

UNIVERSIDAD NACIONAL
HERMILIO VALDIZÁN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“IMPLEMENTACIÓN DEL LAST PLANNER SYSTEM PARA MEJORAR EL
CONTROL DE PRODUCCIÓN EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN CIVIL
EJECUTADA POR CONTRATA”



Tesis para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

PRESENTADO POR:
HAENDEL ROSSINI BERNARDO CHÁVEZ

ASESOR:
ING. ANTONIO DOMINGUEZ MAGINO

HUÁNUCO, PERU

2018



A mis queridos padres:

Gregorio Bernardo Rojas

y

Alvina Chávez Marchán



AGRADECIMIENTOS

De manera muy especial a mis
padres y hermanos por su constante e inmenso apoyo.



RESUMEN

La presente investigación se enfoca en la implementación de Last Planner System (LPS) en dos proyectos de Construcción Civil ejecutada por Contrata, en un esfuerzo por comprender los beneficios del sistema se estudió su implementación por un período de 14 semanas, 7 semanas en el proyecto *“Mejoramiento de la Prestación de Servicio Educativo en el Nivel Inicial y Primario en la I.E. N° 34033 Progreso, en el Centro Poblado de Paragsha, Distrito de Simón Bolívar Provincia de Pasco – Pasco”*, ejecutado con un Contrato a Suma Alzada, y 7 semanas en el proyecto *“Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de la Localidad de Lari, distrito de Lari, Provincia de Caylloma, Región Arequipa”*, ejecutado con un Contrato a Precios Unitarios.

El sistema de planificación “Last Planner” posee aspectos positivos, siendo una buena herramienta para reducir la variabilidad e incertidumbre inherente al sector de la construcción. Los resultados obtenidos nos demuestran la importancia del compromiso del equipo de obra. De esta forma se identifican que el sistema genera una mejora continua en el cumplimiento de la meta de un proyecto, cumpliendo el flujo de las actividades de un plan a través de planificaciones más confiables con el que es posible alcanzar un nivel de producción más óptimo. Se obtiene un alto grado de satisfacción por avance físico que se muestra ante el cliente. La investigación entrega antecedentes que permiten abordar la implementación en proyectos futuros en el ámbito de la Construcción. Se establecen recomendaciones para implementaciones futuras.

Palabras claves: *Last Planner System, Control de Producción, Planificación, Flujo, Mejora Continua.*



SUMMARY

The present investigation focuses on the implementation of the Last Planner System (LPS) in two Civil Construction projects executed by Contrata, in an effort to understand the benefits of the system, its implementation was studied for a period of 14 weeks, 7 weeks in the project "Improvement of the Educational Service Delivery in the Initial and Primary Level in the IE N° 34033 Progreso, in the Paragsha Town Center, District of Simón Bolívar Province of Pasco - Pasco ", executed with a Lump Sum Contract, and 7 weeks in the project " Expansion and Improvement of the Potable Water and Sewerage System of the Locality of Lari, Lari district, Caylloma Province, Arequipa Region ", executed with a Unitary Prices Contract.

The planning system "Last Planner" has positive aspects, being a good tool to reduce the variability and uncertainty inherent in the construction sector. The results obtained show us the importance of the commitment of the construction team. In this way, it is identified that the system generates a continuous improvement in the fulfillment of the goal of a project, fulfilling the flow of the activities of a plan through more reliable planning with which it is possible to reach a more optimal level of production. A high degree of satisfaction is obtained by physical progress that is shown to the client. The research provides background that allows to address the implementation in future projects in the field of Construction. Recommendations are established for future implementations.

Keywords: Last Planner System, Production Control, Planning, Flow, Continuous Improvement.



INTRODUCCIÓN

La presente Tesis muestra una visión alternativa de la Gestión en la Construcción, introduciendo un enfoque nada novedoso, pero que aún muchas empresas no lo consideran su aplicación; sin embargo, en los últimos años la filosofía "Lean Construction" o "Filosofía de Construcción Sin Pérdidas" viene tomando fuerzas mundial cada día; en medida que se haga de la manera correcta se lograrán grandes resultados. Se tiene que saber que para poder implementar este sistema de gestión se tiene que ser serio al momento de ejecutar los trabajos y tener compromiso con todo el equipo de trabajo. El resultado será ganancia para la Empresa por el cumplimiento de las metas en menor tiempo y sin disminuir la calidad del producto a entregar al cliente.

La finalidad de esta tesis es poner en práctica una de las herramientas de la Filosofía Lean Construction, denominado sistema de planificación Last Planner System(LPS) aplicado a proyecto de Obras civiles *"Mejoramiento de la Prestación de Servicio Educativo en el Nivel Inicial y Primario en la I.E. N° 34033 Progreso, en el Centro Poblado de Paragsha, Distrito de Simón Bolívar Provincia de Pasco – Pasco"*, ejecutado con un Contrato a Suma Alzada, y el proyecto *"Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de la Localidad de Lari, distrito de Lari, Provincia de Caylloma, Región Arequipa"*, ejecutado con un Contrato a Precios Unitarios, con el objetivo de comprobar los beneficios que este sistema puede aportar para el cumplimiento de plazos y confiabilidad en la construcción; los aspectos teóricos de la filosofía de Lean Construction, se desarrolla en el capítulo de Marco Teórico, donde se menciona la manera de implementar Last Planner, resaltando la importancia del Compromiso del Equipo de Obra.



INDICE

INTRODUCCIÓN.....	6
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	11
1.1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	11
1.1.2. FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
1.2.1. GENERAL	14
1.2.2. ESPECIFICO	14
1.3. OBJETIVOS.....	14
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	14
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICO	14
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	14
1.4.1. JUSTIFICACIÓN	14
1.4.2. IMPORTANCIA.....	15
1.5. LIMITACIONES.....	15
1.6. ALCANCE	15
1.7. HIPÓTESIS, VARIABLES, INDICADORES Y DEFINICIONES OPERACIONALES.....	15
1.7.1. HIPÓTESIS.....	15
1.7.1.1. GENERAL	15
1.7.1.2. ESPECÍFICOS	16
1.7.2. VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES.....	16
1.7.3. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES.....	17
CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO	17
2.1. NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	17
2.1.1. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	17
2.1.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	17
2.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	17
2.3. UNIVERSO/ POBLACIÓN Y MUESTRA.....	19
2.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS	20
2.4.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	20
2.4.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, FUENTES	20
2.5. PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS.....	20
2.5.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	20



2.5.2.	PRESENTACIÓN DE DATOS	21
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO		21
3.1.	ANTECEDENTES DE ESTUDIOS REALIZADOS	21
3.1.1.	ESTUDIOS INTERNACIONALES	21
3.1.2.	ESTUDIOS NACIONALES	23
3.1.3.	ESTUDIOS LOCALES	27
3.2.	BASES TEÓRICAS.....	28
3.2.1.	PLANIFICACIÓN TRADICIONAL.....	28
3.2.2.	FILOSOFÍA LEAN	31
3.2.2.1.	INTRODUCCIÓN.....	31
3.2.2.2.	LEAN PRODUCTION.....	34
3.2.2.3.	LEAN THINKING	36
3.2.2.4.	LEAN CONSTRUCCION.....	41
3.2.3.	LAST PLANNER SYSTEM	52
3.2.3.1.	INTRODUCCIÓN.....	52
3.2.3.2.	DEFINICIÓN	54
3.2.3.3.	CONTROL DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN.....	55
3.2.3.4.	CONTROL DEL FLUJO DE TRABAJO	56
3.2.3.4.1.	BALANCE DE CARGA Y CAPACIDAD (MATCHING LOAD AND CAPACITY)	57
3.2.3.4.2.	SISTEMA DE ARRASTRE (PULL SYSTEM)	57
3.2.3.5.	SE PUEDE, SE DEBERÍA, SE HARÁ	58
3.2.3.6.	LAST PLANNER SYSTEM FOR PRODUCTION CONTROL	62
3.2.3.7.	ESTRUCTURA DE LAST PLANNER	65
3.2.3.7.1.	PROGRAMACIÓN MAESTRA (MASTER SCHEDULING).....	65
3.2.3.7.2.	PLANIFICACIÓN POR FASES (PHASE SCHEDULE)	66
3.2.3.7.3.	PLANIFICACIÓN INTERMEDIA (LOOKAHEAD PLANNING).....	70
3.2.3.7.4.	PLAN DE TRABAJO SEMANAL (WEEKLY WORK PLAN).....	75
3.2.3.8.	COMPONENTES DE LAST PLANNER	82
3.2.3.8.1.	RESERVA DE TRABAJO EJECUTABLE (WORKABLE BACKLOG).....	82
3.2.3.8.2.	ASIGNACIONES DE CALIDAD (AC).....	83
3.2.3.8.3.	ANÁLISIS DE RESTRICCIONES (CONSTRAINTS ANALYSIS).....	84
3.2.3.8.4.	PORCENTAJE DE PROGRAMA COMPLETO (PPC)	85
3.2.3.8.5.	RAZONES DE NO CUMPLIMIENTO (RNC)	86
3.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	91



CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL LAST PLANNER.....	93
4.1. CASO I: EMPRESA 1	93
4.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	93
4.1.2. ORGANIGRAMA PARA EL PROYECTO DE LA EMPRESA CONTRATISTA.....	93
4.1.3. PROPUESTA DE USO DE LAST PLANNER SYSTEM.....	94
4.1.4. APLICACIÓN DEL SYSTEM LAST PLANNER	94
4.1.4.1. FASE 1: ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS	95
4.1.4.2. FASE 2: INDUCCIÓN.....	95
4.1.4.3. FASE 3: APLICACIÓN DEL LPS	97
4.1.4.3.1. PLAN MAESTRO.....	97
4.1.4.3.2. PLANIFICACIÓN POR FASES.....	98
4.1.4.3.3. PLANIFICACIÓN INTERMEDIA (LOOKAHEAD).....	98
4.1.4.3.4. PLANIFICACIÓN SEMANAL	99
4.1.4.4. FASE 4: EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....	99
4.1.4.4.1. PORCENTAJE PLANIFICADO COMPLETO (PPC).....	99
4.1.4.4.2. CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO	100
4.1.4.4.3. ANÁLISIS DE RESTRICCIONES	101
4.1.4.4.4. CURVA "S"	102
4.2. CASO II: EMPRESA 2	103
4.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	103
4.2.2. ORGANIGRAMA PARA EL PROYECTO DE LA EMPRESA CONTRATISTA.....	103
4.2.3. PROPUESTA DE USO DE LAST PLANNER SYSTEM.....	104
4.2.4. APLICACIÓN DEL SYSTEM LAST PLANNER	104
4.2.4.1. FASE 1: ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS	104
4.2.4.2. FASE 2: INDUCCIÓN.....	105
4.2.4.3. FASE 3: APLICACIÓN DEL LPS	105
4.2.4.3.1. PLAN MAESTRO.....	105
4.2.4.3.2. PLANIFICACIÓN POR FASES.....	105
4.2.4.3.3. PLANIFICACIÓN INTERMEDIA (LOOKAHEAD).....	106
4.2.4.3.4. PLANIFICACIÓN SEMANAL	106
4.2.4.4. FASE 4: EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....	106
4.2.4.4.1. PORCENTAJE PLANIFICADO COMPLETO (PPC).....	107
4.2.4.4.2. CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO	107
4.2.4.4.3. ANÁLISIS DE RESTRICCIONES	108



4.2.4.4.4. CURVA "S"	109
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	110
5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	110
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	112
5.1.1. CONCLUSIONES	112
5.1.2. RECOMENDACIONES	113
BIBLIOGRAFÍA.....	114
ANEXOS	116



CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

El rubro de la construcción viene creciendo significativamente en el Perú debido al déficit de infraestructura existente. Sin embargo, la mayoría de empresas y/o consorcios se rige por un sistema de construcción tradicional, con procedimientos constructivos ineficientes lo que nos limita como país a crecer con mayor velocidad. Al bajo nivel de productividad se suma el problema de la seguridad laboral del sector. Estos indicadores nos permiten visualizar la poca evolución que ha tenido el sector construcción en el Perú a pesar de su apogeo económico. (CAD, 2017)¹

La planificación y ejecución de los proyectos de construcción en el Perú está en el proceso de cambio, su implementación está acompañada de un avance tecnológico y toma como modelo a la industria manufacturera, para incorporar técnicas, herramientas y filosofías que han sido exitosas, estas innovaciones no obstante ha tomado tiempo en que sean adoptadas por la industria de la construcción. Sin embargo, la industria manufacturera ha continuado en la exploración permanente de técnicas, herramientas y principios que permitan su modernización. Esa búsqueda permanente ha generado una nueva visión de la producción, “la nueva filosofía de producción”. (CAD, 2017)

Lo anterior ha dado origen a una adaptación en la construcción, el nuevo modelo denominado Lean Construction (construcción sin pérdidas), propuesto por Lauri Koskela (1992), donde analiza los principios y las aplicaciones del JIT(Justo a tiempo) y TQM(control total de la calidad) en la industria de la construcción, Lean Construction introduce principios que cambian el marco conceptual de la administración del mejoramiento de la productividad y enfoca todos los esfuerzos a la estabilidad del flujo de trabajo. (CAD, 2017)

Mediante el enfoque Lean Construction se ha desarrollado diversas herramientas tendientes a reducir las pérdidas a través del proceso productivo. Una de estas herramientas de planificación y control fue diseñado por Ballard y Howell el sistema denominado el Último Planificador (Last Planner System). El método incluye la definición de unidades de producción y el control del flujo de actividades, mediante asignaciones de trabajo. Adicionalmente facilita

¹ CAD AMAZONÍA, (marzo, 2017). *Introducción a la Filosofía Lean Construction (Boletín II)*. Pág. 1-2. Lima, Perú.



la obtención del origen de los problemas y la toma oportuna de decisiones relacionada con los ajustes necesarios en las operaciones para tomar acciones a tiempo, lo cual incrementa la productividad. (Botero, L. & Álvarez, M., 2004)²

La aplicación continua del Sistema Last Planner en una obra de construcción, incrementa significativamente la confiabilidad de su planificación. Esto permite al Ingeniero residente, conjuntamente con todo el equipo de obra planifique “considerando solo lo que pueda hacerse, y no lo que deba realizarse” (Barría, C. 2009), para así eliminar una gran cantidad de pérdidas ocasionadas por la incertidumbre y la alta variabilidad, típicas de los procesos constructivos. La implementación del Sistema Last Planner necesita de un compromiso de todos los involucrados con la nueva filosofía LEAN. Orihuela, P. & Ulloa, K. (2011)³

Se implementó el sistema en la construcción de un edificio habitacional de mediana altura durante 11 semanas para ver los efectos en el proyecto y se controlaron las tres principales especialidades de la obra gruesa: instalación del encofrado, acero y concreto, se tomó registro semanal del avance físico y de la productividad de estas tres especialidades y concluyó que el sistema de planificación “Last Planner” posee aspectos positivos. (Díaz, D. 2007)⁴. En este sentido, el trabajo de investigación brinda un importante análisis de restricciones, PAC (porcentaje de asignaciones completas) y Causas de No Cumplimiento (CNC) a partir de ello, se brindan recomendaciones como acciones correctivas y preventivas para otros proyectos. (Herrera, O. & Sánchez, J. 2016)⁵

1.1.2. FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA

En la ejecución de proyectos de construcción civil muchas empresas y/o consorcio piden ampliación de plazos tanto en sector público como en lo privado debido a que no terminan el proyecto en el tiempo establecido, las causas son diversas, pero uno de los muchos que pueda haber es la falta de una buena planificación esto hace que se incumpla los plazos de construcción, y la necesidad de prórrogas o la búsqueda de justificaciones para aumentar estos

² BOTERO BOTERO, L. & ÁLVAREZ VILLA, M. (2004). *Last Planner Sistema del último planificador*, Pág. 2. recuperado de: mmellado.ublog.cl/Archivos/19636/last_planner.pdf

³ ORIHUELA, P. & ULLOA, K. (2011). *La Planificación de las Obras y el Sistema Last Planner*. Corporación Aceros Arequipa. Construcción Integral (Boletín N° 12), Pág. 1. Lima, Perú.

⁴ CASTAÑO JIMENEZ, P. (2012). *“Implementación del sistema de planeación y control “last planner” en el tramo 2b del corredor parcial de envigado para mejorar la confiabilidad y reducir la incertidumbre en la construcción”*. (Tesis de Maestría en Ingeniería con énfasis en gestión de la construcción). Pág. 19. Universidad EAFIT; Medellín, Colombia.

⁵ HERRERA MAGNO, O. & SÁNCHEZ ROJAS, J. (2016). *“Análisis de restricciones y productividad utilizando el sistema Last Planner para mejorar el flujo de trabajo en el túnel de presión en la Central Hidroeléctrica Quitarcasa I-2015”*. (Tesis de Grado). Pág. 1. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú.



plazos no sólo afecta la credibilidad de las empresas del sector exponiéndolas a sobrecostos que lesionan sus utilidades, para evitar retrasos y/o ampliaciones, se requiere de un sistema integral de planificación y control de manera coordinada entre el área técnica, administrativa y financiera de tal forma que se garantice la optimización de recursos, cumplimiento de plazos en términos de calidad y satisfacción del cliente; en general de todos y cada uno de los actores del proceso.

Otro de los factores en el incumplimientos de plazos es que son observados por los clientes que los trabajos son poco productivo y de baja calidad las estructuras, dada la baja especialización y/o profesionalismo que poseen los trabajadores del sector. Por ejemplo, es muy común en obra que los materiales necesarios para ejecutar una actividad no se encuentren disponibles en terreno al momento de necesitarlos, lo cual es completamente predecible ya que se puede saber con cierta antelación cuándo se dará inicio a la actividad y qué es lo que necesitamos para poder llevarla a cabo.

