalle de ejecución por cada unidad de producción.
- **Reunión semanal (Weekly meeting):** Reunión que se lleva a cabo semanalmente y donde se analiza el Análisis de restricciones (Constraints Analysis) de la ventana del lookahead, se calcula el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) de la semana anterior, se obtiene las Causas de No Cumplimiento de las actividades programadas y finalmente se obtiene el Plan de Trabajo Semanal (Weekly Work Plan) de la siguiente semana.
- **Plan de Trabajo Semanal (Weekly Work Plan):** Es la planificación obtenida de la reunión semanal y que cada contratista deberá hacer seguimiento con su maestro de obra. La característica de esta planificación es que las asignaciones o tareas están libres de restricciones y está equilibrado la capacidad y carga para la unidad de producción que lo va a ejecutar.

Cabe destacar que se recalcó al equipo del proyecto que para lograr el cumplimiento de uno de los objetivos del LPS, que es el de “asegurar el cumplimiento de un mayor cantidad de actividades”, es necesario **la responsabilidad y compromiso de todo el equipo**, ya que sin ello no sería posible lograr buenos resultados.

El detalle de este flujo propuesto, los formatos utilizados y el modo de uso estos fueron detallados en un manual para el flujo de planificación, de tal manera que sirva además para entender un poco mejor la parte teórica del LPS. Este manual, que podemos denominarlo piloto porque puede estar sujeto a mejoras, se adjunta

en el ANEXO VIII. Se adjunta además en el ANEXO IX las diapositivas usadas para la inducción que se dio al equipo de obra para la presente tesis.

En el flujo de planeamiento propuesto (Imagen N° 30) no se incluye el nivel jerárquico del Phase Scheduling o programación por fases. Esto se debe a que el autor consideró que el sólo hecho de ponerlo en práctica ya se convierte en sí en un tema de investigación, porque en la bibliografía y en las consultas realizadas vía correo electrónico al PhD Ballard se identificó que el tema es amplio. Además es conocido que muchas de las empresas de nuestro medio no aplican este nivel jerárquico y aparentemente están teniendo buenos resultados.

4.3.3. Fase 3: Aplicación de LPS

En base a la inducción brindada al equipo de obra y teniendo en claro el flujo de planificación propuesto, se procede con la aplicación del sistema que consiste inicialmente en:

- La elaboración del Cronograma Maestro (Master Schedule), de preferencia en el Ms Project u otro programa similar.
- De forma conjunta con el equipo se define el período de la ventana de lookahead (lookahead window).

Una vez que se tenga los hitos del cronograma maestro y el período de tiempo para la ventana de lookahead, se procede a llevar a cabo la primera reunión semanal para lo cual se convoca a todos los miembros del equipo (Jefe de Proyecto, Supervisor de obras, Residentes de contratistas, Maestros de obras, Prevencionista de riesgos, etc.) y se realiza lo siguiente:

- Desglose de actividades del cronograma maestro para dar forma al lookahead de las 4 primeras semanas. Este desglose da como resultado las asignaciones o partidas que ejecutarán las unidades de producción, por lo que tenemos que tomar en cuenta el metrado a asignar, cantidad de equipos, personal, secuencia de trabajos para subdividir actividades, etc.
- Se procede con el análisis de restricciones de las asignaciones que se identificaron para todo el período de lookahead.

- Se planifica la primera semana del período de lookahead, en donde tenemos que tener claro el metrado de cada asignación a ejecutar, para que de esta manera podamos verificar luego si se cumplió o no la actividad al 100%.

En las siguientes reuniones semanales, se irán aumentando un semana más en el horizonte de la ventana lookahead y desglosando las actividades del cronograma maestro, y se podrá analizar los resultados de la semana que se planificó anteriormente, obteniendo así el PPC y la Causas de No Cumplimiento.

A continuación damos algunos criterios para llevar las **reuniones semanales**. Primero debemos entender cuál es el propósito de una reunión semanal:

- Obtener el PPC de la semana anterior y analizarlo.
- Recopilar las causas de no cumplimiento de la semana anterior y elaborar un histórico.
- Tomar acciones para evitar que se repita las causas de no cumplimiento y de igual manera elaborar un histórico.
- Realizar un paralelo entre los objetivos alcanzados y los propuestos por el proyecto.
- Al aumentar una semana a la ventada lookahead, desglosar las actividades del cronograma maestro y realizar el análisis de restricciones indicando responsables dentro del equipo.
- Realizar un adecuado análisis de las restricciones: revisión (screening) y preparación (make ready).
- Determinar el inventario de trabajo ejecutable (workable backlog) para la siguiente semana.
- Desarrollar el plan de trabajo para la semana siguiente (weekly work plan).

Para la implementación del Last Planner System[®] es necesario que se identifique a un **coordinador** y al **último planificador o Last Planner[®]**, ya que cada uno de ellos tienen funciones, que son:

Coordinador (puede ser el Ingeniero residente o jefe de proyecto)

- Llevar el cronograma maestro (Master Schedule).
- Llevar la el cronograma lookahead (Lookahead Schedule).
- Hacer el seguimiento de los objetivos logrados y los propuestos inicialmente en el proyecto.
- Actualizar el inventario de trabajo ejecutable (Workable Backlog).

Last Planner[®] (que puede ser el ingeniero de campo o maestro de obra)

- Llevar a la reunión semanal el PPC y las causas de no cumplimiento.
- Tener una lista tentativa de que actividades deberían realizarse para la siguiente semana.
- Levantar las restricciones que están bajo su responsabilidad.
- Tener conocimiento del cronograma lookahead (lookahead Schedule) de la semana anterior y de la semana que se incluirá en la ventana lookahead.

Para el caso de la presente tesis, el coordinador era el Jefe de Proyecto de la inmobiliaria, y los Last Planner[®] eran los ingenieros residentes de cada contratista. Se adjunta en los anexos un resumen ejecutivo de una reunión semanal, tomado de la tesis de Rojas R. Vera – Chile (Ver ANEXO X).

El resumen del anexo, fue una guía para las reuniones semanales y se recomienda que las reuniones sean un mismo día y hora en la semana, de tal modo que se crea la responsabilidad y compromiso de todo el equipo de cumplir con dicha reunión. Además que se debe hacer sentir y entender al equipo de la obra que el plan se desarrolla en conjunto y que cada parte o integrante es importante para poder lograr la meta del proyecto.

4.3.4. Fase 4: Evaluación y retroalimentación

En la aplicación que se realizó en el proyecto inmobiliario, se completo el período definido para la ventana lookahead (4 semanas) más una semana para que se

visualice como ingresa una nueva semana al período lookahead. Luego de esto se realizó el análisis de resultados de la planificación generada, así como buscar mejoras al proceso de implementación y a la participación del equipo de obra. Esto lo podremos ver a más detalle en el Capítulo 5.

Como parte de la evaluación se consideró el revisar el histórico del PPC en las 5 semanas de implementación y de igual forma con las causas de No Cumplimiento. Con la finalidad de identificar cuáles fueron los aciertos y dificultades al momento de implementar el Last Planner System® tanto en las reuniones semanales, en el uso de los formatos planteados, en el factor humano (compromiso) y en cuanto al tener en claro los conceptos básicos de la filosofía Lean y del LPS.

En base a estas evaluaciones se puede obtener una retroalimentación para la mejora continua de la implementación propuesta. Por ello esta fase es la más importante, ya que con ella obtenemos las propuestas de mejora continua para que la implementación piloto sea un éxito. Lo que deberíamos identificar para la retroalimentación se encuentran en algunos campos generales a criterio del autor:

- *Conocimiento*, identificar si el equipo comprende los conceptos básicos Lean y la finalidad de los mismos.
- *Compromiso*, ver si el grado de compromiso e interés de parte del equipo es el deseado, sino fuese así buscar alternativas y herramientas para lograrlo (charlas, dinámicas, talleres, etc.)
- *Simplicidad en formatos*, ver si los formatos propuestos son fáciles de usar tanto físicamente como en una computadora. Esto lo podemos conocer siempre y cuando logremos tener la confianza del equipo para dar sus críticas al respecto.
- *Procedimientos y secuencia*, identificar si los procedimientos que se llevan a cabo durante las reuniones semanales son claros, concisos y ordenados. Sino para optar por mejoras y optimizar tiempos.

El detalle de la evaluación de las 5 semanas de aplicación del LPS se encuentra en el Capítulo 5, así también están las recomendaciones para la retroalimentación que se encuentran como parte de las conclusiones.

4.3. Manual de aplicación de Planificación y Seguimiento (LPS)

Tal y como se explicó dentro de la metodología que se propuso para la implementación del Last Planner System[®], en la fase de inducción (ítem 4.3.2.), se elaboró un flujo de planeamiento para que pueda ser transmitido a los miembros del equipo de obra para una Habilitación Urbana. Este flujo fue elaborado por el autor con la finalidad de que el personal de obra entienda el esquema lógico que se tiene que seguir para la aplicación del sistema Last Planner[®], así también podrán ver los beneficios que trae el usar estas herramientas de este sistema.

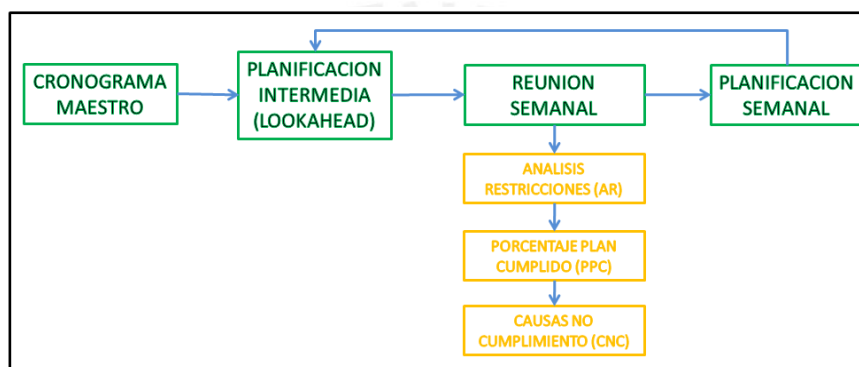


Imagen N° 31.- Flujo de planificación y seguimiento (fuente propia)

En base a este flujo, se elaboró un manual mediante el cual se busca que el equipo de obra esté enterado del detalle de cada etapa del flujo y los responsables en cada una de estas etapas. Así también en la etapa de reunión semanal, se detalla la forma de usar el libro de Excel que contiene los formatos para la elaboración de:

- El Lookahead Schedule.
- Análisis de Restricciones.
- Análisis de resultados de la planificación de la semana anterior (PPC y causas de No Cumplimiento).
- Planificación de la siguiente semanal (Weekly Work Plan).

Mediante este manual de “aplicación de planificación y seguimiento” y con la charla de inducción, es que se pretende que el equipo de obra empiece a tomar como actividades diarias el seguimiento del flujo y la elaboración de los formatos facilitados

en reuniones semanales fijas y continuas. El manual se adjunta como anexo de la presente tesis (ver ANEXO VIII).

4.5. Secuencia completa Last Planner[®]: Ejemplo

Como se comentó con anterioridad, la implementación del Last Planner System[®] de forma piloto, se realizó en un proyecto de Habilitación Urbana ubicado en la periferia de la ciudad de Lima (Distrito de Carabayllo); dicho proyecto tiene un área bruta de 7.24Ha dentro de las cuales se tendrá un total de 315 lotes unifamiliares, conformando así el 52.47% del área bruta, que viene a ser el área vendible del proyecto.

Al momento de la implementación, la construcción de la urbanización se encuentra en la finalización de la tercera etapa de construcción (ver ítem 4.2.), pero teniendo aún actividades de la contratista de obras de Saneamiento y de Electrificación que se ejecutarán en paralelo con el reingreso de la contratista de Movimiento de Tierras para traslapar actividades y así optimizar los tiempos. De esta forma se da inicio a la cuarta etapa con la que se culminaría la construcción de esta nueva urbanización, y se daría paso así a la entrega de lotes a los clientes.

La urbanización fue dividida en sectores para un mejor manejo de toda el área a habilitar.