Un buen sistema de planificación mejora en gran manera los inconvenientes nombrados anteriormente. Durante mucho tiempo se han aplicado métodos de planificación tradicionales, los cuales sin duda han sido de gran ayuda durante muchas décadas. En ellos está la esencia de la planificación como tal, por lo que nunca hay que olvidar estos fundamentos. Sin embargo, los grandes cambios que han experimentado los proyectos de construcción han acarreado cambios en los métodos constructivos, lo cual es completamente esperable ya que con el desarrollo de nuevos avances tecnológicos se ha logrado modernizar bastante el sector. Estos cambios han acarreado nacimientos de nuevos métodos de planificación, que tratan de adaptarse de mejor manera a los cambios de la industria. Además podemos encontrar un sistema de planificación que en teoría es muy eficaz; pero eso no quiere decir que en la práctica también lo sea, para ello evaluaremos la implementación del "Last Planner System". Díaz, D. (2007)⁶

1.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La formulación del problema será de lo general a lo específico.

⁶ DÍAZ MONTECINO, D. (2007). *"Aplicación del Sistema de Planificación 'Last Planner' a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura"*. (Tesis de Grado).pág.6. Universidad de Chile. Santiago, Chile.



1.2.1. GENERAL

¿En qué medida mejorará el control de producción en un proyecto de construcción civil por contrata, al implementar el Last Planner System?

1.2.2. ESPECIFICO

P1: ¿Cuál es el comportamiento de la producción al implementar Last Planner System (LPS) en el proyecto de construcción civil por contrata?

P2: ¿Qué grado de satisfacción muestra el cliente al implementar Last Planner System (LPS) en el proyecto de construcción civil por contrata?

1.3.OBJETIVOS

Los objetivos son respuestas a la formulación del problema.

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general es: “Mejorar el control de producción en un proyecto de construcción civil por contrata, con la implementación del Last Planner System”

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICO

Como objetivos específicos tenemos los siguientes:

O1: Incrementar las unidades de producción de un proyecto de construcción civil por contrata, con la aplicación continua del Last Planner System (LPS).

O2: Determinar el grado de satisfacción del cliente respecto a la implementación del Last Planner System (LPS) de un proyecto de construcción civil por contrata.

1.4.JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.4.1. JUSTIFICACIÓN

Una de las principales falencias que presenta los proyectos de construcción hoy en día es la dificultad que tienen para cumplir los plazos previamente establecidos, convirtiéndose en una actividad caracterizada por grandes deficiencias y falta de efectividad. La principal causa radica en que los proyectos de construcción son un conjunto de disciplinas interrelacionadas entre si y lograr un adecuado trabajo en conjunto es complejo. Este es un problema siempre presente en el rubro de la construcción y es por esto que las empresas constructoras y/o consorcios buscan aplicar distintas metodologías que puedan mejorar este proceso, destinando muchos recursos en ello. Sin embargo, pese al permanente desarrollo de estas herramientas, aún presentan falencias. Si no fuera así el problema de los plazos estaría solucionado y no sería



un dolor de cabeza para las empresas constructoras y/o consorcios que ejecutan proyectos Civiles.

1.4.2. IMPORTANCIA

De aquí surge la importancia de investigar este tema de trabajo con título **“Implementación del Last Planner System para mejorar el Control de Producción en un Proyecto de Construcción Civil Ejecutada por Contrata”**; con el fin de tener una herramienta poderosa y adaptada a la realidad para mejorar el control de producción y lograr la satisfacción del cliente y la propia organización.

La presente Investigación se realizará por un periodo de **catorce semanas** en campo; El reporte de los resultados se muestra en el avance físico del proyecto en la Curva “S”.

1.5.LIMITACIONES

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

Empresa: El caso estudiado corresponde a dos proyectos ejecutado por empresas diferentes, la cual presenta características particulares de tamaño, cultura organizacional y modelo de negocio.

Número de casos: Los resultados de la investigación abarcarán la experiencia de la implementación en dos proyectos, con sus condicionantes y alcances específicos que los diferencian entre si y respecto a otros proyectos.

1.6.ALCANCE

El alcance de esta investigación comprende todo lo necesario al Sistema de Gestión en la Construcción con base teórica de la filosofía de Lean Construcción en dos empresas con diferentes proyectos, ejecutados en Regiones diferentes.

1.7.HIPÓTESIS, VARIABLES, INDICADORES Y DEFINICIONES OPERACIONALES

1.7.1. HIPÓTESIS

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se estableció la siguiente hipótesis.

1.7.1.1.GENERAL

La hipótesis general (Hi) es; Si se implementa Last Planner System (LPS), entonces mejorará el control de producción de un proyecto de construcción civil ejecutada por contrata.



La hipótesis general (Ho) es; Si se implementa Last Planner System (LPS), entonces no mejorará el control de producción de un proyecto de construcción civil ejecutada por contrata.

1.7.1.2.ESPECÍFICOS

Las hipótesis específicas son:

- ✓ Hi1: La aplicación continua del Last Planner System (LPS), permite controlar mejor el avance del proyecto debido al cumplimiento de los objetivos en el proyecto.

Ho1: La aplicación continua del Last Planner System (LPS), no permite controlar mejor el avance del proyecto debido al cumplimiento de los objetivos en el proyecto.

- ✓ Hi2: La implementación del Last Planner System (LPS) satisface las expectativas del cliente y la organización.

Ho2: La implementación del Last Planner System (LPS) no satisface las expectativas del cliente y la organización.

1.7.2. VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES

A continuación se presenta las variables independientes y variables dependientes, asimismo también la función que existe entre ellos.

VARIABLE INDEPENDIENTE

- ✓ Last Planner System

VARIABLE DEPENDIENTE

- ✓ Control de producción
- ✓ Satisfacción del cliente y la organización

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
Last Planner System	Planificación de Obra.	- PPC (Porcentaje de Plan Cumplido) - CNC (Causas de No Cumplimiento) - Análisis de Restricciones - Asignaciones de Calidad.	- Plan Maestro. - Planificación por fases. - Planificación anticipada (Lookahead). - Plan Semanal. - Inventario de Trabajo Ejecutable.
Control de producción	Cumplimiento de Objetivos.	- Control del flujo de producción. - Control de unidades de producción.	- Observación
Satisfacción del Cliente y la organización	Confiabilidad de la planificación	- Porcentaje de avance físico del proyecto.	- Curva "S"

Cuadro N° 01.- Representación variables, dimensiones e indicadores (Fuente: Propia)

1.7.3. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES

A continuación se presenta el diseño operacional de la investigación.

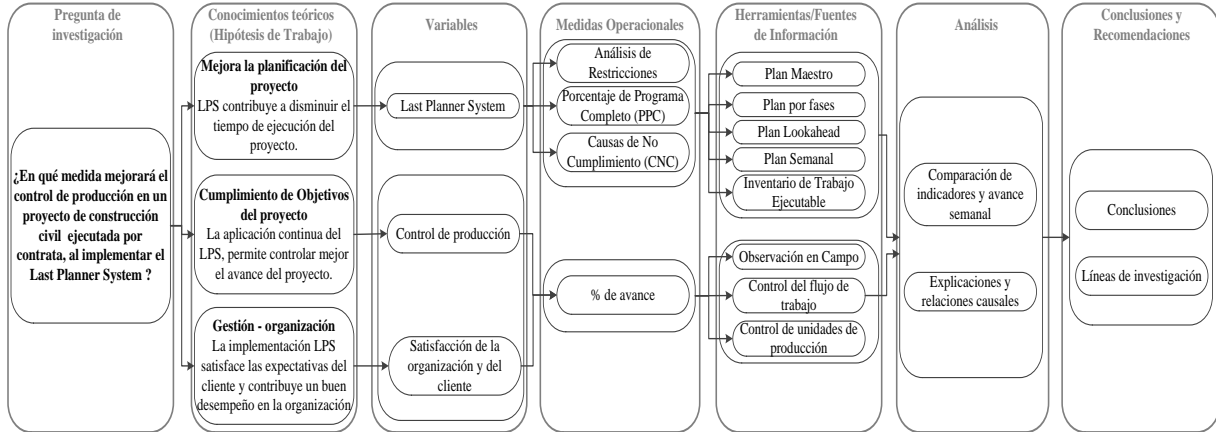


Figura N° 01.- Representación gráfica de la definición operacional (Fuente Propia).

CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO

2.1. NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

2.1.1. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación sobre **“Implementación del Last Planner System para mejorar el Control de Producción en un Proyecto de Construcción Civil Ejecutada por Contrata”**, el nivel de investigación es **Explicativa**, es aquella que tiene relación casual; no sólo persigue describir a un problema, sino que intenta encontrar las causas del mismo (Hernández, M. 2012).

2.1.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación sobre **“Implementación del Last Planner System para mejorar el Control de Producción en un Proyecto de Construcción Civil Ejecutada por Contrata”**, el tipo de investigación es **Aplicada**, busca confrontar la teoría con la realidad. (Tamayo, M. 1999)

2.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

A partir de la definición metodológica se establece el diseño de la investigación. El objetivo es definir la lógica que vincula las preguntas iniciales de la investigación, las proposiciones teóricas, variables, medidas operacionales, herramientas, fuentes de

información, análisis y finalmente conclusiones y recomendaciones (Yin, 1994).

Se establece el plan de acción para mejorar el control de producción en proyectos de construcción civil ejecutada por contrata, con la implementación de LPS. A continuación se grafica la estructura general del trabajo que se va usar como diseño de campo (investigación empírica) con enfoque cuantitativo, correlacionados mediante un “**diseño de caso**”, estudio exclusivo de uno o muy pocos objetos, lo cual permite conocer en forma amplia y detalla de los mismos (Tamayo, M. 1999)

El proyecto de investigación se desarrollara de acuerdo al Anexo I, y se presentará de acuerdo al Anexo II del Reglamento de Grados y Títulos de la FIC y A.

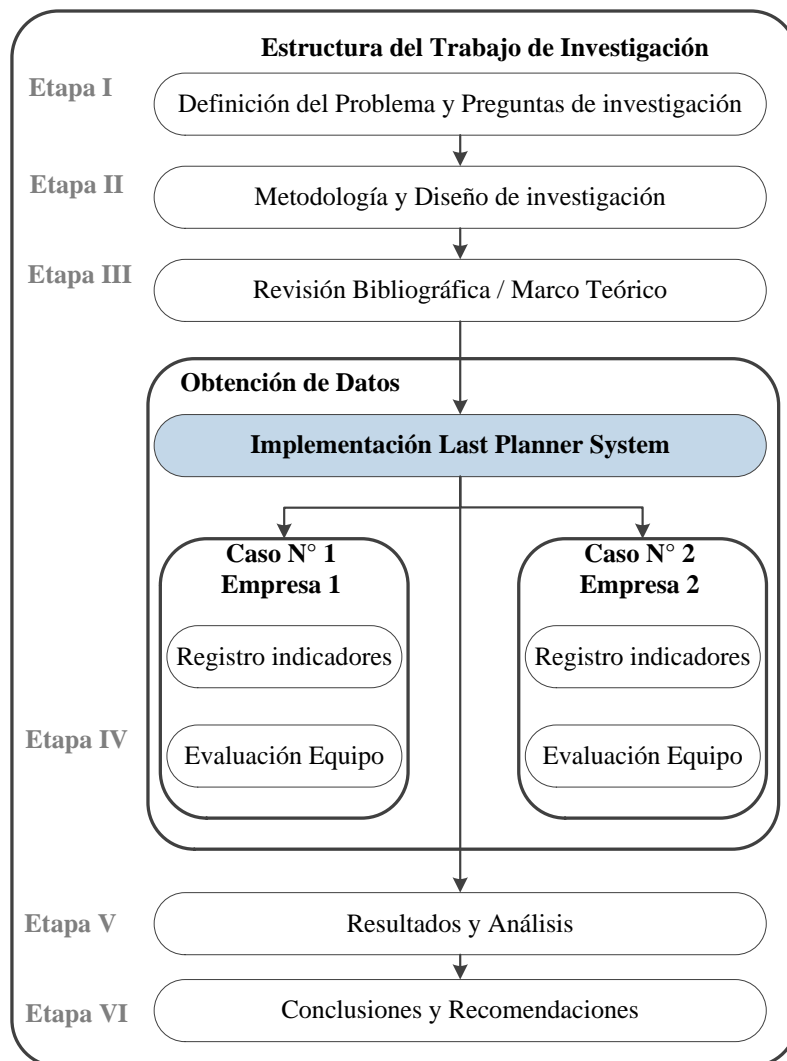


Figura N° 02.- Representación gráfica del diseño de investigación (Fuente: Propia).

En nuestro caso, las empresas donde se implantará el Last Planner System se encuentra en un crecimiento continuo y es la primera vez que usará la filosofía LEAN en uno de sus proyectos, de modo que empezaremos a definir un esquema del organigrama del personal en

obra y sus funciones para definir sus responsabilidades para poder asignar responsabilidades dentro del esquema del LPS. Por ello es que para la implementación de LPS se plantea unos pasos previos que los podemos resumir en estandarizar procesos y responsabilidades. (Miranda, D., 2012)

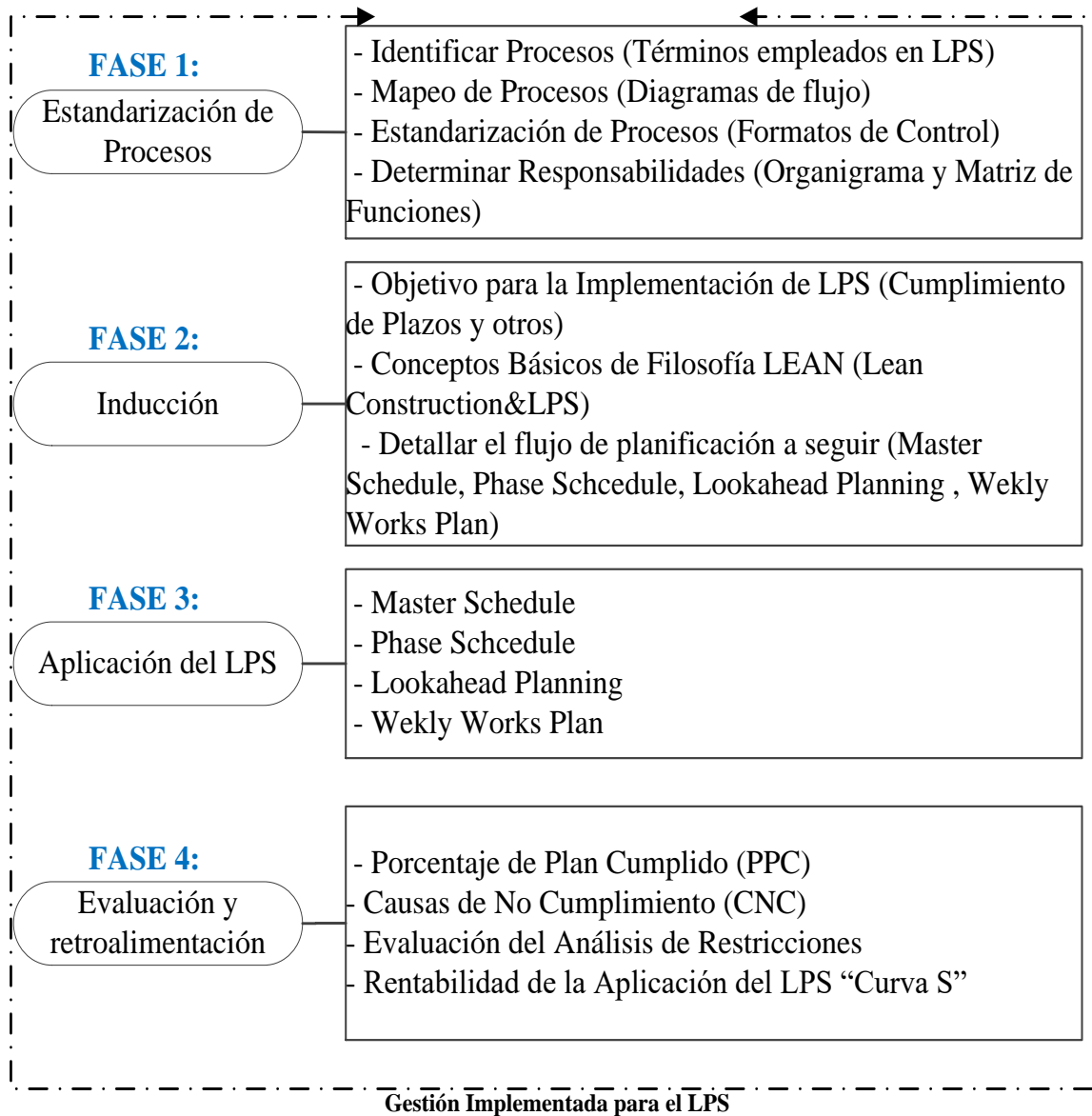


Figura N° 03.- Representación gráfica del Sistema de Gestión a Implementar.

(Fuente: Miranda, D. 2012)

2.3.UNIVERSO/ POBLACIÓN Y MUESTRA

En esta tesis no se utilizará la metodología UNIVERSO/POBLACIÓN Y MUESTRA, ya que la investigación es netamente aplicativa de gestión de proyecto y no estadística. Para superar esta limitación, utilizaremos la metodología de investigación denominada **“Estudio**



del Caso", en este tipo de metodología es muy difícil generalizar una población y se escogen generalmente porque representan situaciones dramáticas más típicas (Tamayo, M., 1999). En el estudio del caso la muestra y universo coinciden, ya que el estudio pretende describir un solo fenómeno orientada por información. (Flyvbjerg, B. 2006). Los tipos de contratos en los proyectos pilotos no serán tomados en cuenta, debido a que sólo involucra su sistema de gestión en obra en las empresas a implementar el LPS. Las características particulares de los proyectos pilotos son considerados en el equilibrio de cargas.

2.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS

2.4.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas de recolección se presentan de la siguiente manera:

- ✓ **Fuentes primarias:** En campo datos no experimentales (Encuesta, entrevista y la observación).
- ✓ **Fuentes Secundarias:** Análisis de datos (Vía webs "Libros, Revistas, Manuales, y otros"; vía bibliografías "Libros, tesis físicos").

El tratamiento de datos se procederá de la siguiente manera:

- ✓ **Fuentes primarias:** Revisión y validación de datos tomados en campo.
- ✓ **Fuentes secundarias:** Revisión de la información, para su validación y/o eliminación.

2.4.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, FUENTES

Los instrumentos de recolección de fuentes se mencionan de la siguiente manera:

Fuentes primarias: En campo (Informes semanales, Observación y Encuestas).

Fuentes Secundarias: Resúmenes para validación y/o eliminación.

2.5. PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS

2.5.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

El procesamiento de los datos se dará de acuerdo a la siguiente secuencia:

- ✓ Se elaborarán formatos de control para campo.
- ✓ Corrección de los datos tomados en campo si así lo requiere y posterior validación.
- ✓ Procesamiento de los datos de campo validados.
- ✓ Los datos procesados estarán en cuadros estadísticos generados en Microsoft office Excel, Word y/o Visio.



- ✓ Se procederá a realizar un informe en Microsoft office Word de todos los datos estadísticos para un mejor entendimiento.
- ✓ El informe realizado en Microsoft office Word, estará conforme con el perfil de la estructura de la tesis de acuerdo al Anexo II, del Reglamento de Grados y Títulos de la FIC y A.

2.5.2. PRESENTACIÓN DE DATOS

La presentación de datos obtenidos para dicho proyecto se dará de la siguiente manera:

- ✓ Se presentará un borrador a los jurados para su aprobación, luego encuadernado.
- ✓ Se presentará en formato PDF en un CD.
- ✓ Se presentará los formatos de campo para su validación en los anexos.

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

3.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIOS REALIZADOS

El sistema de control de producción "Last Planner" se ha implementado en un gran número de países desde 1992 (IGLC, Ballard, 1993), y el ritmo de aplicación ha aumentado notablemente tras la publicación en 1998 de "Producción Protegida" (Ballard y Howell, 1998). Para nuestro conocimiento, se ha implementado en los Estados Unidos, Reino Unido, Dinamarca, Finlandia, Indonesia, Australia, Venezuela, Brasil, Chile, Ecuador, Colombia y Perú. En algunos casos, ha dado resultados notables; por ejemplo, un aumento del 90% en el beneficio para un contratista peruano realizado la mayor parte de su trabajo de alquiler de maquinaria (GyM, 2002) (Ballard y Howell, 2014).

3.1.1. ESTUDIOS INTERNACIONALES

El sistema se comenzó a implementar en EE.UU. en el texto "The Last Planner System of Production Control" de Glen Ballard (2000) se relata cinco experiencias de implementación obtenidas entre los años 1998 y 1999. Uno de ellos es el proyecto "Construcción del Edificio de Química en Rice University, Houston, Texas", el sistema se implementó durante 29 semanas, comenzando el 25 de enero de 1999. La primera semana se obtuvo un P.A.C. de 52%, logrando mejorar y estabilizarse aproximadamente en la semana 8. Así el P.A.C. promedio obtenido fue de un 80%. Las principales C.N.C. fueron escasez de mano de obra y fallas en la liberación de prerrequisitos. El administrador del proyecto involucró a todos los subcontratos e incluso al mandante, quedando absolutamente claro que el compromiso es una herramienta



muy efectiva para lograr una buena implementación y, por ende, un mejoramiento en el proceso de planificación. El administrador logró una mejora en el P.A.C. mediante la utilización de incentivos sencillos. De acá podemos aprender que la incorporación y compromiso de todos los participantes del proyecto es esencial a la hora de implementar el sistema "Último Planificador". Además se ve que los incentivos pueden ayudar a lograr este compromiso de una manera más rápida y entretenida. (Díaz, D. 2007)⁷

Otras experiencias se han dado en Colombia; estudios realizados por Luis Fernando Botero Botero y Martha Eugenia Álvarez Villa, ambos pertenecientes al grupo de Investigación en Gestión de la Construcción de Colombia. El año 2003 se aplicó el sistema "Último Planificador" en proyectos de construcción en la ciudad de Medellín. Aquí participaron 7 empresas que respondieron a una convocatoria abierta hecha por el grupo de investigación. A cada proyecto se le revisó el programa maestro y se le elaboró una planificación intermedia para un horizonte de 5 semanas. Además, se realizó la planificación semanal con la participación de los últimos planificadores y semanalmente se realizaron reuniones de verificación de cumplimiento del programa semanal y causas de no cumplimiento. Se seleccionó un total de 12 obras representativas de los sistemas constructivos empleados en Medellín para construir viviendas. El tiempo de observación fue desde los 3 hasta los 9 meses. El P.A.C. promedio observado fue de un 75,5%. Sin embargo, hubo obras que obtuvieron un P.A.C. superior al 80% y ninguna mostró cifras inferiores al 60% como promedio. Entre las causas de no cumplimiento observadas primaron las fallas por parte del subcontratista y la falta de experiencia. Estos factores abarcan un 43.75% de las C.N.C., el resto son causas no controlables por la administración y que son inherentes a la incertidumbre del sector de la construcción, como por ejemplo, malas condiciones climáticas, fallas en el proveedor y cambios de diseño entre otros. En general se pudo observar que en la medida en que se avanza en la implementación del nuevo sistema, la confiabilidad aumenta. Esto es de esperar, ya que a medida que el tiempo pasa el equipo comienza a tener un mayor grado de conocimiento del sistema y el hecho de poder ver los progresos hace que el equipo se entusiasme más y desee continuar en la senda de la mejora. Al igual que en los otros casos mencionados, podemos ver que el compromiso es un pilar fundamental en la implementación exitosa de este sistema. (Díaz, D. 2007)

⁷ DÍAZ MONTECINO, D. (2007). *"Aplicación del Sistema de Planificación 'Last Planner' a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura"*. (Tesis de Grado).pág.47. Universidad de Chile. Santiago, Chile.



En Chile los estudios realizados por el “Centro de Excelencia de Gestión de Producción” (G.E.P.U.C.), perteneciente a la Pontificia Universidad Católica de Chile, donde Luis Fernando Alarcón Cárdenas es pionero de dar a conocer Lean Construction en empresas constructoras chilenas, desde el año 2000. Uno de los proyectos donde se realizó la implementación del Last Planner es el proyecto “Renovación del Edificio de la Marina de Chile”, el periodo de implementación se realizó entre el 23 de abril y el 14 de julio de 2001. Hay que destacar que era la primera vez que esta empresa realizaba mediciones del porcentaje de actividades completadas y el promedio que se observó fue de un 59%. Sin embargo, no todo el equipo participó en la implementación. Esto se ve reflejado en que la principal C.N.C. observada fue la mala planificación producto de que el programa semanal era impuesto por el administrador y no se logró materializar en un compromiso fiable de parte de los últimos planificadores. Esta causa alcanza el 46% del total de las C.N.C. De acá se puede desprender que es fundamental motivar la participación de los distintos estamentos involucrados en la obra para lograr un adecuado nivel de compromiso de parte de ellos. (Díaz, D. 2007)⁸

3.1.2. ESTUDIOS NACIONALES

El sistema se comenzó a implementar en Perú, en el texto “Productividad en Obras de Construcción: Diagnostico, crítica y propuesta” de Virgilio Ghio Castillo (2001) se relata cinco experiencias de implementación obtenidas entre los años 1998 y 1999. En 2002, Ballard y Howell implementaron en la empresa GyM sus resultados fueron notables con un aumento del 90% en el beneficio. (Ballard, 2014). Estudios posteriores remarcan que el uso de la filosofía Lean se viene implementando en gran mayoría en las empresas que construyen proyectos privados y uno de los retos de LCI es implementar en obras públicas.

Para su aplicación del Last Planner indica que el sistema parte de la tradicional programación maestra de toda la obra, la cual usa como un referente de hitos; luego, baja a una programación por fases, por ejemplo: excavaciones, cimentación, casco, instalaciones de agua y desagüe, entubados eléctricos, etc. (esto es lo que DEBERÍA hacerse); después abre una ventana de programación de 4 a 6 semanas (analizando lo que realmente se PUEDE hacer), denominado Lookahead, donde se aplica un análisis de restricciones; y finalmente, recién se pasa a una programación semanal(lo que finalmente se HARÁ), la cual será más confiable por

⁸ DÍAZ MONTECINO, D. (2007). “*Aplicación del Sistema de Planificación ‘Last Planner’ a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura*”. (Tesis de Grado).pág.48. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

haber sido liberado de sus restricciones. Una vez realizado los trabajos (lo que se HIZO), los planificadores son retroalimentados con el Porcentaje de Planificación Cumplida (PPC) y con las Razones de No Cumplimiento (RNC), y es como se muestra a continuación. Orihuela, P. &Ulloa, K. (2011)⁹

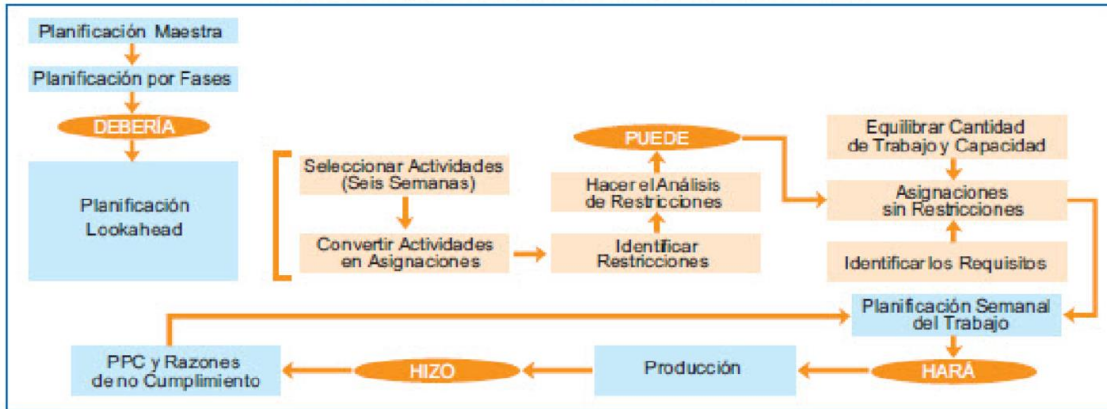


Figura N° 04.- Esquema del Procedimiento del Sistema Last Planner.

Mostrada el cuadro anterior, muestra una planificación maestra, que consiste en plantear los hitos que se requieren para cumplir con los objetivos propuestos. Aquí se trabaja a nivel de grupos de actividades (fases) y se hace la programación para todo el proyecto. Esta programación puede estar sujeta a modificaciones y ajustes de acuerdo al estado del proyecto (comienzos, secuencias, duración, etc)

ACTIVIDAD	MESES							
	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.
Obras Provisionales	♦							
Movimientos de Tierras			S2 ♦					
Calzaduras			S2 ♦					
Cimentación			S2 ♦					
Muro de Contención				S2 S1 ♦				
Columnas y Placas				S2 S1 1P ♦	2P 3P 4P ♦	5P 6P 7P ♦		
Vigas y Losas				S2 S1 1P ♦	2P 3P 4P ♦	5P 6P 7P ♦		
Tabiquería					1P ♦	S2 2P 3P ♦	4P 5P ♦	6P 7P ♦
Tarrajeos						S1 1P 2P ♦	3P 4P ♦	5P 6P ♦
Pisos					S2 ♦		1P 2P ♦	3P 4P ♦

Figura N° 05.- Programación Maestra de toda la Obra.

Para realizar la planificación por fases, consiste en detallar las actividades que serán necesarias para ejecutar una fase del proyecto. En este tipo de planificación se usa la Técnica del Pull, para lo cual se recomienda la programación reversa, es decir, se trabaja de atrás (actividades final de una fase) hacia adelante (actividad inicial de la fase). Esto ayuda a

⁹ ORIHUELA, P. & ULLOA, K. (2011). *La Planificación de las Obras y el Sistema Last Planner*. Corporación Aceros Arequipa. *Construcción Integral (Boletín N° 12)*, Pág. 2-4 Lima, Perú.



determinar los trabajos que son necesarios para cumplir el objetivo de la fase.

Los involucrados deben reunirse para llevar a cabo la planificación de estas actividades. Una práctica recomendada por el Lean es trabajar en una pizarra con la ayuda de "post it" donde se escriben las tareas que deben ejecutar o que otros deben hacer para cumplir un objetivo. Estos son pegados y ordenados de acuerdo a la secuencia de trabajo. Asimismo, una vez que se ha planteado la secuencia, se comienza a calcular la duración del trabajo. Se debe buscar que los tiempos que se den sean lo suficientemente holgados para absorber cualquier variabilidad. Los beneficios de esta parte de la programación son:

- ✓ El equipo entiende mejor el proyecto
- ✓ El equipo tiene la oportunidad de conocerse más.
- ✓ Cada miembro sabe lo que los otros necesitan para llevar a cabo sus tareas.
- ✓ Todos entienden lo que se debe hacer y cuándo hay que hacerlo.

En la planificación de lookahead, en este nivel la planificación se trabaja con actividades que abarcan un periodo de 4 ó 6 semanas. Los "Last Planners" seleccionan y disgregan las actividades en asignaciones, para posteriormente hacer un análisis de restricciones. El objetivo es producir asignaciones liberadas y listas para poder programarse semanalmente. Los pasos que se deben seguir son los siguientes:

- ✓ Seleccionar que las actividades que se sabe que se podrían realizar cuando se programen. Tomar en cuenta si existen cambios en el diseño, temas sin resolver, disponibilidad de materiales y la probabilidad de que las actividades previas puedan ser terminadas cuando se necesiten.
- ✓ Dividir las actividades en asignaciones. Una asignación es una orden directa de trabajo y, por lo tanto, es el nivel más bajo de la planificación.
- ✓ Analizar las restricciones, proceso que se realiza para saber si las asignaciones pueden ejecutarse cuando se han programado. Se divide en dos:
 - a) Identificar las restricciones, adelantándose a seleccionar las posibles causas que pudieran hacer que una actividad no se realice.
 - b) Analizar las restricciones, que consiste en ver si se tiene la información suficiente, etc. Solo pueden avanzar en las semanas y entrar en la programación aquellas asignaciones que se encuentren listas y sin restricciones.
- ✓ Mantener un grupo de asignaciones denominado "trabajo de reserva", el cual es un "buffer" para mantener la eficiencia de la labor si las actividades planeadas no se



pueden ejecutar o si el personal termina antes de lo previsto.

- ✓ Equilibrar la cantidad de trabajo por hacer con la capacidad que tiene en obra.
- ✓ Listar los requisitos que se deben tener en cuenta para ejecutar las asignaciones en la semana que se han programado.

Los factores a tomar en cuenta en el análisis de restricciones son: el cumplimiento de las tareas precedentes, el diseño y especificaciones de los detalles constructivos, la disponibilidad de componentes y materiales, la disponibilidad de mano de obra, de equipo, de espacio y la consideración de posibles impedimentos por condiciones externas.

ACTIVIDAD	ENERO																																					
	SEM 11-01							SEM 11-02							SEM 11-03							SEM 11-04																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31							
Columnas y Placas																																						
Fierro Columnas y Placas																																						
Encofrado Columnas y Placas																																						
Concreto Columnas y Placas																																						
Losas, Vigas y Escaleras																																						
Fierro Losas, Vigas y Escalera																																						
Encofrado Losas, Vigas y Escalera																																						
Ladrillo de Techo																																						
Concreto Losas, Vigas y Escalera																																						

Figura N° 06.- Programación Lookahead.

La planificación semanal, de las actividades y asignaciones que se tienen listas, se deben seleccionar aquellas que entrarán en la ventana de programación semanal. Se debe tener en cuenta la prioridad, la secuencia del trabajo y si se tienen en campo todos los recursos. La siguiente figura muestra un formato típico de una programación semanal, la cual entrega actividades liberadas luego de la aplicación de un “análisis de restricciones”.

ACTIVIDAD	ENERO					Und	Metrado	RESTRICCIONES					Liberado		
	Sem 11-03							Información	Actividad Precedentes	Espacio	Mano de obra	Material		Equipos	Condiciones Externas
	17	18	19	20	21										
Columnas y Placas															
Fierro Columnas y Placas						kg	4,000	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	
Encofrado Columnas y Placas						m ²	250	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	
Concreto Columnas y Placas						m ³	23	ok	ok	ok	ok	Falta agregados	ok	ok	
Losas, Vigas y Escaleras															
Fierro Losas, Vigas y Escalera						kg	2,900	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	
Encofrado Losas, Vigas y Escalera						m ²	255	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	
Ladrillo de Techo						und	2,900	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	
Concreto Losas, Vigas y Escalera						m ³	70	ok	ok	ok	ok	Falta agregados	ok	ok	

Figura N° 07.- Programación semanal y análisis de restricciones.

El PPC y RNC, consiste en medir la efectividad de la programación usando un indicador como el PPC (Porcentaje de Planificación Cumplida) y también se deben identificar las

Razones de No cumplimiento. Esto último sirve para conocer cuáles son las razones que más se repiten y poder corregirlas para las siguientes semanas (proceso de retroalimentación). La siguiente figura muestra un ejemplo de 4 semanas y sus respectivas razones de no cumplimiento.

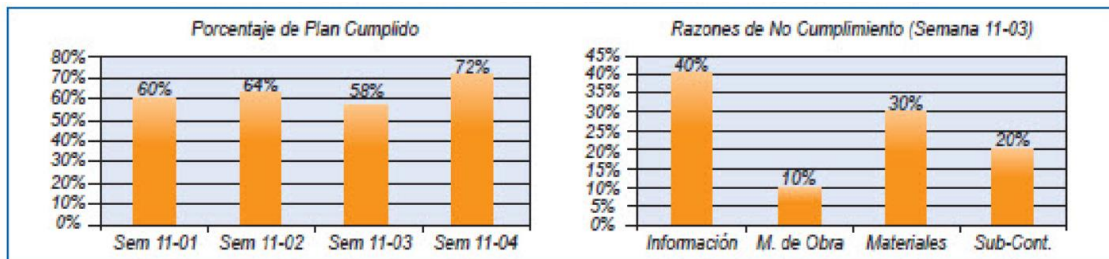


Figura N° 08.- Porcentaje de planificación Cumplida y Razones de No Cumplimiento.

La implementación del Sistema Last Planner no necesita de un despliegue de gran tecnología ni de adquisiciones costosas, requiere sobre todo de un entendimiento que las formas tradicionales de planificación no son las mejores y de un compromiso de todos los involucrados con la nueva filosofía LEAN.