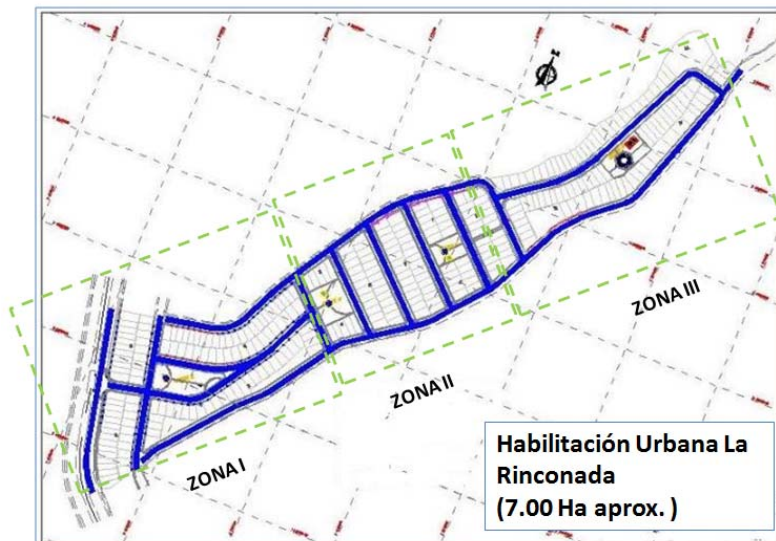


Imagen Nº 32.- Sectorización de Habilitación Urbana (Fuente propia)

La implementación se dio en el sector o Zona I, tal y como se ve en la imagen anterior. Debemos recalcar que para realizar una sectorización es necesario evaluar criterios propios de cada proyecto de construcción. En este caso específico de una Habilitación Urbana, se tomo como criterio principal el tendido de cableado eléctrico entre cada subestación eléctrica dentro de la urbanización, teniendo así en cada sector una Subestación Aérea Biposte (SAB) y por consiguiente toda la red de circuitos relativos a esta subestación.

Esta sectorización fue importante porque para que se pueda ejecutar la obra de movimiento de tierras (asfaltado y vaciado de veredas) en cada calle, era necesario que se encuentren ejecutadas todas las conexiones eléctricas (recordar que para este momento ya se tiene ejecutadas las matrices de agua y desagüe, lo cual ya no es una restricción para trabajar en vías). Y para ello el contratista eléctrico define su avance por circuitos de cada subestación, cerrando así zona por zona de la urbanización, y dando pase en cada zona liberada a la contratista de Movimiento de tierras y también a la contratista de obras de saneamiento que tiene que ejecutar un remanente de conexiones domiciliarias.

Es en estas condiciones que se procede con la implementación piloto, con el fin de obtener una retroalimentación del proceso y poder formular mejoras para una implementación definitiva a futuro.

El período en el que se dio la implementación piloto, fue de 5 semanas. Esto se decidió porque siendo el período de la ventana lookahead 4 semanas (definido con el equipo de obra), se quería obtener un ciclo completo de reuniones semanales hasta llegar a incluir una nueva semana a la ventana de lookahead, que vendría a ser la semana N°5.

En el ANEXO VII se adjunta los formatos llenados para la planificación de la semana número 2. Los documentos adjuntos en este anexo son:

- Cronograma Maestro – Zona I (Master Schedule)
- Lookahead Schedule – Zona I (4 semanas – lookahead window)
- Análisis de restricciones de las semanas 2 hasta la 5. (esta última semana se incluyó ya que le tocaba ingresar a la ventana lookahead)

- Resultado de la semana anterior (PPC y Causas de No Cumplimiento)
- Plan de trabajo Semanal (Weekly Work Plan), para la semana 3.

El análisis de resultados de todo el período de implementación se detalla en el Capítulo 5, donde se presenta la evolución del PPC, las principales Causas de No Cumplimiento y sus posibles soluciones. También en ese capítulo se revisará todo lo observado en el proceso de implementación, las mejoras propuestas y las conclusiones finales.



CAPITULO 5

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

5.1. Resultados de Implementación Piloto

Los resultados de la implementación piloto realizada la podemos dividir en cuantificables, que vienen a ser los indicadores PPC y la recopilación de las Causas de No Cumplimiento. Y también en no cuantificables que está conformado por todas las observaciones, críticas y mejoras que se vieron durante el proceso de implementación y que forman parte de la retroalimentación del sistema.

Como ya se comentó, la implementación se llevó a cabo durante 5 semanas en un proyecto específico de Habilitación Urbana, en donde se ha tenido a tres contratistas trabajando de forma paralela. Por ello el equipo para las reuniones de planificación estaba conformado por representantes de cada contratista (Ing. Residentes y maestros de obra) y staff de la inmobiliaria (Jefe de Proyecto y Supervisor de Obras). La descripción de proyecto y las circunstancias en las que se inició la implementación la podemos revisar en los puntos 4.2 y 4.5.

5.1.1. Análisis de PPC

El Porcentaje de Plan Cumplido o PPC, consiste en medir la efectividad de la programación basándose justamente en este indicador porcentual. Recordemos que el cálculo de este indicador se realiza durante las reuniones semanales, cuando se está analizando los resultados de la programación de la semana anterior, y además se considera que una asignación o actividad se considera que ha sido culminada solo si es que se ejecutó en su totalidad tal y como fue programada.

Para obtener el PPC para la semana en análisis, se necesita conocer la “cantidad de actividades culminadas” y la “cantidad de actividades programadas”, para luego realizar el siguiente cálculo:

$$\text{PPC (\%)} = \frac{\text{Cantidad de actividades culminadas}}{\text{Cantidad de actividades programadas}} \times 100\%$$

Los resultados de las cinco semanas de implementación se presentan en el siguiente diagrama de barras:

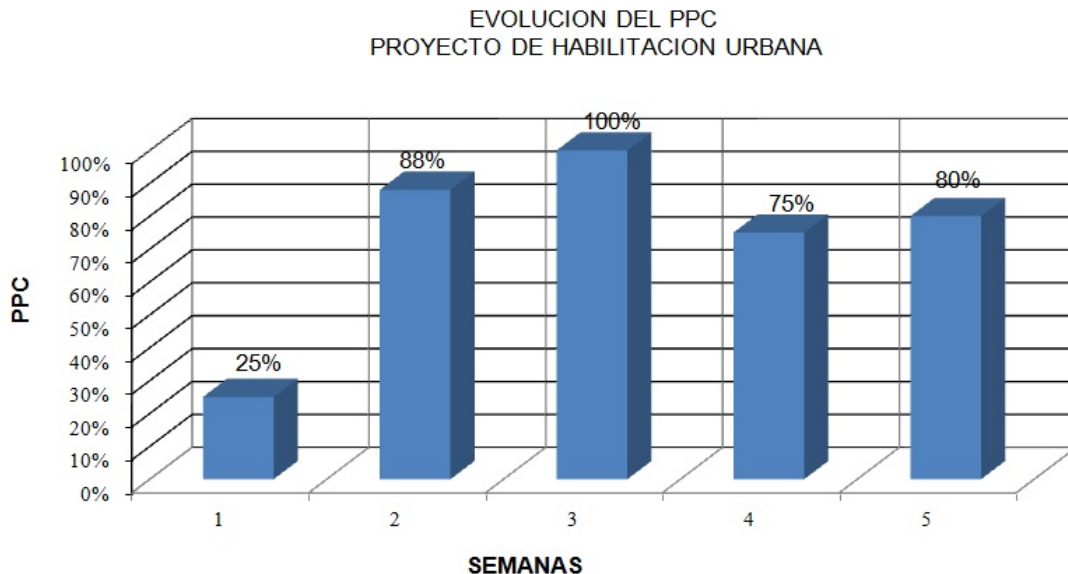


Imagen N° 33.- Evolución de PPC en cinco semanas de implementación piloto
(Fuente propia)