La aplicación continua del sistema Last Planner en una obra de construcción, incrementa significativamente la confiabilidad de su planificación. Esto permite al ingeniero residente, conjuntamente con todo el equipo de obra, eliminar una gran cantidad de pérdidas ocasionadas por la incertidumbre y la alta variabilidad, típicas de los procesos constructivos.

3.1.3. ESTUDIOS LOCALES

En los estudios locales realizados en cuanto al "Lean Construction", indican que es una filosofía de trabajo que permite entender al sistema productivo en función de las Pérdidas que se generan en esta, perjudicando el nivel de productividad. Por lo que el mejoramiento del sistema productivo en cuanto a productividad se refiere, se emprende, controlando los dos aspectos (flujos y conversiones) presentes en el sistema; apuntando a la identificación, reducción y eliminación de toda fuente de pérdida, y, al incremento del valor del producto final. De todo lo mencionado, no se encontró el resultado esperado, que fue mejorar el nivel de productividad en la obra por ejecución presupuestaria directa, debido a los inconvenientes mencionados, principalmente debido a un tipo de pérdida identificado como "Pérdidas por



influencias Externas”(Bernardo, D. 2006)¹⁰

La implementación del sistema Last Planner en una obra de construcción, no sólo enseña los principios de la Filosofía de Lean Contrucción, sino identificar 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., todo con el propósito de tener una visión más amplia de lo que es un proyecto como conjunto. (Ortega, C. 2017)¹¹

Se viene realizando otras investigaciones sobre “Lean Construction”, y metodologías como el BIM que como tendencia busca integrarse al Sistema Lean para lograr una mejor optimización en los proyectos en forma conjunto con el PMBOOK que son fundamentales para la planificación en Obra.

3.2.BASES TEÓRICAS

3.2.1. PLANIFICACIÓN TRADICIONAL

Según Gregorio Azocar en su texto “Planificación de Obras”, define la planificación “es un instrumento que tiene como objeto permitir tomar decisiones racionales y oportunas en base a hechos y posibles repercusiones que las decisiones tomadas puedan acarrear”, y está, consta de tres fases como se muestra en la figura: (Díaz, D. 2007)¹²

¹⁰ BERNARDO CHÁVEZ, D. (2006). *“Mejoramiento de la Productividad aplicando los principios de la Construcción sin Pérdidas en una Obra Civil por Ejecución Presupuestaria Directa”*. (Tesis de Grado). Pág. 216. Universidad Nacional “Hermilio Valdizan”, Huánuco, Perú.

¹¹ ORTEGA URDANÍVIA, C. (2017). *“Aplicación de los Conceptos de la Filosofía Lean Construction para Mejorar la Productividad de Pavimentos Rígidos”*. (Tesis de Grado).Pág. 129 Universidad Nacional “Hermilio Valdizan”, Huánuco,Perú.

¹² DÍAZ MONTECINO, D. (2007). *“Aplicación del Sistema de Planificación ‘Last Planner’ a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura”*. (Tesis de Grado).pág.23. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

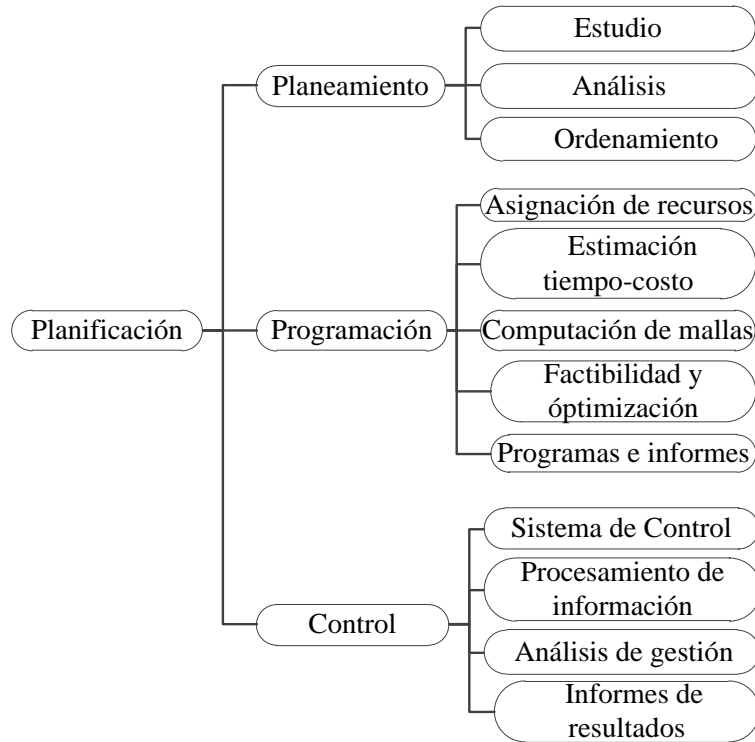


Figura N° 09.- Esquema del concepto de planificación (*"Planificación de Obras"*, Gregorio Azózar).

El modelo tradicional de planificación basado en investigaciones realizado en el Centro de Excelencia en Gestión de Producción de la Pontificia Universidad Católica (G.E.P.U.C.) es:

- ✓ La planificación en general se basa en la experiencia del administrador y es una tarea particular difícil en este rubro, ya que debe ser hecha bajo condiciones inciertas y sin la cantidad de información necesaria.
- ✓ El traspaso de información comúnmente se realiza en forma verbal y abarca aspectos de corto plazo, descuidando el largo plazo.
- ✓ El proceso de control se focaliza en actividades, despreocupándose de las unidades productivas. Hay ocasiones en que el origen de los problemas generados en una actividad provienen de las cuadrillas y si no se realiza un seguimiento y control al desempeño de ellas, difícilmente se tomaran acciones correctivas adecuadas y a tiempo.
- ✓ El hacer una programación detallada a largo plazo es innecesario en este sector debido a la gran incertidumbre existente. Esta característica es inherente a la construcción, por lo que deberemos evitar perder el tiempo planificando con un grado de detalle pues inevitablemente habrá que reprogramar.

En general, el modelo de planificación tradicional utilizado se basa en el concepto de transformación, ya que no considera todas las actividades de flujo que existen entre actividades

de transformación. La idea se resume en que a lo planificado se le asigne recursos y la actividad se ejecuta según el programa realizado.

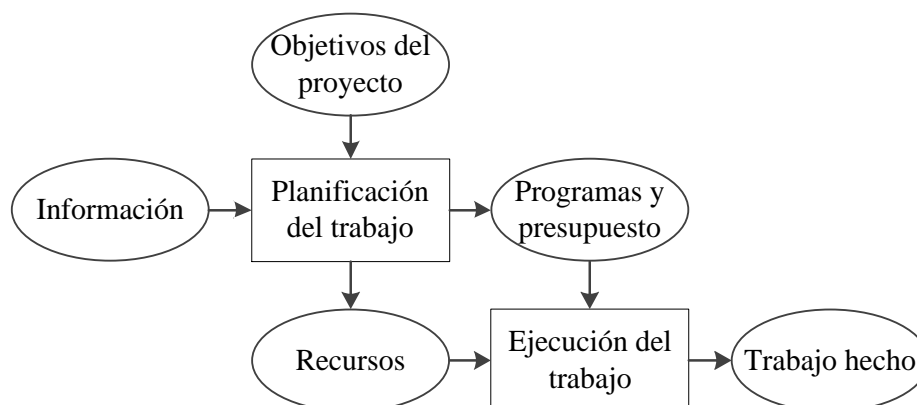


Figura N° 10.- Modelo de planificación tradicional

Como podemos ver en el anterior cuadro, los recursos asignan a las actividades programadas; pero no se considera que hay actividades que no podrán ser realizadas aunque estén programadas. Esto debido a que puede faltar algún requisito previo que impida su ejecución en la fecha de inicio programada. Entonces ahí empieza el problema, ya que al considerar en el programa semanal actividades que no podrán ser ejecutadas se generará un atraso en toda la cadena productiva que sigue a esta actividad, además de tener gente ociosa. El problema de fondo es que no se está diferenciando lo que se puede hacer con lo que se debe hacer. Si asigno recursos a lo que debo de hacer, estoy cometiendo este error y lo que hay que hacer es asignar los recursos a lo que puedo hacer.

La forma de planificar se basa en elaborar una programación general de toda la obra, con un gran detalle desde su inicio hasta su fin, usando las conocidas técnicas PERT, CPM, etc., que por lo general, al estar hechas desde el escritorio, representan un buen deseo de lo que DEBERÍA hacerse; sin embargo, todos sabemos que por diversos motivos, conforme la obra avanza, se van generando grandes diferencias con lo que realmente se HIZO. Existen diversos motivos por los cuales esta planificación tradicional no se cumple (Ballard, 1994) Orihuela, P. & Ulloa, K. (2011),

- ✓ La planificación tradicional se basa en la destreza del ingeniero a cargo de la programación de la obra.
- ✓ Se mide lo realizado contra lo programado en la obra, pero no se mide el desempeño de la habilidad y la destreza para planificar.
- ✓ Esto último conlleva a que no se analicen los errores de la planificación y sus causas, y por lo tanto a que no se genere un aprendizaje.



Los problemas típicos del modelo tradicional de la gestión integral de proyectos, desde su fase inicial de diseño hasta su ejecución, uso y mantenimiento (Pons, J. ,2014), incluyen:

- ✓ Escasa formación y experiencia en los nuevos sistemas de gestión y planificación de obras.
- ✓ Control de calidad ineficaz basado en métodos estadísticos que están lejos de garantizar el 100% de la calidad.
- ✓ Escaso rigor en el cumplimiento de las medidas de seguridad.
- ✓ Errores y omisiones en proyectos.
- ✓ Falta de interés en la formación y capacitación de los trabajadores.
- ✓ Falta de coordinación entre los actores intervinientes en las diferentes etapas del proyecto.
- ✓ Falta de transparencia y comunicación entre las partes interesadas.
- ✓ Baja productividad comparada con otras industrias.

3.2.2. FILOSOFÍA LEAN

3.2.2.1. INTRODUCCIÓN

El lean Lexicon¹³ define Lean production o producción ajustada como un sistema de negocio, desarrollado inicialmente por Toyota después de la segunda Guerra Mundial, para organizar y gestionar el desarrollo de un producto, las operaciones y las relaciones con clientes y proveedores, que requiere menos esfuerzo humano, menos espacio, menos capital y menos tiempo para fabricar productos con menos defectos según los deseos precisos del cliente, comparado con el sistema previo de producción de masa.

El Lean Lexicon define el TPS (Sistema de producción de Toyota) como un sistema de producción desarrollado por la Toyota Motors Company para proporcionar mejor calidad, a un menor coste y con plazos de entrega más cortos mediante la eliminación de desperdicio (improductividad o actividad que no añaden valor). El TPS está compuesto por dos pilares:

¹³ Lean Lexicon es un glosario que combina definiciones y dibujos para explicar los términos y conceptos de la filosofía lean. Compilado por Lean Enterprise Institute y editado por Chet Marchwinski y Jhon Shook.

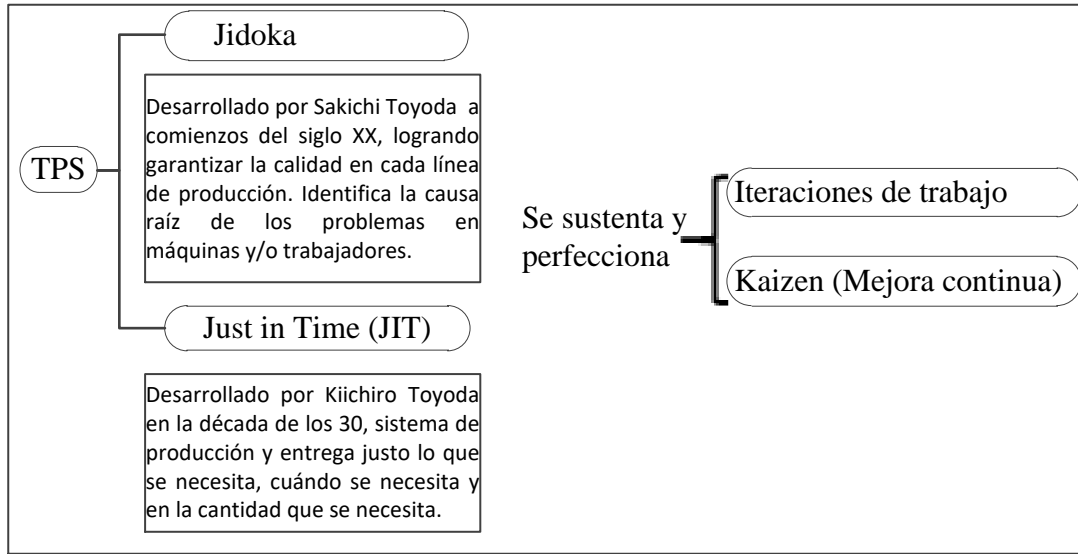


Figura N° 11.- Plan Do Check Act (PDCA) Plan de acción o Ciclo de Deming en la producción de Toyota desarrollado por Taiichi Ohno en la década de los años 50.

(Fuente: Propia, adaptado de Pons, J. 2014)

El PDCA se desarrolló para controlar la sobreproducción, donde este ciclo de mejora continua basado en el método científico de proponer un cambio de mora en un proceso, implementar el cambio, medir y controlar los resultados y llevar a cabo las acciones correctoras. Por ello el desarrollo del TPS se le atribuye a Taiichi Ohno, jefe de producción de Toyota en el periodo posterior a la Segunda Guerra Mundial. A partir de operaciones en las máquinas y extendiéndose desde allí, Ohno dirigió el desarrollo del TPS en Toyota a lo largo de las décadas de los 50 y 60 y la difusión hacia la cadena de suministro a lo largo de la década de los 60 y 70. El TPS nació a partir de una necesidad. (Pons, J. 2014)

Teorías	Jidoka	Justo a Tiempo	PDCA	Desarrollo de la Filosofía LEAN	Desarrollo de la cadena de Suministro	Economía Japonesa crecimiento cero, Toyota mantiene sus ingresos	Fue acuñada Lean Production o producción ajustada.	PIVM: Programa Internacional de Vehículos a Motor.	Difusión global de la filosofía LEAN en el libro "La máquina que cambio el mundo"
Años	Siglo XX	1930	1950	1950-1960	1960-1970	1970-1980	1980	1985	1990
Autores	Sakichi Toyoda	Kiichiro Toyoda	Taiichi Ohno	Taiichi Ohno	Taiichi Ohno	Taiichi Ohno	Jhon Krafcik	Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT)	James P. Womack, T. Jones Y Daniel Roos

Cuadro N° 02.- Evolución de la filosofía LEAN (Fuente: Propia, adaptado de Pons, J. 2014)

Tal como se mencionó 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: (Miranda, D., 2012)



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

Las ideas básicas del sistema de producción de Toyota fueron (Max T. Rossi, 2008) (Miranda, D., 2012)

- ✓ 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: (Miranda, D., 2012)

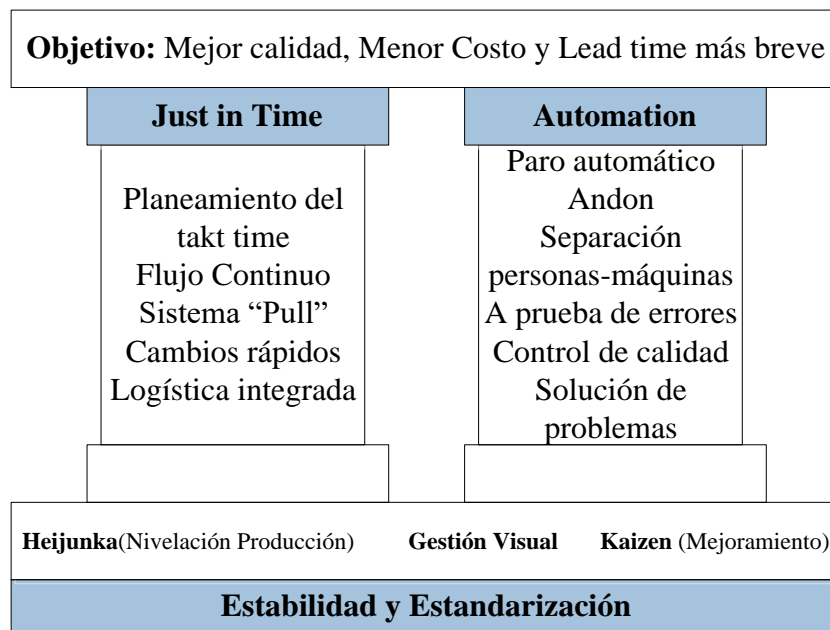


Figura N° 12.- Toyota Production System(TPS). (Fuente: Miranda 2012)

Según el Lean ENTERPRISE Institute, el pensamiento LEAN es aplicable a todo, simplemente porque es una forma de pensar, una filosofía. El pensamiento LEAN es “una forma de especificar valor, alinear acciones creadoras de valor en la mejor secuencia, conducir estas actividades sin interrupciones cuando alguien las solicite y desarrollarlas de una manera más y más eficiente. En resumen, el pensamiento lean es lean porque provee la forma de hacer más y más con menos y menos esfuerzo humano, menos materiales, menos equipo, menos



tiempo, menos espacio, mientras que se acerca y se acerca más a proveer a los clientes con lo ellos exactamente quieren” (www. Lean.org, 2010) Coronel, J. (2010).