En base a los resultados obtenidos y a lo observado por el autor respecto al cálculo y análisis del PPC con el equipo de obra, se tienen las siguientes observaciones:

- 1) Como primera impresión de parte del equipo de obra (sobre todo de los contratistas), vieron el PPC como un indicador con el cual los íbamos a presionar, exigir explicaciones, imponer sanciones, etc. Pero en el transcurso de las semanas comprendieron que este indicador nos servía para ver cuán confiables éramos al planificar las actividades semanales, siendo esto provechoso para todo el equipo.
- 2) En la tercera semana se recalcó al equipo que la reducción de la variabilidad de lo proyectado se lograba elaborando una planificación semanal confiable. Lo cual a la fecha se estaba cumpliendo (PPC al 100% en la 3era semana) y que esto formaba parte de uno de los principios de la Lean Construction: "reducción de variabilidad".

Se les indicó este punto para que vayan adquiriendo en base a sus experiencias parte de los fundamentos de la Lean Construction y de LPS.

- 3) Al evaluar en conjunto los resultados de las 5 semanas, podemos observar que hubo un aumento del PPC de la semana 1 a la 3, luego una caída en la semana 4 con una leve recuperación en la última semana. Esto nos llevo a hacernos varios cuestionamientos:
- ✓ Al iniciar con la implementación en la primera semana, se obtuvo un PPC bajo debido a la evidente inexperiencia del equipo al elaborar la planificación intermedia (Lookahead Planning) y una inadecuada liberación de restricciones, programando actividades que de antemano se sabía que no se cumplirían.
 - ✓ Por otro lado al buscar el aprender del error de la semana 1, se verificó en la semana 3 que los Last Planner[®] (en este caso residentes de cada contratista) sólo colocaron las actividades “más fáciles” de cumplir para llegar a un aparente “óptimo desempeño”. Entonces se comprendió que la herramienta del análisis de restricciones y su posterior liberación aún no era comprendida a cabalidad.
 - ✓ Para las dos últimas semanas se logro que el equipo realizara un mejor análisis de restricciones y planificando lo adecuado para cada semana, es decir sin que se caiga en el facilismo por cumplir con obtener un PPC alto o el error de no tomar en cuenta las reales restricciones que evitan que se ejecuten las actividades. De este modo se obtuvo el cumplimiento real de actividades, lo cual fue alentador al ver que se tenían porcentajes altos.
 - ✓ El siguiente paso para mantener y mejorar este PPC sería continuar haciendo un correcto análisis de restricciones y seguimiento de liberaciones, las cuales se recomienda que no sólo sea durante la reunión semanal (1 vez a la semana), sino también a mitad de semana mediante una comunicación por correo electrónico o de forma personal entre el responsable y el coordinador de la implementación.

- 4) Como se comentó anteriormente, es necesario tener el metrado de la actividad que se está programando de tal modo que se pueda definir cuantitativamente si es que la actividad se culminó al 100%. Esto lo verificamos en el proceso de implementación ya que en los formatos utilizados no fue considerado, creyendo suficiente el mencionar por ejemplo la excavación en una calle, o el tendido de cable por circuito, etc., lo cual nos ha podido llevar a imprecisiones en cuanto al cálculo del PPC.
- 5) Si bien es cierto que la confiabilidad de lo programado estaba mejorando, no podríamos decir lo mismo del cumplimiento de los hitos del cronograma maestro, ya que al realizar el análisis de restricciones y no programar actividades que eran predecesoras de otras, esto nos llevó a extender las fechas finales en el lookahead Schedule. Por ello sería necesario el tener un indicador o herramienta mediante el cual relacione el PPC versus el avance físico programado en el cronograma maestro para el cumplimiento de los hitos definidos.

De forma general, hemos visto que el equipo de obra, finalmente, recibió e hizo suyo el superar el PPC en las últimas semanas, viendo así una tendencia de mejora. Lamentablemente al ser esta implementación una iniciativa particular y no de la empresa, se hizo sentir la presión de cumplir con las responsabilidades que la inmobiliaria exigía al staff, dificultando así el continuar con la implementación y continuar con más semanas de aplicación. Esto último será comentado en las conclusiones finales.

5.1.2. Causas de No cumplimiento

La recopilación de las Causas de No cumplimiento durante las 5 semanas de implementación dio como resultado el siguiente cuadro y gráfico de barras:

SEMANA	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO					
	Fallas de equipos y/o Maquinarias	Mala programación	Falta de Materiales (Falla en logística)	Falta de cancha en obra	Falta de Mano de Obra	Otros
1	2	1	0	1	1	0
2	0	0	2	1	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	2	0	0	0	0	0
5	0	0	2	2	0	0
ACUM	4	1	4	4	1	0
%	29%	7%	29%	29%	7%	0%

TOTAL ACTV.	14
-------------	----

Análisis de 5 semanas
Total de actividades NO ejecutadas 14 (100%)

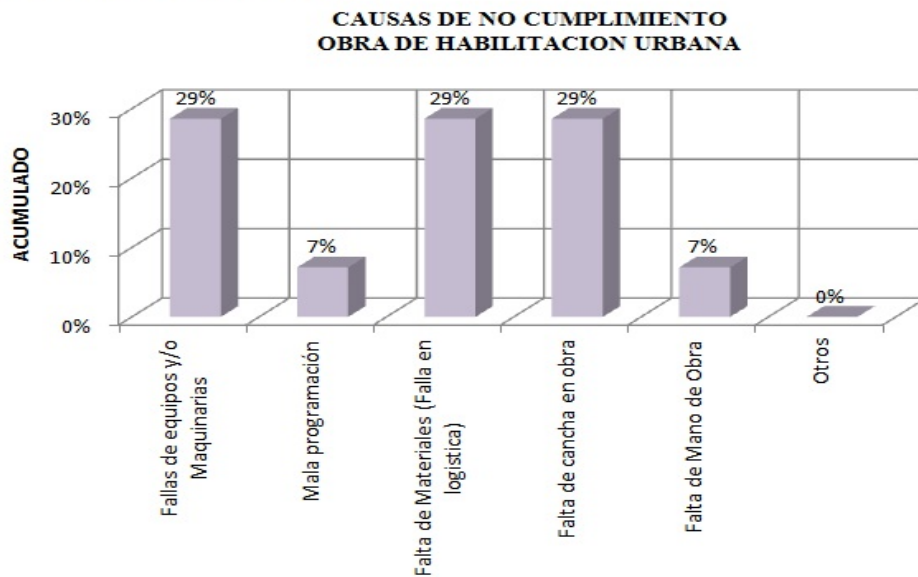


Imagen Nº 34.- Causas de No Cumplimiento en 5 semanas de implementación
(Fuente propia)

Las observaciones que pudimos hacer al evaluar las causas de No Cumplimiento fueron:

- 1) El equipo de obra inicialmente no tomaba con seriedad la recopilación de esta data, por lo que no se esforzaban por ver cuál eran las reales razones para no cumplir las actividades programadas. Y más bien consideraban esto como excusas, ya que quería poner como causas hechos que no estaban bajo su competencia para así eximirse de “alguna sanción”.
- 2) Lo anterior nos llevó nuevamente a explicar la finalidad de la recopilación de las Causas de No Cumplimiento, que es aprender de los errores para evitar cometerlos y pensando más adelante, el tener un registro de estos datos para tomar en cuenta en futuros proyectos.
- 3) Al ver los resultados en el gráfico, a mi parecer aún faltaron causas por describir y esto quizá se debe a que el compromiso del equipo no era el adecuado, ya que completaban los formatos sólo para cumplir con lo indicado y no viendo que favorecería al proyecto.
- 4) Una de las principales razones de no cumplimiento, según nuestros datos, es por la “falta de cancha en obra” (29%). Es decir que había actividades que aún no se terminaban en una determinada calle o zona, lo cual hacía que otras actividades programadas no puedan ser ejecutadas en esa misma calle. Esto nos llevó a evaluar que no estamos previendo esta situación al momento de programar la planificación semanal, lo cual significa que no está contemplada dentro del análisis de restricciones como una categoría específica, sino estaría dentro de “otros”. Por ello para una siguiente etapa de aplicación del sistema, se podría modificar los formatos colocando como categoría de restricción “Cancha” o “liberación de terreno”.
- 5) El análisis que se hizo en el punto 4, es justamente lo que se desea obtener al revisar el histórico de Causas de No Cumplimiento, ya que mediante esta operación obtenemos mejoras y una retroalimentación que hacen que el sistema sea más efectivo en su aplicación.

- 6) En muchos casos si hacen un buen análisis de las causas de no cumplimiento podremos detectar el origen del porque no se pudo ejecutar un trabajo, y más aún puede surgir causas que repercuten en la baja productividad de los trabajadores.
- 7) Además detrás de la falta de cancha, bajo rendimiento o una mala ejecución se puede identificar un problema “oculto”, que puede ser administrativo y no depende tanto del personal obrero ni del último planificador.

Somos conscientes que con el período tan corto de implementación no es posible decir que el gráfico es un histórico completo con el cual se pueden hacer grandes mejoras, pero si podemos comentar lo que rescatamos de estos datos, que algo importante para el sistema sería hacer participar al personal de logística ya que muchas de las causas de no cumplimiento son debidas a que no llega a tiempo el material requerido, de igual manera podemos pensar para el caso de mantenimiento de maquinarias, ya que esto nos llevó a atrasar el Lookahead Schedule. De esta manera concluimos que mediante este análisis de las causas de no cumplimiento, realmente se pueden obtener mejoras no sólo para el proyecto para el que se implementa el LPS, sino también para la empresa misma.

5.1.3. Observaciones al proceso de implementación

Durante todo el proceso de implementación en el proyecto de HHUU se fueron identificando varios desafíos para poder dar uso del LPS. Estos desafíos están relacionados al nivel organizativo de la empresa, interés del staff de obra y la gerencia para aplicar el sistema, la relación contractual con los contratistas, carga de trabajo para los profesionales del equipo de trabajo, etc.

Para poder resumir y agrupar todos los desafíos hallados en nuestra implementación, nos remitimos al documento “Retos para la Implementación del Last Planner System[®]” (Last Planner System[®] Implementation Challenges – Vishal Porwal, José Fernandez-Solís, Sarel Lavy, Zoika K. Rybkowski, 2010). Debido a que en dicho documento, que fue presentado para el 18avo Congreso Internacional de la Lean Construction, presentan los resultados de un estudio de la bibliografía sobre los desafíos que enfrentaron diversos profesionales de la construcción durante la ejecución y el uso del LPS tanto a nivel de organización como de proyecto.

Este documento fue elaborado con bibliografía que va desde el año 2000 al 2009, abarcando así revistas, actas de conferencias, libros y diversos artículos de revistas especializadas. De esta forma los autores identificaron diversos desafíos que se iban repitiendo en las publicaciones consultadas y las agruparon de la siguiente forma:

- **Desafíos de Implementación:** La fase de implementación es “cuando se presenta al equipo del proyecto el LPS y los proyectos piloto están en curso. Estos son retos organizacionales que enfrentan tanto los altos directivos como los de nivel medio en las fases iniciales” (Solís y otros, 2010).
 1. Falta de formación (Lack of training)
 2. Falta de liderazgo / fracaso de compromiso de la dirección / entorno organizacional.
 3. Inercia organizacional y resistencia al cambio / actitud "así es como siempre lo he hecho”.
 4. Apoyo de las partes interesadas (Stakeholder support).
 5. Asuntos legales y contractuales / estructura contractual.
 6. Implementación parcial del LPS e implementación tardía del LPS
- **Desafíos para los usuarios:** Hace referencia al uso del LPS a nivel de proyecto que es “cuando el LPS es usado por un equipo con experiencia y los retos técnicos asociados con el desarrollo de habilidades y capital humano necesario para el uso de LPS se introducen” (Solís y otros, 2010).
 1. Capital humano y la falta de entendimiento del nuevo sistema; dificultad para hacer asignaciones de calidad / habilidades y experiencia del capital humano.
 2. Falta de compromiso con el uso del LPS y actitud hacia el nuevo sistema.
 3. Inadecuada química del equipo y falta de colaboración.
 4. Apoderamiento de los gerentes en el campo / largo procedimiento de aprobación por parte del cliente y de la alta dirección.

5. Recursos extra / más papeleo / personal adicional / más reuniones / mayor número de participantes / tiempo.
6. Integración física.

Para tener una mejor visión de lo recopilado en el texto mencionado, se presenta en el ANEXO XI el cuadro con el detalle de estos 12 desafíos enfrentados por los profesionales de la construcción, donde se indican en que textos fueron identificados (Solís y otros, 2010).