La idea central de la filosofía Lean es maximizar el valor para el cliente, mientras se minimiza las pérdidas; es decir, crear más valor para el cliente con menos recursos. Para lograr esto, una organización debe de encontrar y entender aquello que genera valor para el cliente para luego, concentrarse en el flujo del producto, y así aplicarle la mejora continua, optimizando aquellos procesos que generan mayor valor para el cliente y minimizando o eliminando aquellos que no lo hacen y por el contrario generará pérdidas.¹⁴ Herrera, O. & Sánchez, J. (2016),

La filosofía LEAN, entonces, se enfoca en el cliente y en el flujo de producción de un producto. Este modelo de producción, es parte de una evolución y constante mejora de distintos modelos a lo largo del siglo XIX. Herrera, O. & Sánchez, J. (2016)

3.2.2.2. LEAN PRODUCTION

“La Producción Lean es LEAN, porque utiliza la mitad de todo comparado con la producción en masa, la mitad de esfuerzo humano en la fábrica, la mitad del espacio de fabricación, la mitad de la inversión en herramientas, la mitad de las horas de ingeniería para desarrollar un producto en la mitad del tiempo. También requiere mantener mucho menos de la mitad del inventario en terreno, produce mucho menos defectos y produce una mayor y siempre creciente variedad de productos.....los productores lean fijan su mirada explícitamente en la perfección. (Womack et al, 1990) (Leal, M., 2010)¹⁵

La producción LEAN busca combinar las ventajas de los modelos de producción artesanal(mano de obra con alto nivel de habilidad) y la producción en masa(mano de obra con limitadas habilidades, herramientas y equipos) siendo ambos un modelo productivo, evitando el alto costo de la producción artesanal y la rigidez de la producción en masa, mediante la incorporación de trabajadores con múltiples habilidades, con capacidad de decisión sobre el trabajo bajo su responsabilidad, produciendo exactamente de acuerdo a los requerimientos del cliente y en un contexto de búsqueda de la perfección, reduciendo continuamente los costos

¹⁴ Cfr. Lean Enterprise Institute 2014:1

¹⁵ LEAL, M. (2010). *“Impactos de la Implementación del Sistema Last Planner en Obras de Montaje Industrial en Minería”*. (Tesis de Maestría).Pág. 16-21, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile, Chile.

totales de producción, sin defectos y sin inventarios como se muestra en la siguiente figura. (Leal, M., 2010)

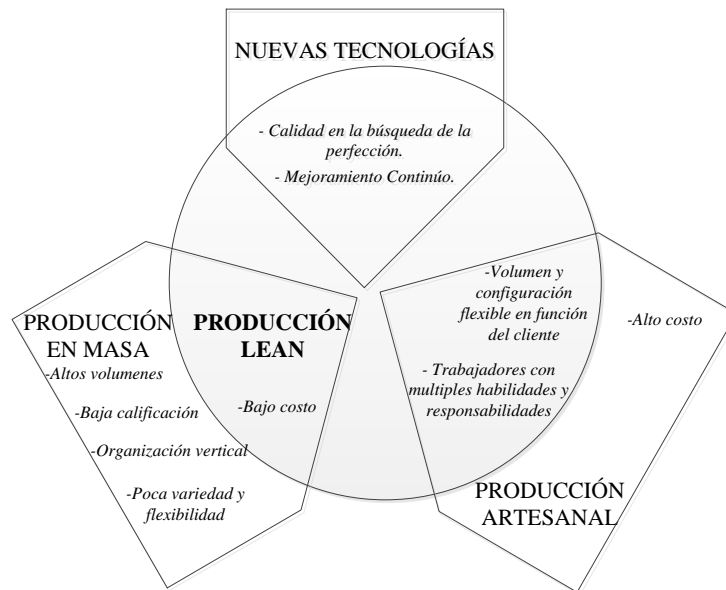


Figura N° 13.- Producción LEAN (Womack et al, 1990).

La producción Lean tiene como objetivo aumentar la eficiencia de la producción satisfaciendo los requerimientos del cliente entregando más valor (Womack et al, 1990). Producir lo mismo o más con menos recursos (Goldratt, 1984). Taiichi Ohno (1912-1990), encargado de desarrollar el sistema de Toyota afirmaba que “en su empresa estudiaban la línea de tiempo desde que el cliente hacía el pedido hasta que la empresa recibía el dinero e iban reduciendo esa línea por medio de la eliminación de los desperdicios que no agregaban valor”. En general, las actividades las podemos separar en dos tipos, como se muestra en siguiente gráfico:

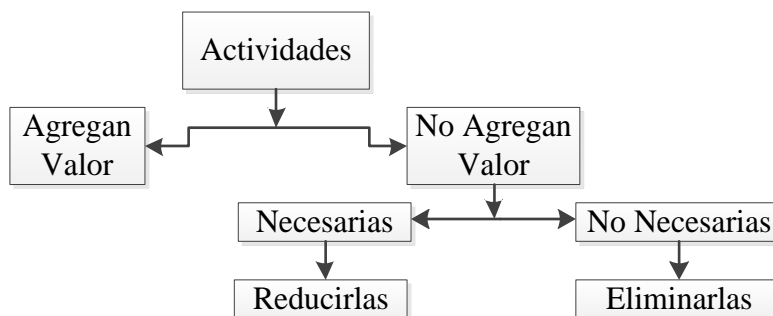


Figura N° 14.- Clasificación de actividades según Lean Production.

Las actividades del gráfico anterior, ambas consumen recursos, tiempo y espacio; pero difieren en que las que agregan valor al producto convierten material o información hacia lo que es requerido por el cliente y las que no agregan valor no lo hacen.

A partir de las investigaciones en el campo de la industria automotriz se intensifican los

esfuerzos para la formalización conceptual de esta nueva filosofía de producción (Koskela, 1992), buscando una síntesis se permita su posterior aplicación en otros campos de la producción, incluida la industria de la construcción, por lo tanto estructura los conceptos, principios y metodologías fundamentales asociados a la nueva filosofía de producción.

Koskela, Lauri en su libro "Application of the Production philosophy to construction" (1992) indica que la filosofía de producción considera los siguientes elementos dentro de su diseño y control de la producción.

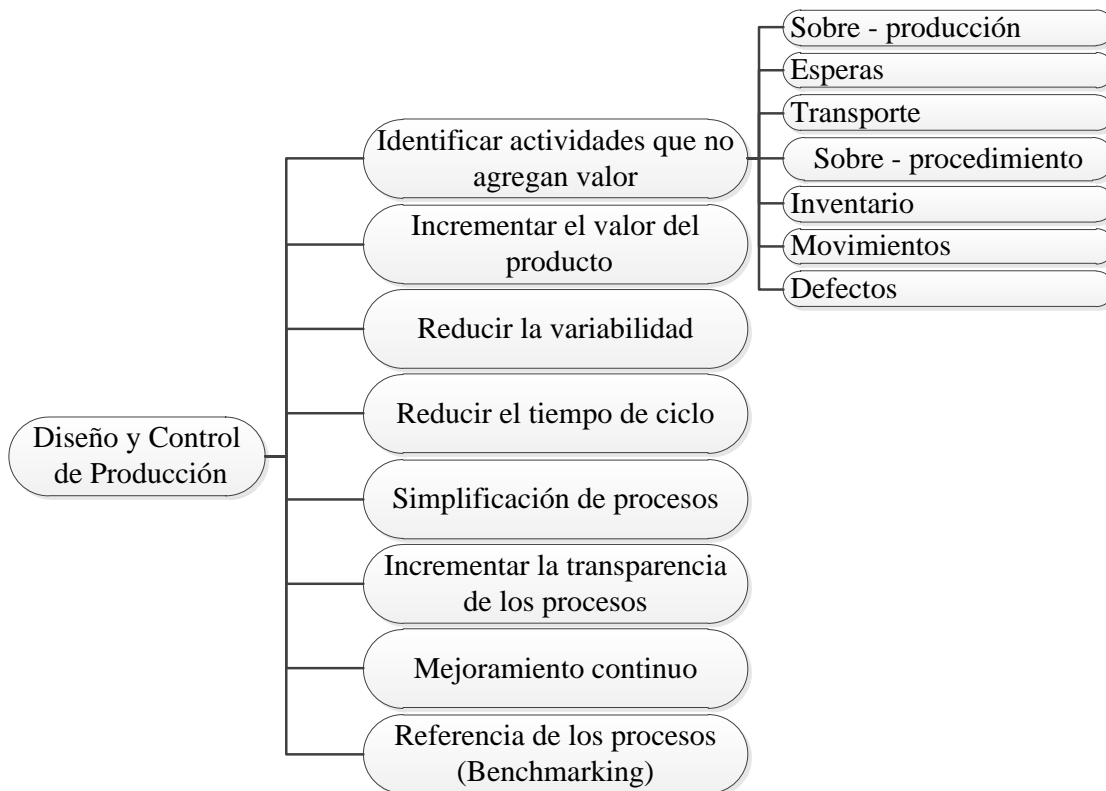


Figura N° 15.- Diseño y control de producción (Koskela, 1992).

3.2.2.3. LEAN THINKING

Lean Thinking se publicó por primera vez en el otoño de 1996, la misión del libro era explicar cómo ir más allá de los juegos financieros de los años noventa y cómo crear valor real y duradero en cualquier tipo de empresa. "Ésta es la razón por la que los analistas o pensadores LEAN se afanan por reducir el tiempo de entrega, de forma que la mayoría de los productos LEAN se fabrican a medida, y siempre tratan de aumentar o disminuir la capacidad en pequeños incrementos" (J. Womack y D. Jones, 2003).

En Lean Thinking "Pensamiento LEAN", (J. Womack y D. Jones, 1996). Proponen 5 principios LEAN fundamentales que se encuentran dentro del espectro de la pirámide de

niveles de la filosofía de producción (Koskela, 1992), metodologías, principios y herramientas asociadas a Lean Production:

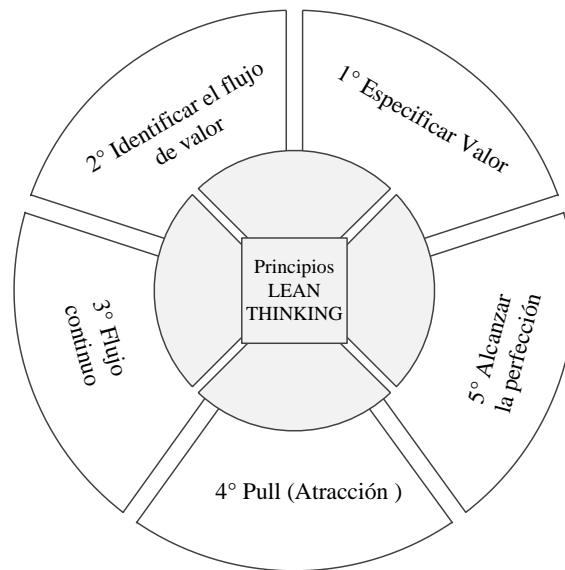


Figura N° 16.- Principios Lean Thinking

(Fuente propia, adaptado a J. Womack y D. Jones, 1996).

1° Especificar el valor.- El punto de partida básico para el pensamiento LEAN es el VALOR. El valor sólo puede definirlo el consumidor final. Cumplir sus necesidades, en un tiempo específico y a un costo específico. “Producir exactamente lo que el cliente necesita cuando lo requiera”.

Por tanto, el pensamiento LEAN debe iniciarse con un intento consciente de definir el valor de forma precisa en términos de productos específicos con capacidades específicas ofrecidos a precios específicos a través de un diálogo con consumidores específicos. (Womack y Jones, 1996).¹⁶

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

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

¹⁶ WOMACK, J. (2003). “*Lean Thinking*”, FREE PRESS, Edición 3era, Brookline, Massachussts, EE.UU.



proyecto. (Leal, M., 2010)

2° Identificar el flujo de valor.- Una vez definido el valor es necesario identificar aquellas instancias en donde el valor se agrega y en cuáles no, precisando las secuencia en que éstas se suceden. Las instancias del proceso en donde no se genera valor deben ser eliminadas en lo posible y de no ser posible el objetivo es reducirlas al máximo, permitiendo sólo aquellas actividades en donde el valor se agrega. (Womack y Jones, 1996).

El flujo de es el conjunto de todas las acciones específicas requeridas para pasar de un producto específico (un bien o servicio, o una combinación de ambos) por las tres tareas de gestión críticas de cualquier empresa (Womack y Jones, 2003).

- ✓ **Tarea de solución de problemas:** Que se inicia en la concepción, sigue en el diseño detallado e ingeniería, hasta su lanzamiento a la producción.
- ✓ **Tarea de gestión de la información:** Que va desde la recepción del pedido a la entrega, a través de una programación detallada.
- ✓ **Tarea de transformación física:** Con los procesos existentes desde la materia prima hasta el producto acabado en manos del consumidor.

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 desperdicios, uno que se debe eliminar (desperdicio “muda”) y otro que es necesario para poder completar el proyecto en tiempo y forma. (Miranda, D., 2012)

- ✓ **Desperdicio tipo 1:** Actividad parcialmente sin valor agregado, pero necesaria para completar las tareas. Sólo agregan costo del proyecto.
- ✓ **Desperdicio tipo 2:** Actividades que carecen de valor agregado, es decir desperdicio a eliminar.

Concretamente, el análisis del flujo de valor mostrará casi siempre la existencia de tres tipos de acciones a lo largo de su desarrollo (Womack y Jones, 2003).

- ✓ Se descubrirán muchos pasos cuya creación de valor es inequívoca (las que agregan valor y deben ser optimizadas).
- ✓ Se descubrirán muchos otros pasos que no crean valor alguno, pero que son inevitables de acuerdo con la tecnología actual y los activos de producción disponible (muda tipo 1)
- ✓ Nos daremos cuenta de que muchos pasos adicionales no crean valor alguno y pueden



evitarse de modo inmediato (muda tipo 2)

Por tanto, el pensamiento lean debe ir más allá de los límites de la empresa, la unidad estándar que califica los negocios de todo el mundo, para examinar la totalidad: la serie completa de actividades vinculadas a la creación y producción de un producto específico, desde su concepción, siguiendo por su diseño detallado, hasta su disponibilidad real, desde la venta inicial a partir de la recepción del pedido y la programación de la producción hasta la entrega, y desde las materias primas producidas lejos y fuera del ámbito de la empresa hasta el producto recibido por el consumidor. El mecanismo organizacional para realizar esto es lo que denominamos iniciativa lean, una continua comunicación de todas las partes interesadas, con el fin de crear un canal para todo el flujo de valor, eliminando la totalidad de muda.

La creación de empresas lean exige un nuevo modo de pensar respecto a las relaciones de firma a firma, de algunos principios sencillos que regulen el comportamiento entre firmas y de la transparencia con relación a todos los pasos realizados a lo largo del flujo de valor, para que cada participante pueda verificar que las otras empresas se están comportando de acuerdo con los principios acordados. (Womack y Jones, 2003).

3° Flujo continuo.- Generar un proceso de producción con flujo continuo. Hacer que los pasos para generar valor se enmarquen en una secuencia integrada y compacta, para que el producto final fluya hacia su cliente final.

Una vez especificado de forma precisa el concepto de valor, la empresa LEAN ha graficado completamente el flujo de valor y se han eliminado las etapas cuyo despilfarro es evidente, el próximo paso es auténticamente impresionante; *hacer que fluya las etapas creadoras de valor que quedan*. (Miranda, D., 2012)

Se pueden realizar casi siempre de forma mucho más eficientes y precisas cuando se trabaja sobre el producto de forma continua, desde la materia prima al producto acabado. Las cosas funcionan mejor cuando nos concentramos en el producto y sus necesidades, en lugar de hacerlo en la organización o la maquinaria, de forma que todas las actividades necesarias para diseñar, solicitar y proporcionar un producto sucedan en un flujo continuo.

La alternativa LEAN es redefinir la operativa de funciones, departamentos y empresas, de modo que puedan hacer una contribución positiva a la creación de valor y dirigirse a las necesidades reales de los empleados en cada punto del flujo, de forma que sea realmente de su interés hacer que el valor fluya. Esto exige, no sólo la creación de una iniciativa LEAN para cada producto, sino también el replanteo de las firmas, funciones y carreras profesionales



convencionales, y el desarrollo de una estrategia LEAN. (Womack y Jones, 2003).

Debemos reducir los tiempos de demoras en el flujo de valor, esto logramos quitando obstáculos del proceso, estos obstáculos podemos entender como la “muda”. (Miranda, D., 2012)

Una vez definido el valor y la secuencia en el cual el valor es agregado, es necesario el garantizar que el valor fluya, de acuerdo a una determinada demanda. Lo anterior se establece a partir de: “El objetivo de la producción LEAN es posibilitar un flujo continuo de producción, lograr que el flujo de valor suceda sin interrupciones, sin pérdidas, sin inventarios, ni esperas, mediante la optimización del flujo de valor a través de la secuencia productiva. El objetivo de pensamiento de la producción como un flujo es eliminar todas las detenciones en todo el ciclo productivo” (Womack y Jones, 1996).

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

4° Pull (Atracción).- Es decir, no presionarle al cliente con el producto que nosotros queremos venderle, sino halar la producción sabiendo lo que este quiere, dejando de producir ítems innecesarios. Aunque esto parecería obvio, ha sido un cambio revolucionario.

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

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. (Miranda, 2012)

La capacidad de diseñar, programar y hacer exactamente lo que el consumidor desea precisamente, y en el momento que lo desea, significa que podemos olvidarnos de las previsiones de venta y fabricar simplemente lo que los consumidores realmente dicen que necesitan, Es decir, podemos dejar que sea el cliente quien atraiga (pull) el producto de acuerdo con sus necesidades, en lugar de empujar (push) productos, a menudo no deseados, hacia el consumidor. (Womack y Jones, 2003).

5° Alcanzar la perfección.- “De pronto, el quinto y último principio, no parece ser una idea disparatada”.



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. (Miranda, 2012)

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

A medida que las organizaciones empiezan a especificar el valor de modo preciso, a identificar la totalidad del flujo de valor, a hacer que las etapas creadoras de valor para los productos específicos fluyan constatemente, y dejan que sean los consumidores quienes atraigan hacia sí (pull) valor desde la empresa, algo muy extraño empieza a suceder. Las personas involucradas caen en la cuenta de que no hay límite en el proceso de reducción de esfuerzo, tiempo, espacio, costo y fallas, mientras ofrecen un producto que cada vez está más cerca de lo que el consumidor verdaderamente desea. Al hacer que el valor fluya más rápidamente, siempre se deja al descubierto la muda que estaba oculto. Y cuanto más pull se haga, más se pondrá de manifiesto los obstáculos al flujo, que de esta forma podrán ser eliminados. Además, aunque la eliminación de muda exige en ocasiones la presencia de nuevas tecnologías de proceso y nuevas concepciones de producto, las tecnologías y conceptos son, por lo general, sorprendentemente sencillos y están preparados para ser implementados de modo inmediato. (Womack y Jones, 2003)

3.2.2.4. LEAN CONSTRUCCION

En su estancia en la Universidad de Stanford, California, USA, en 1992, el finlandés Lauri Koskela escribió el documento “Application of the New Construction Philosophy to Construcción” (Aplicación de la nueva filosofía de la producción a la construcción), en el que estableció los fundamentos teóricos del nuevo sistema de producción aplicado a la construcción. El trabajo pionero de Koskela fue un hito clave en el desarrollo de una corriente



de investigación sobre la aplicación del sistema de producción Toyota y la filosofía Lean a la industria de la construcción. El término Lean Construction fue acuñado por los fundadores del Grupo Internacional de Lean Construction (IGLC) en 1993. Pons, J. (2014)¹⁷

Esta nueva filosofía es respuesta ante la necesidad de suplir las carencias que se tienen en la construcción en cuanto a la productividad, seguridad y calidad. Esto debido a que si comparamos la productividad de la construcción con la de la 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 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. (Miranda, D., 2012)

Ante este problema, Koskela advierte que la industria de la construcción “debe adoptar esta filosofía como medio para mejorar la competitividad, identificando y eliminando las actividades que no agregan valor (pérdidas). Koskela propone un cambio en los paradigmas tradicionales. Crítica la forma con la que el método de la ruta crítica (CPM) concibe el flujo de las actividades de la construcción, pues toma en cuenta solamente las actividades de conversión (las que añaden valor) y no toman en cuenta en su modelo las pérdidas (esperas, inspecciones, inventario de materiales, transporte de materiales, etc). Añade que la construcción debe ser vista como flujos y no solamente como conversiones y que en base a la experiencia de otros sectores industriales la construcción puede alcanzar mejoramientos dramáticos simplemente identificando y eliminando todo lo que son actividades de conversión. (Coronel, J., 2010) La formalización de la construcción lean comienza con la reformulación del modelo conceptual tradicional del proceso de construcción (Koskela, 1992), para posteriormente enfocarse en la

¹⁷ PONS ACHELL, J. (2014). *Introducción a LEAN CONSTRUCTION*. Madrid, España, Editorial Fundación Laboral de la Construcción, 1era edición.



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

Valor de la construcción

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

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

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

A partir de la identificación de la secuencia de generación de valor los esfuerzos deben orientarse en la eliminación o reducción de las actividades de no generan valor.

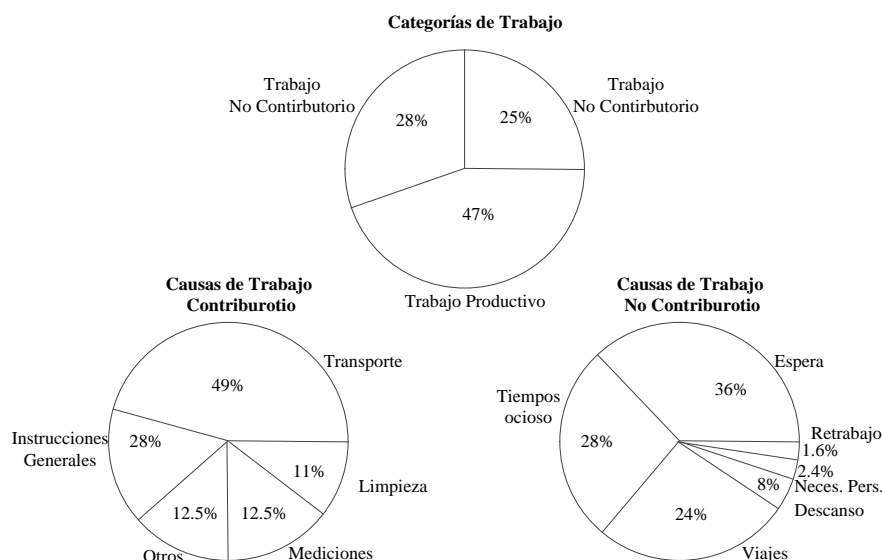


Figura N° 17.- Distribución de las Categorías de Trabajo en Construcción (Serpell et al, 1995),
(Fuente Leal M. 2010)

Dentro de las actividades que no agregan valor al proceso en construcción es posible



identificar: transporte, esperas, defectos, pérdidas de material, retrabajos e inspecciones. (Womack y Jones, 1996) (Koskela, 1992) (Serpell et al, 1995).

Algunos de los aspectos con mayor incidencia en la generación de pérdidas en el proceso de construcción y su respectiva propuesta desde el enfoque Lean son (Tabla II-3) (Koskela, 1992):

Causas de Pérdidas	Expresión	Enfoque Lean
Deficiencias en la Planificación	No se cumple lo planificado	Considerar actividades de flujo Gestión de Restricciones y recursos Análisis causas de no cumplimiento
Deficiencias de Comunicación	Flujo de información es lento y confuso	Organización Horizontal Empoderamiento Transparencia
Procesos deficientes	Procesos no son predecibles	Medición de todo el proceso Eliminar causas de variabilidad Mejoramiento Continuo Simplificación Flexibilidad Administración Visual

Cuadro N° 03.- Causas de Pérdidas y Enfoque Lean (Koskela, 1992), (Fuente Leal M. 2010)

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

Modelo de Conversión

Corresponde al modelo de producción que tradicionalmente ha sido utilizado para conceptualizar el proceso de producción y ha sido aplicado a la construcción. Explica la producción como una secuencia de conversiones a partir de inputs determinados y que generan unos ciertos outputs (Fig. 18). Todas las actividades del proceso agregan valor. El costo total del proceso de producción es igual al costo de cada uno de los procesos y subprocesos de conversión. Los esfuerzos de optimización están orientados a cada proceso y subproceso de forma independiente, generalmente mediante la introducción nueva tecnología en la búsqueda

de un aumento de la productividad de forma parcializada (Koskela, 1992).

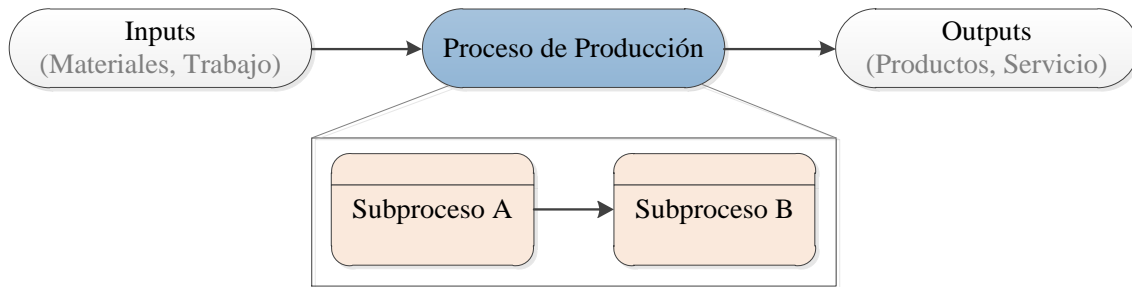


Figura N° 18.- Modelo de conversión

El modelo de conversión, al considerar que todas las actividades generan valor y enfocarse en los óptimos locales omite a aquellas actividades de flujo entre actividades de conversión, tales como desplazamientos, esperas, inspecciones, las cuales también impactan en el desempeño del proceso. Al ser omitidas las actividades de flujo no son objeto de control, afectando significativamente la producción dado que las actividades que no agregan valor son mayoritarias, tal como es posible observar en los procesos de construcción (Koskela, 1992).

Modelo de Flujo

La nueva filosofía de producción plantea el modelo de producción como un flujo de materiales o información a través de un proceso compuesto por actividades de conversión y actividades de flujo (Fig. 19). Las actividades de flujo suceden entre las actividades de conversión. Ambas consumen recursos pero solo las de conversión agregan valor. (Koskela, 1992).

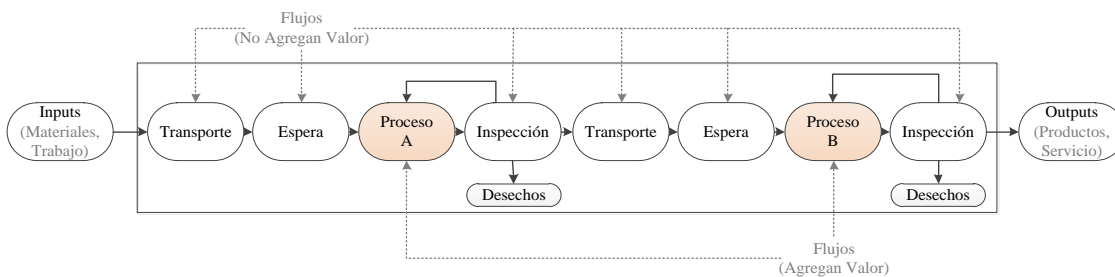


Figura N° 19.- Modelo de flujo de producción (Koskela, 1992)

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

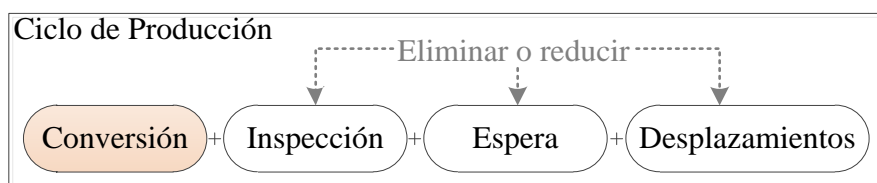


Figura N° 20.- Componentes del tiempo de ciclo de producción (Koskela, 1992)



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

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

Cuadro N° 04.- Componentes del tiempo de ciclo de producción (Koskela, 1992)

Al implantar Lean Construction, se verá que no hay una orden o un conjunto de reglas fijas para implantar la filosofía y su aplicación puede adaptarse según las necesidades y objetivos de cada empresa y cada proyecto, a continuación mostramos sus herramientas de Lean Construction:

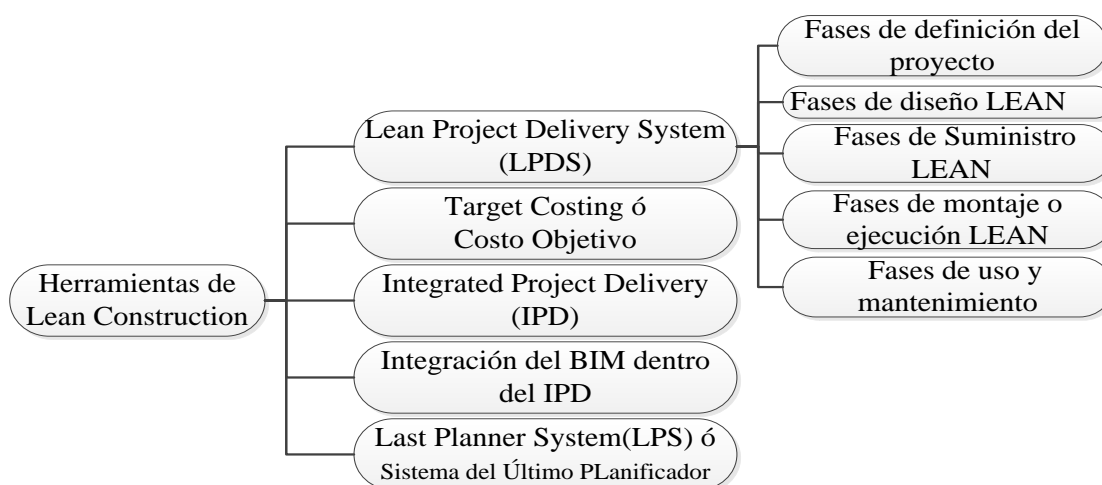


Figura N° 21.- Herramientas para implementar Lean Construction

(Fuente propia, adaptado a Pons, J. (2014))

Lean Project Delivery System (LPDS)

Es una herramienta integradora que ayuda entender mejor la implementación de LEAN CONSTRUCCIÓN, esta herramienta nos ofrece una visión de conjunto de todas las fases del proyecto. Fue desarrollada por Glen Ballard, publicada por LCI en el año 2000, actualizada y publicada el 2008 por el mismo LCI. LPDS se define como un proceso colaborativo para la gestión integral del proyecto, a lo largo de todo el ciclo de vida de este. La misión del equipo es entender y ofrecer el mejor valor para el cliente y eliminar todas las actividades que no añaden valor.

Tradicionalmente, los proyectos han sido atendidos en términos de fases, por ejemplo: pre-diseño, diseño, contratación y ejecución. Algunas de las principales diferencias entre la ejecución de un proyecto tradicional y uno según LPDS se refieren a la definición de las fases, la relación entre fases en cada una de ellas. (Pons, J., 2014)

Así como la estructura de trabajo define el plan a lo largo del proyecto, de igual modo el control de 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.

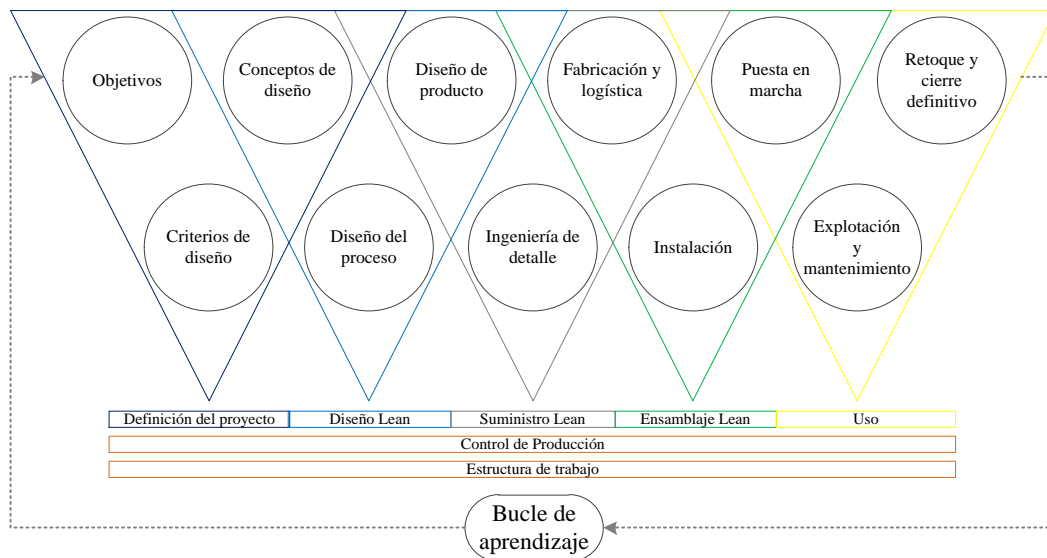


Figura N° 22. - Lean Project delivery System, (Ballard, 2008)

Target Costing (CT)

Mientras que una empresa con modelo de gestión tradicional tiene a dirigir su negocio basándose principalmente en costo/beneficio, las empresas LEAN pone su punto de atención en el valor que pueden crear para el cliente y el beneficio de toda la cadena de valor, dirigiendo así su negocio desde el valor para el cliente, entonces los líderes dirigen las actividades de mejora hacia los flujos de valor para crear más valor, eliminar desperdicio o incrementar la

productividad. Se puede aplicar tanto al desarrollo de nuevos productos, como a productos y procesos existentes con flujos de valor actuales. A continuación mostramos los principios del target costing. (Pons, J., 2014)

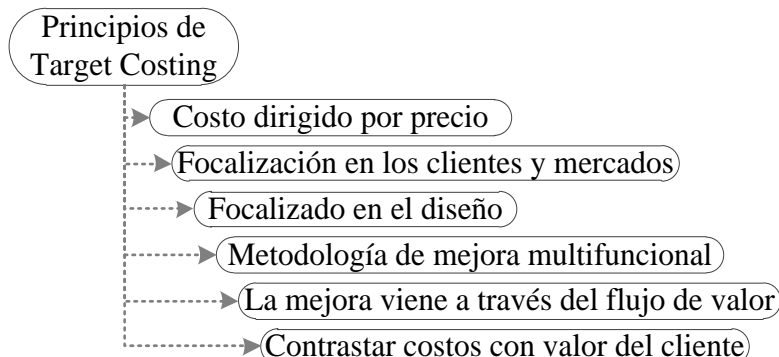


Figura N° 23.- Principios del Target Casting, Adaptado de B. Maskell (2012)
(Fuente propia, adaptado a Pons, J. (2014))

Para el funcionamiento de target costing, es necesario reconocer las necesidades del cliente, es decir, saber que el Costo de producción sea mayor al costo permitido para mejorar el costo real, por ello es necesario: (Pons, J., 2014)

- ✓ Crear valor para el cliente
- ✓ Calcular el costo permitido (Precio de venta + beneficio)
- ✓ Calcular el costo actual

Sistema tradicional	Target Costing
Una empresa tradicional calcula los costos desde la parte inferior hacia arriba.	En un proyecto Lean se calculan los costos desde arriba hacia abajo, es decir; partimos de valor, según las características definidas por cliente y el precio que está dispuesto a pagar.
En base a un diseño inicial, se calculan los costos de materiales, mano de obra, maquinaria, etc.	Determinamos el máximo costo para el producto dentro de su flujo de valor, basado en el valor creado para el cliente y las expectativas que tiene la empresa sobre el margen de beneficio necesario para que el proyecto sea viable.
Después aplicada un engañoso porcentaje de gastos generales.	Realizamos la siguiente operación: Costo permitido = Valor – beneficio

Sistema tradicional	Target Costing
La suma de todo esto proporciona el costo del producto.	El resultado de restar el valor menos el beneficio es el costo permitido del negocio. La siguiente cuestión es preguntarse si podemos fabricar o construir a ese precio.
Se añade el margen de beneficio y se obtiene el precio de venta que se empuja (push) hacia el cliente.	Si podemos hacerlo, el costo permitido coincide con el costo objetivo. Si el costo de producción es mayor, creamos un plan de acción para eliminar desperdicios, incrementar el valor y lograr el beneficio requerido.