Para el caso de la implementación de la presente tesis, hemos identificado que 5 de los 12 retos que mencionan los autores, fueron los que identificamos en el proyecto en evaluación:

- ✓ Falta de formación:
 - ✓ Al momento de realizar el análisis de restricciones y de causas de no cumplimiento, pudimos notar que el equipo de obra no tomaba estos puntos como importantes o los consideraba una exigencia para ser penalizados, lo cual es totalmente opuesto a lo que pretende el LPS. Por ello se consideró que las bases teóricas impartidas en la charla de inducción no fueron claras o lo suficientemente explícitas en cuanto a los objetivos y principios del LPS. De este modo es que se consideró que se tenía que mejorar la capacitación que se brinde al equipo del proyecto encargado de aplicar el LPS.
- ✓ Inercia organizacional y resistencia al cambio / actitud "así es como siempre lo he hecho":
 - ✓ Al momento de exponer ante la gerencia de proyectos la intención de implementación del LPS en una obra de HHUU y luego de explicarle que beneficios nos traerían, se recibió una respuesta poco animadora ya que la gerencia consideraba que los resultados obtenidos (PPC, Causas de No Cumplimiento, etc.) serían simplemente "informativas" y no veían la posibilidad de retroalimentación. Por consiguiente no hubo el interés de estar informado de los avances y propuestas para la implementación, por lo

que se convirtió en una propuesta personal del autor al tener el cargo de Jefe de Proyecto y aplicándolo en uno de sus proyectos de HHUU a cargo.

- ✓ Falta de compromiso con el uso del LPS y actitud hacia el nuevo sistema.
 - ✓ Este punto se evidenció durante toda la implementación con el equipo del proyecto (supervisor de obra, residente de contratistas, maestros de obra, etc.), ya que se notaba la falta de compromiso al no asistir a algunas reuniones semanales, o al tener tardanzas, al no traer la información de campo que les correspondía, etc. De igual forma se evidenció esta problemática cuando los residentes querían ejecutar trabajos que no estuvieron programadas para esa semana, haciendo caso omiso a lo coordinado en la reunión semanal. En resumen, para poder cumplir con los pasos de uso del LPS era necesario no solo hacer seguimiento constante del equipo, sino completar tareas que era de su competencia.
- ✓ Asuntos legales y contractuales / estructura contractual
 - ✓ En el caso específico de la inmobiliaria en estudio, se tiene contratistas con los cuales se firman contratos individuales en donde figuraban como forma de pago a suma alzada, período independiente de contratación, penalidades que no se llegaban a cumplir, etc. Esto dificultó el tener el compromiso de las contratistas, ya que estas sabían que la inmobiliaria no aplicaría las multas fijadas en contrato por temas internos, y con lo cual se extendían en plazos, tenían incumplimientos de calidad, atraso en suministro de materiales, etc. Lo cual no facilitaba la implementación, para ello sería necesario una reformulación de contratos (teniendo como base el uso del LPS para las obras) y sobre todo de cumplimiento de los mismos, para así poder tener un control y cooperación contractual de las empresas contratistas.
- ✓ Recursos extra / más papeleo / personal adicional / más reuniones / mayor número de participantes / tiempo:
 - ✓ De este rubro, nosotros hemos identificado el desafío de solicitar más personal para conformar el equipo de obra, ya que si se observa en el

organigrama de obra (página 62, capítulo 4), se vio necesario el tener un administrador de obra para que se encargue de temas administrativos y de oficina (que hasta el momento de la implementación lo veía el Jefe de Proyecto) y también el contar con un practicante para el control de calidad, para así poder liberar de trabajo al supervisor de obra, quien a futuro se debería de encargar de las reuniones semanales y actuar como coordinador del LPS. Ante estas solicitudes a la gerencia, se recibió una constante negativa hasta que por insistencia, accedieron solo a un personal administrativo pero con corta experiencia.

Esas fueron las observaciones más saltantes durante la implementación piloto del LPS en el proyecto de HHUU, estamos convencidos que el ir rompiendo cada una de las barreras mencionadas no sólo depende del esfuerzo de una persona o un equipo, sino depende en sí de toda la organización, ya que finalmente el beneficio es para la empresa, el proyecto y para sus empleados.

5.2. Conclusiones

5.2.1. Comparación formatos LPS

Para la implementación del LPS en la empresa inmobiliaria, el autor elaboró formatos para que sean utilizados en las reuniones semanales. Estos formatos se encuentran adjuntos en el ANEXO VII el detalle y uso de los mismos se describen en el “manual de aplicación y seguimiento” que se adjuntó en el ANEXO VIII.

Los formatos que se elaboraron fueron los de:

- ✓ Lookahead Planning
- ✓ Análisis de Restricciones
- ✓ Planificación Semanal (PPC y Causas de No Cumplimiento)

Para hacer una comparación con formatos utilizados por otras empresas constructoras, se están adjuntando algunos formatos de dos empresas que denominaremos

“Empresa A” y “Empresa B”; empresas constructoras importantes en el mercado peruano que actualmente aplican el LPS (ANEXO XII).

Al comparar estos formatos con los propuestos en la presente tesis, llegamos a las siguientes observaciones:

- ✓ **Cronograma Lookahead (Lookahead Schedule):** Las empresas A y B, presentan una columna para indicar los metrados para cada actividad programada. Esto no fue considerado en los formatos propuestos por el autor ya que consideraba que al ser una habilitación urbana bastaría con hacer referencia a calles (para las obras de Movimiento de Tierras y Saneamiento) y a circuitos (para obras de Electrificación). Al momento de la aplicación del formato y de obtener el PPC se verificó que realmente es necesario cuantificar el avance mediante el metrado correspondiente, para saber si realmente se cumplió al 100% la actividad.
- ✓ **Análisis de restricciones:** En los formatos preparados para la presente tesis, se consideró el separar por categorías las posibles restricciones existentes para cada partida, para luego describirlas (Ballard - 2000, pg. 3-11). En las empresas con las que comparamos no lo realizan de este modo, sino una la elabora en forma de cronograma (Empresa A), mientras que la otra empresa simplemente hace una descripción de la restricciones para cada partida (Empresa B). A mi parecer es mejor tener una separación por categorías de tal modo que se puede crear un registro histórico para saber que restricciones son los más incidentes para el proyecto.
- ✓ **Planificación Semanal:** Para nosotros lo principal en la planificación semanal era el contar con columnas para poder hacer el cálculo del PPC y además recopilar las Causas de No Cumplimiento, de tal modo que esto se pueda archivar con cada planificación semanal. Este mismo modelo lo observamos en la empresa B, pero no en los formatos de A. Consideramos que lo mejor es tener estos resultados en la misma hoja de la planificación semanal por su practicidad.
- ✓ **Causas de No Cumplimiento:** Algo muy interesante es lo que encontramos en la empresa B, ya que ellos han elaborado un “catálogo de causas de no cumplimiento”, en donde agrupan y codifican causas o motivos que seguramente

fueron repitiéndose a lo largo de sus obras. Esto es una muestra de la retroalimentación, porque han ido más allá de simplemente mencionar causas, sino que ahora están agrupadas y pueden identificar exactamente qué o quiénes son los responsables para evitar un incumplimiento futuro.