Cuadro N° 05.- Cálculo del target costing de una empresa tradicional vs empresa lean
 (Fuente propia, adaptado a Pons, J. (2014))

Integrated Project Delivery (IPD)

IPD es una evolución del LPDS que además incorpora los diferentes niveles de colaboración y modelos de contrato entre múltiples partes. La gestión y ejecución integrada del proyecto o IPD es un enfoque de la ejecución de proyectos que integra personas, sistemas, estructuras y prácticas empresariales en un proceso que aprovecha colaborativamente el talento y los puntos de vista de todos los participantes para optimizar los resultados del proyecto, aumentar el valor para el cliente, reducir el desperdicio y maximizar la eficiencia en todas las fases de diseño, fabricación y construcción. (Pons, J., 2014)

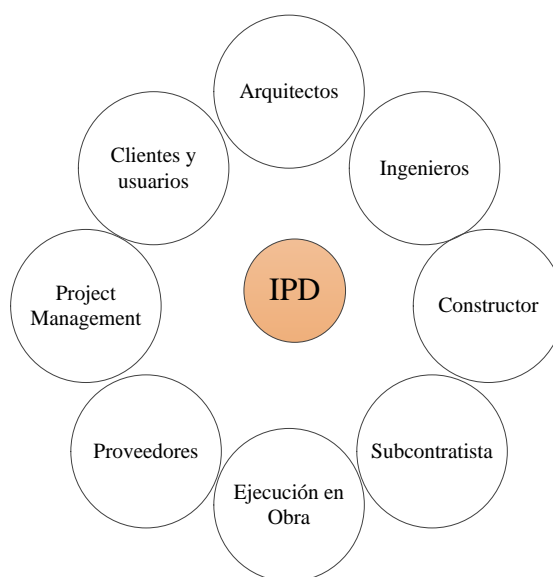


Figura N° 24.- Agentes o actores sociales que integran el IPD
 (Fuente propia, adaptado a Pons, J. (2014))



IPD se basa en la colaboración, que a su vez se basa en la confianza. Efectivamente estructurada, lo que insta a las partes a centrarse en los resultados del proyecto en lugar de sus metas individuales. IPD promete mejores resultados, pero los resultados no van a cambiar a menos que las personas responsables de la entrega de los resultados cambien también. Por lo tanto, la consecución de los beneficios del IPD requiere que todos los participantes en el proyecto abracen los principios. (Pons, J., 2014)

- ✓ El respeto mutuo y la confianza.
- ✓ Beneficio mutuo y recompensa.
- ✓ Innovación colaborativa y toma de decisiones.
- ✓ La participación temprana de los participantes clave.
- ✓ Definición temprana de los objetivos.
- ✓ Planificación intensificada.
- ✓ Comunicación abierta.
- ✓ Tecnología apropiada.
- ✓ Organización y liderazgo.

La clave de éxito del IPD es la creación de un equipo que esté comprometido con los procesos de colaboración y cuyos miembros sean capaces de trabajar juntos de manera efectiva. Para lo cual el papel que juegan los principales actores de un proyecto integrado son: (Pons, J., 2014)

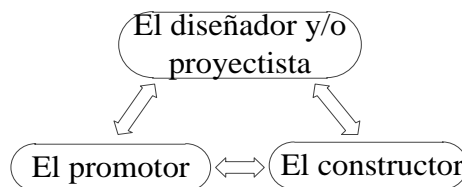


Figura N° 25.- Principales actores del proyecto integrado:
 (Fuente propia, adaptado a Pons, J. (2014))

	QUÉ			CÓMO		EJECUTAR	
	Prediseño	Diseño esquemático	Desarrollo del diseño	Documentos para construcción	QUIÉN Permisos y Licencias/ Licitación	Construcción	Cierre
Promotor							
Diseñador							
Consultores de diseño							
				Organismos			
					Constructor		
					Industria de la Construcción		

Figura N° 26.- Proceso tradicional del Diseño. Adaptado de IPD: A. Guide (2007)

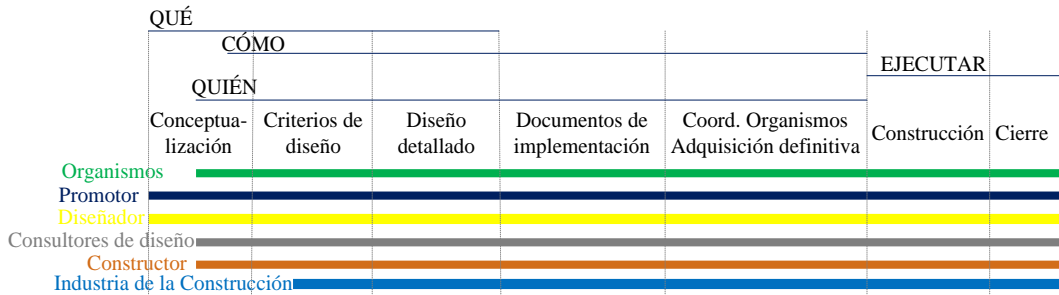


Figura N° 27.- Proceso Integrado del Diseño. Adaptado de IPD: A. Guide (2007)

Integration of BIM into the IPD (Integración de BIM dentro de IPD)

Los sistemas BIM (Building Information Modeling) o modelo de información del edificio tienen cada vez mayor peso en la gestión integral del proyecto. La gestión de objetos con elevada carga de información, desde la idea matriz hasta el uso y mantenimiento del elemento constructivo. El BIM sirve como fuente de conocimiento compartido para obtener información sobre un edificio o instalación, que forma una base fiable para tomar decisiones durante su ciclo de vida desde el inicio en adelante. Una premisa básica del BIM es una colaboración de las diferentes partes interesadas en las diferentes fases del ciclo de vida del edificio o instalación para insertar, extraer, actualizar o modificar la información contenida en el BIM para apoyar y reflejar el papel de las partes interesadas. BIM es una representación digital compartida basada en estándares abiertos para la interoperabilidad. (Pons, J., 2014)

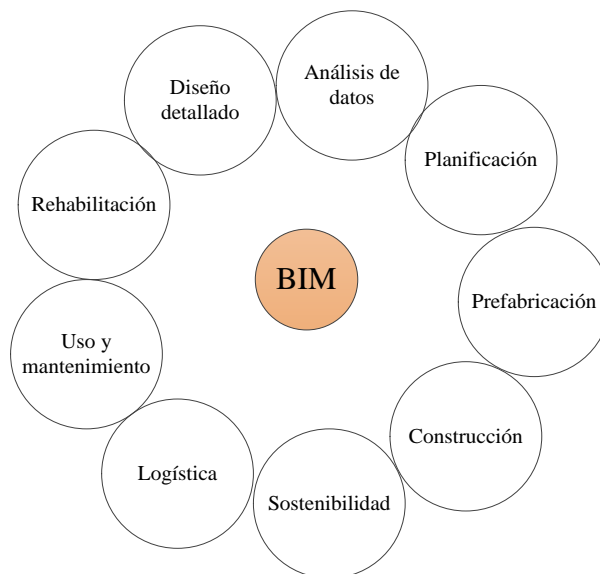


Figura N° 28.- Elementos del BIM (Fuente propia, adaptado a Pons, J. (2014))

Gracias a las nuevas tecnologías, BIM soporta la entrega de proyectos de una manera más colaborativa e integradora. Incluso si, hipotéticamente, un proyecto llevado a cabo según IPD se entrega y ejecuta sin usar BIM y viceversa, los mayores beneficios se alcanzan cuando las



metodologías BIM se aplican junto con los procesos de IPD.

La consistencia de la "I" de información, es el valor real que BIM puede proporcionar a un proceso de IPD: la integración de la información, la fiabilidad y la operatividad están en el corazón de BIM.

BIM puede ser de gran valor para todos los promotores, tanto públicos como privados. En el ámbito público, la mayoría de los promotores son también responsables de sus edificios, y es aquí donde BIM añade el gran valor. La mayoría de promotores o propietarios han experimentado alguna vez, una pérdida importante de información sobre el proyecto entre el final de la construcción y el inicio de la fase de gestión; como resultados, la mayoría de los propietarios entienden lo difícil que es reunir, organizar, gestionar y almacenar los muchos tipos de información diferentes requeridos para la gestión a largo plazo de los edificios o instalaciones. BIM puede ayudar al promotor en esta importante tarea: puede ser visto como un almacén de grandes conjuntos de información o estar vinculado a otra información tal vez no almacenada dentro del modelo. El uso de BIM para la gestión del edificio o las instalaciones, una vez entregados al cliente, es el siguiente gran paso para un uso verdaderamente efectivo de esta tecnología. Este es un paso natural en el ciclo de vida del edificio para capturar la información al final de la construcción y puesta en marcha de las operaciones. (Pons, J., 2014)

3.2.3. LAST PLANNER SYSTEM

3.2.3.1. INTRODUCCIÓN

Basándose en la teoría Lean Production, Herman Glen Ballard y Gregory A. Howell desarrollaron un sistema de planificación y control de proyectos llamados "Last Planner", este sistema fue publicado por primera vez por Glen Ballard (1994), como herramienta central del Sistema de Producción, desarrollada para mejorar la calidad de los planes de trabajo semanal y contrarrestar los principales obstáculos en la construcción, que para los autores son:

- ✓ La planificación no se concibe como un sistema, sino que descansa plenamente en la experiencia del profesional a cargo.
- ✓ La gestión se enfoca en el corto plazo, descuidando el largo plazo.
- ✓ No se hacen mediciones del desempeño obtenido.
- ✓ No se analizan los errores de programación ni las causas que las originan.

En la estructura del modelo de la LPDS (Ballard, 2000 y actualizada 2008), se define el plan a 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, y el nombre que el LCI da al control de la producción es El Last Planner System diseñados por Ballard y Howell.

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

El control de producción es algo que ocurre continuamente a lo largo de todo proyecto y cada fase contiene actividades e hitos que deben de cumplirse a medida que este avanza. El propietario o cliente determina el costo permitido del proyecto, que es la cantidad máxima que el modelo de negocio puede soportar. El objetivo es ofrecer el mejor valor para el cliente y eliminar todas las actividades que no añaden valor. (Ballard, 2008)

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

Primer principio, “las asignaciones deben ser razonables en relación a sus condiciones previas”, esto hace referencia a que no deberíamos comenzar una 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”.

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.

Tercer principio, “se investiga 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.

Cuarto principio, “Sugiere mantener un paquete de tareas de amortiguación (buffers) razonables para equipo de trabajo”, esto hace referencia a que en caso no se pueda realizar una 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.



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 a un sistema “pull”, donde se busca asegurar que todos los requisitos previos estén disponibles para la ejecución de las asignaciones.

3.2.3.2. DEFINICIÓN

El Last Planner System fue desarrollado por Herman Glen Ballard y Gregory A. Howell, basándose en los principios de la Lean Construction. El sistema desarrollado es una herramienta para controlar las interdependencia 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).

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 cuya función es la asignación de trabajo directo a los trabajadores. El nombre de último planificador proviene del hecho que este no da instrucciones a ninguno otro nivel de planificación posterior, sino que ellas van directamente a terreno, a las operaciones de construcción. Adicionalmente, la función del último planificador es lograr que lo que queremos hacer coincida con lo que podemos hacer, y finalmente ambas se conviertan en lo que vamos a hacer. Esta herramienta fue publicada por primera vez por Glenn Ballard (1994).

Sanchis, I. (2013), hace mención que Last Planner System es un método de trabajo basado en la filosofía Lean, cuyo objetivo es conseguir un flujo de trabajo continuo y una disminución de las pérdidas o tareas que no aportan valor.

El Last Planner System pretende llevar los objetivos generales de proyecto a la realidad del día a día, transformando las ideas generales a programar reales subdividiendo la programación por ámbito y zonas aplicando herramientas de programación en cascada. Esta programación en cascada se organiza en tres niveles: Programación a largo plazo (Main Program), a medio plazo (Lookahead Program) y programación a corto plazo (weekly work plan).

En 1997, cuando se funda el Lean Construction Institute (LCI) el Last Planner System ya



había evolucionado aproximadamente a su forma actual. Lo que quedaba por hacer era la fiabilidad del flujo de trabajo por encima de la gama de 35%-65% obtenido hasta ese momento. "The Last Planner System of Production Control" (Ballard, 2000) establece los procedimientos para mejorar la fiabilidad del flujo de trabajo, diseñando un protocolo de actuación y las herramientas de medida de la productividad. Actualmente la implementación de Last Planner System es una de las prácticas más divulgadas que ilustra la introducción de "Lean Construcción" en la fase de ejecución, principalmente en empresas constructoras, en países como Estados Unidos, Reino Unido, Dinamarca, Finlandia, Indonesia, Australia, Venezuela, Brasil, Chile, Ecuador y Perú.

La metodología Last Planner System supone una revolución en la construcción, dado que no se trata simplemente de otro método de control de la producción. Se introduce conceptos como la colaboración entre los diferentes agentes, se cambia la planificación de oficina por una planificación conjunta, donde todos los agentes implicados (técnicos, capataces, subcontratos, encargados de materiales, técnico en prevención de riesgos) deciden qué, cómo, y cuándo se realizarán los trabajos, consiguiendo un compromiso de los últimos planificadores (subcontratistas, capataces) del avance de las actividades que son posible realizar. En el Last Planner System el cliente no sólo es el último beneficiario del producto sino cada uno de los agentes que en la cadena de producción recibirá un subproducto. (Sanchis, I., 2013)

3.2.3.3. CONTROL DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN

La clave del rendimiento de un sistema de planificación a nivel de unidad de producción es la calidad, es decir la calidad de planes producidos por Last Planner. Para la calidad asignada de una tarea en el Weekly work Plan, se debe considerarlo siguiente: (Ballard, 2000)

- ✓ Definición (Definition): Las asignaciones están bien definidas.
- ✓ Secuencia (Sequence): Se selecciona la secuencia correcta de trabajo.
- ✓ Tamaño (Size): Se selecciona la cantidad de trabajo correcto.
- ✓ Viabilidad (Soundness): El trabajo seleccionado es práctico o sonoro; es decir, se puede hacer.
- ✓ Aprendizaje (Learning)

"Bien definido" significa que se describe suficientemente que puede hacer y completar lo determinado sin ambigüedad. La "secuencia correcta", esta secuencia consiste en tener una lógica interna de la misma obra, los compromisos y objetivos del proyecto y las estrategias de ejecución. La "cantidad correcta" es la cantidad de los planificadores juzgan sus unidades de

producción capaces de completar después de revisar las tasas los Precios Unitarios y después de examinar el trabajo específico que se ha de realizar. “practico” significa que todos los trabajos previos están en marcha y que todos los recursos están disponibles. (Miranda, D. 2012)

3.2.3.4. 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” (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, como se muestra en la fig N° 29 y la fig. N° 30. (Miranda, D. 2012)

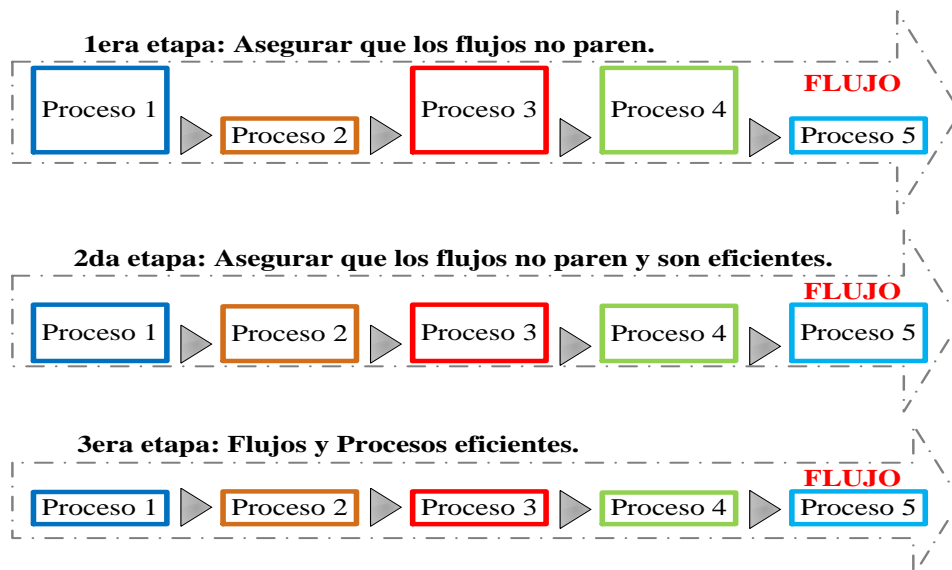


Figura N° 29.- Diagrama de flujo del Sistema de Producción Eficiente.

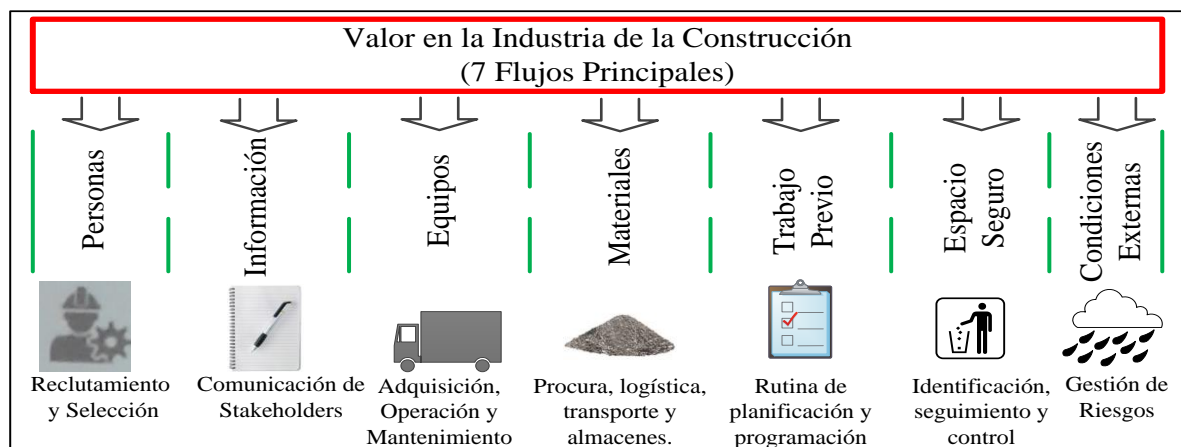


Figura N° 30.- Make Ready, para asegurar que los flujos no paren.