- ✓ **Otros formatos:** La empresa A presenta un flujo de formatos de lookahead, que lo denominan como “Lookahead de área de soporte”. Esto es interesante ya que a partir del “lookahead de producción” y del posterior “análisis de restricciones” se llega a un “lookahead de Equipos”, es decir que también hacen una vista hacia adelante en todo los requerimientos que puedan tener los equipos a utilizar. Para trabajos en donde la maquinaria es una partida incidente (por ejemplo minería), este flujo sería muy importante para lograr las metas planteadas, ya que seguramente en proyectos de este tipo habrían muchas causas de incumplimiento relacionadas a los equipos.

5.2.2. Propuestas para investigaciones futuras

En base a lo estudiado para esta tesis y a lo puesto en práctica, aún quedaron temas por profundizar y también cosas por ampliar en la implementación haciendo otras consideraciones.

Las propuestas para futuras investigaciones que alcanzamos son:

- ✓ Poner en práctica el uso del Phase Scheduling en una implementación piloto para describir detalladamente y con un caso práctico la forma de desglosar una fase y definir la fecha de inicio de la misma. Y a su vez complementar continuando el flujo de LPS, realizando la planificación intermedia (lookahead planning), análisis de restricciones y la planificación semanal. Esta investigación sería muy valiosa, ya que no se ha encontrado algún trabajo en el que se describa un caso práctico al respecto y además que este nivel jerárquico del LPS es la herramienta que muchas empresas obvian de implementar, sin darse cuenta que es probable que aporte con el hacer cumplir los hitos del Master Schedule (se detalla al respecto en las conclusiones finales), cosa que no se puede hacer mediante el Lookahead Planning. Se recomienda leer los documentos que se indican en la bibliografía respecto a este tema y que fueron escritos por el PhD. Ballard. Estos documentos

fueron facilitados por el PhD Ballard en dos comunicaciones vía correo electrónico al preguntarle respecto a este tema.

- ✓ Otra oportunidad de investigación sería el aplicar el LPS orientado a ver como este sistema ayuda a cumplir con la meta económica impuesto por el proyecto, realizando una comparación del presupuesto meta versus los costos reales del proyecto, para esto la investigación podría basarse en la teoría de valor ganado y realizando las curvas S semanales o mensuales, dependiendo de la envergadura del proyecto.
- ✓ Otra aplicación puede ser el aplicar el LPS y a su vez ver como este sistema puede influir en la productividad de las unidades de producción, realizando cálculos de rendimientos, ratios de productividad y evaluar mejoras mediante el uso de la herramienta del First Run Study.

5.2.3. Conclusiones Finales

En esta última etapa de la tesis, alcanzaremos las conclusiones que se ha podido obtener tanto del proceso de implementación piloto del Last Planner System[®], así como conclusiones y comentarios propio sistema.

Del Proceso de Implementación:

- ✓ Se comprobó durante la implementación, que uno de los factores más importantes para lograr una implementación exitosa del LPS, es el compromiso y colaboración de los miembros del equipo de obra y también que este compromiso sea asumido por las jefaturas y gerencia de la empresa. La forma en la que se podría lograr este compromiso sería mediante charlas de inducción más detalladas respecto al LPS y los beneficios que conlleva aplicarlo. Un temario posible puede ser el propuesto en el documento del profesor Luis F. Alarcón del 2002 indicado en la bibliografía.
- ✓ El grado de compromiso del personal responde también a que el personal prioriza dentro de sus actividades aquellas para las que fueron contratadas originalmente y por las que serán evaluadas por la inmobiliaria, esto sucede ya que al

implementar el LPS se considera como “actividades y/o responsabilidades extra” por ello fue necesario el definir claramente las funciones de los miembros del equipo, proponer un nuevo organigrama de obra en donde se solicita la creación de nuevos puesto de trabajo necesario para liberar de carga de trabajo a los que participarán directamente del uso del LPS. Requerimientos que muchas veces no son aceptados o pasa mucho tiempo para que procedan por la gerencia, sin evaluar el costo beneficio de esta decisión.

- ✓ Es necesario que en la empresa que desea implementar el LPS, tenga la disponibilidad y la apertura a cambios y/o mejoras a nivel organizativo y de procesos. Ya que es beneficioso que se tenga identificado y mapeado los procesos del proyecto. Es decir estandarizar procesos y ubicarlos en un diagrama de flujo para que cualquier miembro de la empresa entienda y vea de forma rápida en qué consiste el proyecto y la forma de trabajo.
- ✓ El tiempo de implementación también debe ser mayor para poder contar una cantidad de resultados que sean representativos y en base a los cuales realmente se pueda hacer una retroalimentación. Además con un mayor tiempo de implementación, podremos mejorar los documentos como formatos del LPS, manual de aplicación, elaboración de temario para charlas de inducción e involucrar más el compromiso del equipo.
- ✓ En resumen para una buena implementación se necesitaría compromiso del equipo de obra, disciplina y organización, disposición de la empresa a cambios, participación activa de los contratistas (se lograría ampliando alcances en sus contratos), estandarizando de procesos, con una inducción completa y muy recomendable también sería el realizar encuestas para conocer el sentir del personal respecto al uso del LPS.

Del Last Planner System®:

- ✓ Mediante la aplicación del LPS se comprobó que se puede genera una programación semanal confiable, ya que previamente se realiza la liberación de restricciones lo cual nos asegura con una buena probabilidad que la actividad

será ejecutada. De esta manera se cumple con uno de los principios de la Lean Construction que es la reducción de la variabilidad en los procesos.

- ✓ Además debemos tener en claro que el LPS es una herramienta que es utilizada para estabilizar el flujo del trabajo, siendo este otro de los principios de la Lean Construction. Esta estabilización del flujo lo podemos ver al obtener la retroalimentación que nos brinda la recopilación de las Causas de No Cumplimiento lo cual genera una mejora al sistema debido a que podemos detectar las partes que están fallando.
- ✓ En la implementación no se llegó a tener un inventario de trabajo ejecutable (Workable Backlog), se trató de llevar un control de este inventario en el formato de análisis de restricciones, pero no fue efectivo ya que eran muchos datos para ese documento. Por ello se ve necesario manejar de forma aislada este inventario en un documento aparte y que el análisis sea con partidas que no dependan entre sí y el flujo constructivo permita adelantar o retrasar estas actividades. A mi parecer el uso y beneficio de esta herramienta queda a criterio del profesional que se encuentra a cargo de la implementación o aplicación del LPS en base a las características propias del proyecto en el que se aplique.
- ✓ Como ya se comentó el grado de confiabilidad de lo programado se mide mediante el PPC, al respecto algo que se identificó fue que el tener un alto porcentaje de PPC no implica que la obra esté dentro de los hitos definidos en cronograma maestro (Master Schedule), es decir que es posible que se tenga altos PPC pero la obra esté atrasada. Esto nos ocurrió por ejemplo al momento de tener que mover partidas que no se programaron o no fueron cumplidas la semana anterior, con lo cual nos llevó a un replanteo del Lookahead Schedule y posponiendo la fecha de entrega final.

Por ello se podría decir que el LPS no tiene una herramienta o indicador con la cual se pueda controlar el cumplimiento del plazo meta, pero en realidad al revisar la teoría del LPS esta herramienta vendría a ser la Programación por Fases (Phase Scheduling). Herramienta que es obviada en muchas de las empresas que aplican el Last Planner System[®], probablemente por desconocimiento de su forma de aplicación, ya que en la bibliografía difícilmente se encuentra documentos al

respecto. Entonces podríamos preguntarnos ¿cómo logran estas empresas hacer cumplir el Master Schedule?, ¿el Master Schedule puede ser reprogramado según el sistema Last Planner[®]? Estoy convencido que al realizar una investigación respecto al Phase Scheduling y su aplicación dentro del LPS, se absolverían estas dudas y otras en cuanto al cumplimiento de plazos para los proyectos bajo la filosofía de Lean Construction.

Finalmente, lo que se puede destacar de la implementación piloto del Last Planner System[®], no sólo es el aprender los principios de la nueva filosofía orientada hacia la administración de la producción denominada Lean Construction o el conocer la teoría y aplicar todos los elementos que conforman el Last Planner System[®], sino es ver que al implementar un sistema de planificación hemos podido identificar otros aspectos tales como desafíos con el factor humano de la empresa, problemáticas organizacionales, necesidad de esquematizar y ordenar los procesos de acuerdo al tipo de proyecto a estudiar, tomar en cuenta los controles de calidad como parte de la planificación, etc. Aspectos que se tuvieron que ir solucionando en el camino de la implementación, lo cual nos lleva a pensar que un sistema de planificación forma parte de un sistema de gestión integral para un empresa en donde no sólo está involucrada la parte técnica, sino también la parte administrativa, de costos, de calidad, de seguridad, etc.

Por ello el implementar un sistema de este tipo, favorece a tener una visión más amplia de lo que es un proyecto como conjunto y de los requerimientos necesarios para que sea exitoso. Y una parte de lograr este éxito se consigue mediante una adecuada planificación siendo esta confiable y tomando en cuenta como punto importante la retroalimentación continua, la cual se puede lograr mediante el uso del Last Planner System[®].

BIBLIOGRAFÍA

- ANDINA, AGENCIA PERUANA DE NOTICIAS (2000). “Cono norte de Lima es zona favorable para desarrollar proyectos inmobiliarios, afirma Scotiabank”. <http://www.andina.com.pe/Espanol/Noticia.aspx?id=IW/pUIQ/7Hs=>.
- ALARCON L. F. (2002). “Collaborative Implementation of Lean Planning Systems in Chilean Construction Companies”. IGLC-10, Gramado – Brazil, Agosto 2002.
- ALARCON L. F.. “Mejorando la productividad de los proyectos con planificaciones más confiables”.
- BALLARD H. GLENN (2009). “P2SL REPORT: Current Benchmark in Phase Scheduling”. Draft for Comment. Universidad Berkeley de California EE.UU. Marzo 3, 2009.
- BALLARD H. GLENN (2000). “Phase Scheduling”. Lean Construction Institute White Paper-7, Abril 2000.
- BALLARD H. GLENN (2000). “The Last Planner System[®] of Production Control”. A PhD Thesis, School of Civil Engineering, University of Birmingham, 3-1.
- CABRERA, ELIBETH. (2003). “Control”. <http://www.gestiopolis.com/>
- GONZALES, E. de Olarte (2008). Dr. en Economía, La Sorbona – París, “Entrevista sobre crecimiento urbano de Lima – Palestra. Tema: Economía urbana de Lima, 14 años después.” <http://blog.pucp.edu.pe/item/9029>
- HOWELL, G. (1999). “What is Lean Construction – 1999”. Proc. 7th Ann. Conf. International Group for Lean Construction, Berkeley, CA, USA, Julio 26-28, 1999.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS E INFORMATICA – INEI. “Indicadores demográficos del departamento de Lima”. http://www.inei.gob.pe/perucifrasHTM/inf-dem/cuadro.asp?cod=9175&name=d15_01&ext=jpg
- IZQUIERDO J., CERF M. y GOMEZ S. (2011). “Lean Construction education: Basic Management Functions Workshop”. IGLC – 19. Lima – Perú. Julio 2011.

- KOSKELA, L.; ALSEHAIMI A.; TZORTZOPOULOS P. (2009). “Last Planner System[®]: Experiences From Pilot Implementation In The Middle East”. IGLC-17, Taipen – Taiwan, Julio 2009.
- KOSKELA, LAURI (1992). “Aplication of the New Production Philosophy to Construction”. CIFE Technical Report # 72. Universidad de Standford EE.UU.
- LEAN CONSULTING. <http://www.leanconsulting.es>
- ORIHUELA P., ULLOA K. (2011). “La Planificación de las Obras y el Sistema Last Planner”. Construcción Integral – Boletín Informativo de Aceros Arequipa Edición 12. Abril 21011.
- ORIHUELA P., VASQUEZ J., ORIHUELA J.(2008). “El Lean Design y el enfoque hacia el cliente”. IV Congreso Internacional de la Construcción – ICG Diciembre 2008.
- ROJAS R. VERA. “Lean Construction”. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad Andrés Bello, Chile.
- VISION LEAN. <http://www.vision-lean.es>
- WOMACK, J.P., JONES D.T., y ROSS, D. (1990). “The Machine That Changed The World: The Story Of Lean Production” New York.
- YOZA A., FLORES D. (2011). “Impact of The Last Planner System Method on Sanitation Works”. IGLC – 19. Lima – Perú. Julio 2011.