3.2.3.4.1. BALANCE DE CARGA Y CAPACIDAD (MATCHING LOAD AND CAPACITY)

La adaptación de la capacidad de carga dentro de un sistema de producción es crítica para las unidades de producción a través de las cuáles fluye el trabajo en el sistema, y también es crítico para el tiempo en el ciclo del sistema, el tiempo necesario para que algo pase de un extremo a otro. (Ballard,H., 2000)

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. Si bien es cierto que se debe estimar tanto la carga y capacidad (Miranda, D., 2012). La carga se puede cambiar para que coincida con la capacidad retardando o acelerando el flujo de trabajo, la capacidad puede ser cambiada para que coincida con la carga reduciendo o aumentando los recursos, o, más comúnmente, una combinación de los dos con el Sistema Pulling que ayuda a equilibrar la carga y la capacidad porque la Unidad de Producción puede solicitar lo que necesita y en las cantidades necesarias, el Planner debe hacer algunos ajustes para mantener una fuerza de trabajo estable y evitar cambios frecuentes, sin embargo; no será el caso cuando hay presiones para cumplir con los hitos programados o fechas de término. (Ballard, H., 2000)

3.2.3.4.2. 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". El método alternativo es el Sistema de Empuje o "Push System", que consiste en empujar insumos en un proceso basado en la entrega del objetivo o fechas de entrega 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. (Ballard, 2000)

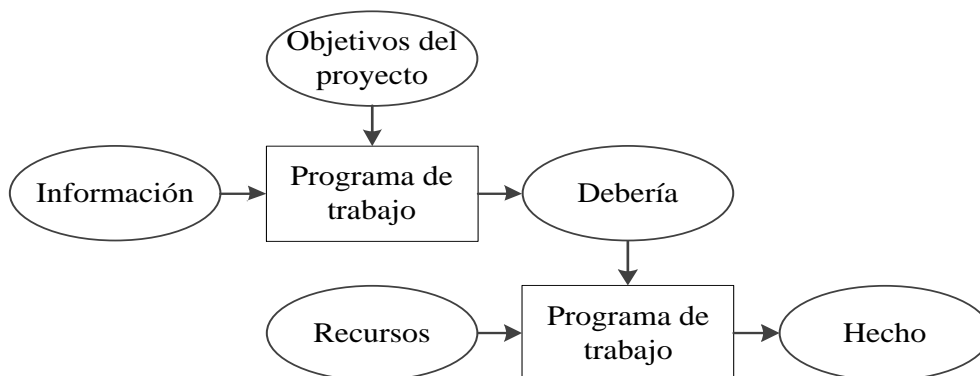


Figura N° 31.- Modelo de planificación tradicional (Push). Ballard (2000).

A diferencia del Push System, el Pull System solo permite que los recursos e información puedan ingresar al proceso de producción si el proceso de producción es capaz de realizar dicho trabajo. Como veremos más adelante en el proceso lookaahead 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. (Ballard, 2000).

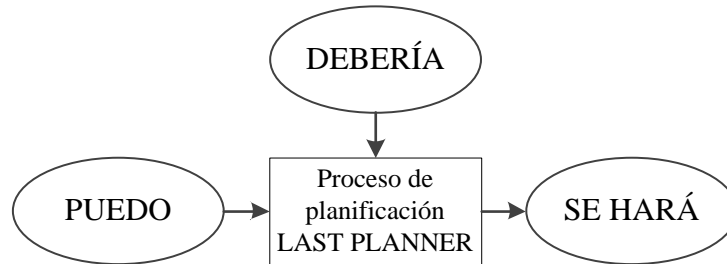


Figura N° 32. - Last Planner, un Sistema Pull (Ballard 2000)

3.2.3.5. SE PUEDE, SE DEBERÍA, SE HARÁ

Uno de los grandes cambios introducidos por el Last Planner System es el método de selección de las tareas que deben ser ejecutadas semanalmente. En la gestión tradicional, jefes de terreno, capataces y otras personas que participan directamente en la ejecución del trabajo planifican las tareas a ejecutar en función de aquello que DEBE ser hecho, dando por supuesto que los recursos necesarios estarán disponibles cuando se precisen, sin tener en consideración si realmente PUEDE ser hecho. (Sanchiz, I., 2013)¹⁸

La presión a la que se ve sometida el último planificador, dado que será evaluado por el cumplimiento de la programación, unida a la falta, escasa o tardía información, recursos o prerequisites, hace imposible que el SE HARÁ coincida con el DEBE, provocando un incumplimiento del programa y una imprevisión en la gestión del trabajo. (Sanchiz, I., 2013)

En el siguiente cuadro muestra el sistema tradicional, Ballard (2000), muestra cómo la planificación del trabajo se realiza teniendo en cuenta la información previa y los objetivos del proyecto, siendo a posteriori cuando se consideran los recursos disponibles. (Sanchiz, I., 2013)

¹⁸ SANCHIS MESTRE, I. (2013). *Last Planner System: Un caso de estudio*, pág 13-17, recuperado de <https://riunet.upv.es/browse?authority=378635&type=author>.

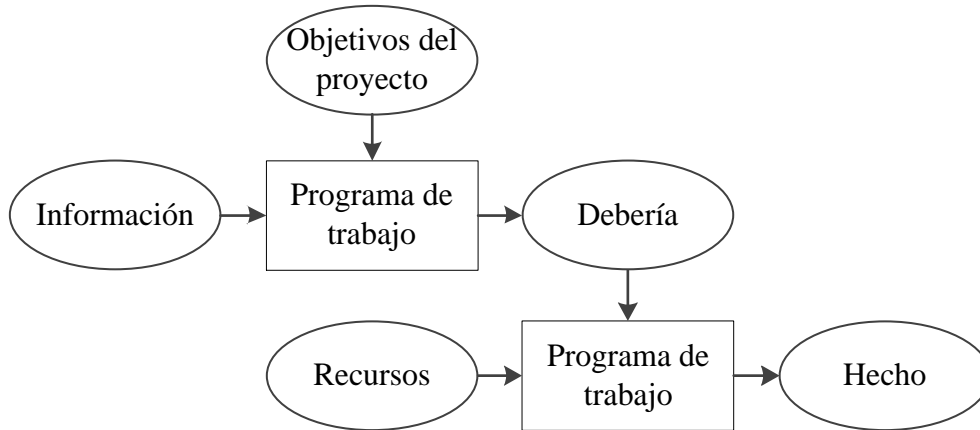


Figura N° 33.- Modelo de planificación tradicional (Push). Ballard (2000).

En contraposición, el método del Last Planner System realiza la planificación de qué DEBO hacer teniendo en cuenta qué PUEDO realizar según los recursos, prerequisites etc. Consiguiendo que aquello que SE HARÁ sea realmente ejecutable, en el siguiente cuadro se muestre cómo la planificación tiene en cuenta aquello que se puede ejecutar antes de decidir qué se realizará. (Sanchiz, I., 2013)

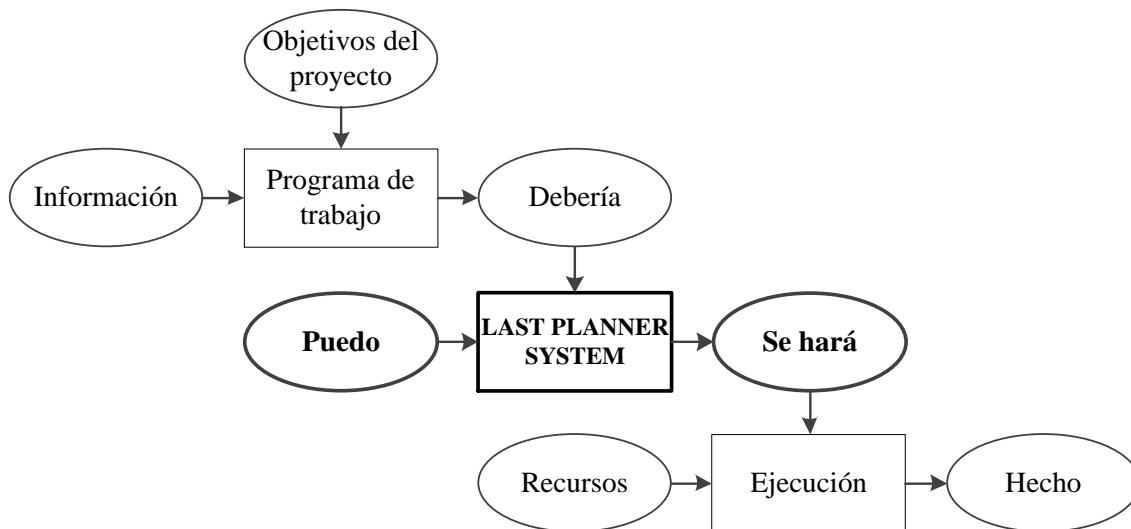


Figura N° 34.- Modelo de planificación Last Planner (Ballard, 2000)

Un tema de alta importancia en el esquema del último planificador es activar escudos para la producción. Esto se logra únicamente seleccionando actividades que pueden ser completados con éxito. Al generar escudos en la construcción logramos aislar en gran medida los procesos constructivos de tal forma que no afectan la construcción misma por factores externos como no contar con materiales a tiempo, problemas varios con proveedores, etc. Es común en la construcción le hechemos la culpa de la falta de confiabilidad a una serie de factores externos, los escudos además de reducir/eliminar estos problemas, eliminan las excusas de manejo de

terreno. (Ghio, V., 2001)

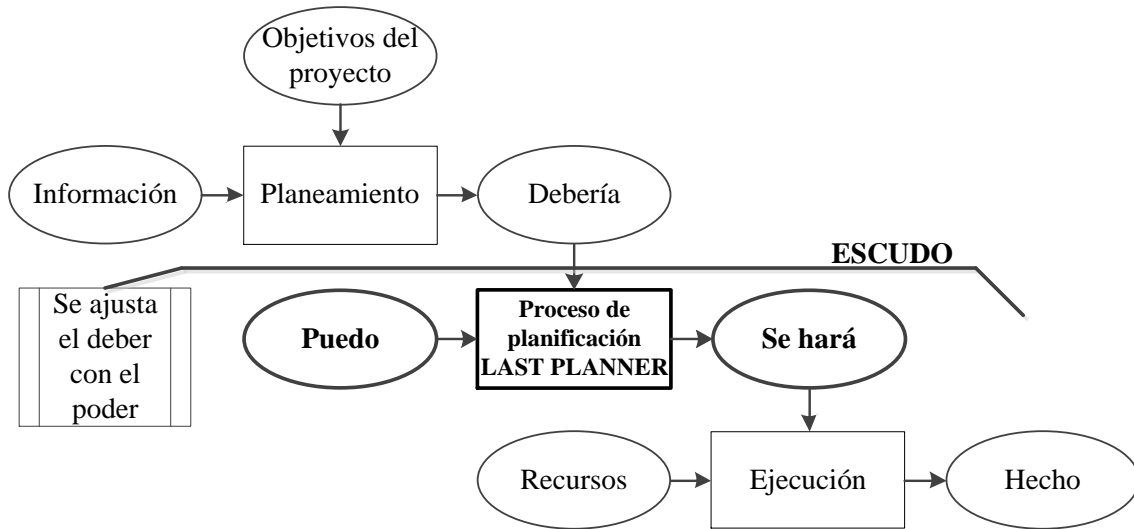


Figura N° 35.- Modelo de planificación Last Planner (V. Ghio. 2001)

Donde vemos la interacción entre las actividades planificadas, donde él PUEDE y el SE HARÁ son dos subconjuntos del DEBE, dado que el plan (SE HARÁ) se desarrolla sin saber lo que puede hacerse. (Sanchiz, I., 2013)

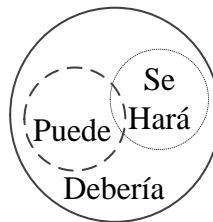


Figura N° 36.- Interacción de actividades planificadas (Alarcón 2001).

Así mismo, de lo descrito anteriormente es representado como tres círculos concéntricos, donde en la gestión tradicional el más pequeño representa aquello que SE PUEDE hacer, siendo más pequeño que aquello que se decidió que SE HARÁ. (Alarcón, F., 2001)

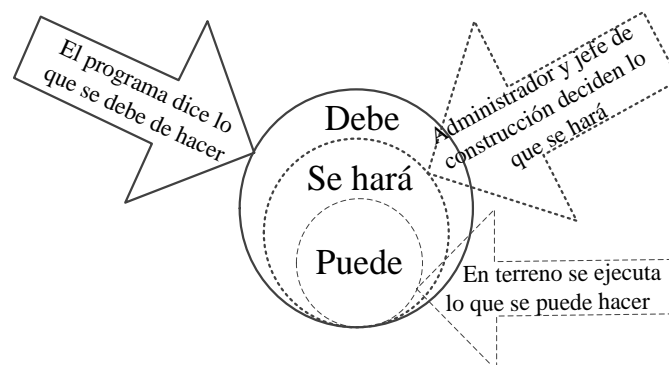


Figura N° 37.- Círculos concéntricos de la gestión tradicional (Alarcón 2001).

Para poder revertir esta situación Last Planner System usa la programación en cascada como se muestra en la figura N° 39, la programación a largo plazo indica qué SE DEBE realizar, el programa a medio plazo o Lookahead prepara el trabajo y realiza la revisión de restricciones, de manera que se tiene conocimiento de qué SE PUEDE hacer y el plan semanal programa una serie de actividades de las que pueden ejecutarse, comprometiendo a los agentes al cumplimiento del programa (SE HARÁ). (Sanchiz, I., 2013)

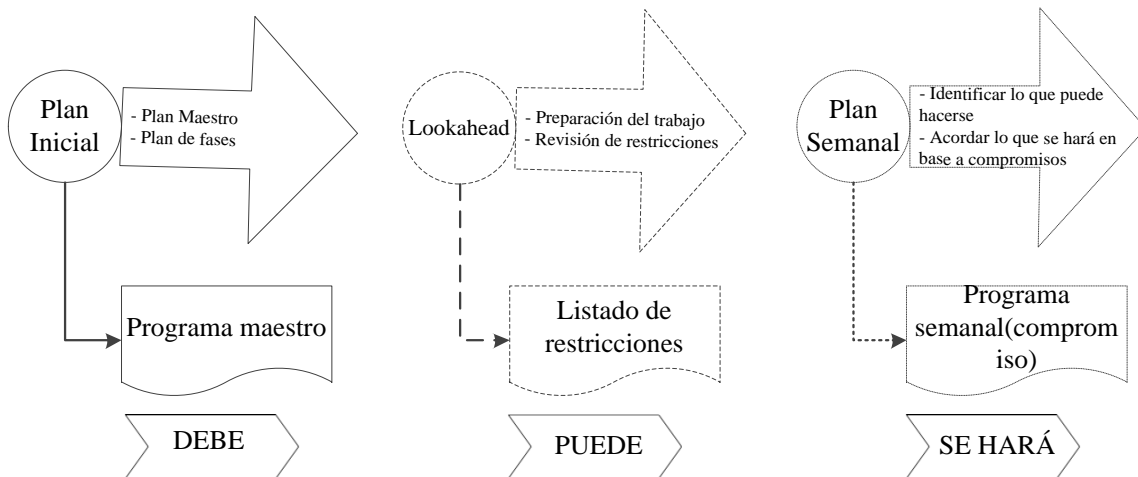


Figura N° 38.- Sistema Last Planner (Alarcón 2001)

Una vez aplicada el Last Planner System, representaríamos la interrelación entre las actividades como muestra la siguiente imagen, siendo mayor aquello que SE PUEDE hacer que lo que realmente SE HARÁ. (Sanchiz, I., 2013)

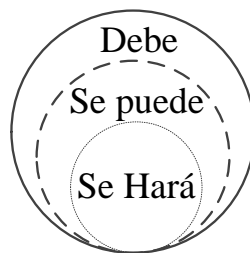


Figura N° 39.- Círculos concéntricos después de la aplicación Last Planner (Alarcón 2001).

En cuanto a los procedimientos, el sistema tiene dos componentes: la unidad de control de producción y control de flujos de trabajo. El trabajo del primero es hacer progresivamente mejores asignaciones a los trabajadores directos mediante el aprendizaje continuo y las acciones correctivas. La función de control de flujo de trabajo se refiere a que debemos hacer que el trabajo fluya activamente a través de las unidades de producción para lograr objetivos más alcanzables. (Sanchiz, I., 2013)

Los últimos planificadores dicen lo que SE HARÁ, que debe ser el resultado de un proceso de planificación de lo que DEBE ser ejecutado, en contraste con lo que PUEDE ser ejecutado.

A continuación se presenta el funcionamiento básico del sistema (Ballard, H., 2000).

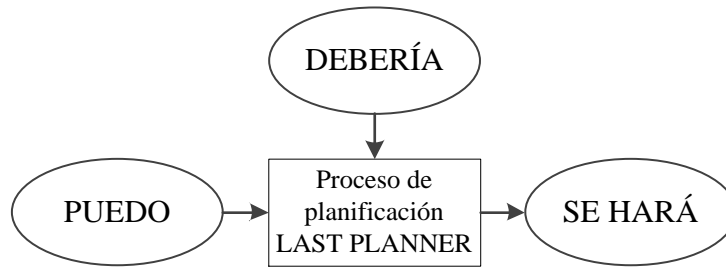


Figura N° 40. - Last Planner (Ballard 2000)

3.2.3.6. LAST PLANNER SYSTEM FOR PRODUCTION CONTROL

El sistema Last Planner, basado en los principios de Lean Construction, tiene como objetivo la fiabilidad de la planificación y, por lo tanto, mejora el rendimiento. El aumento de la fiabilidad de los planes se realiza actuando en varios niveles del sistema de planificación. (ILC, 2007).

La metodología de implementación de Last Planner agrega niveles de planificación entre el plan maestro y la decisión de ejecución por parte del último planificador. Estos niveles de planificación adicionales incorporan filtros orientados a proteger la producción de la incertidumbre, estableciendo una estrategia de ajuste de la planificación orientada a aumentar su confiabilidad (Ballard y Howell, 1994) (Leal, M., 2010)

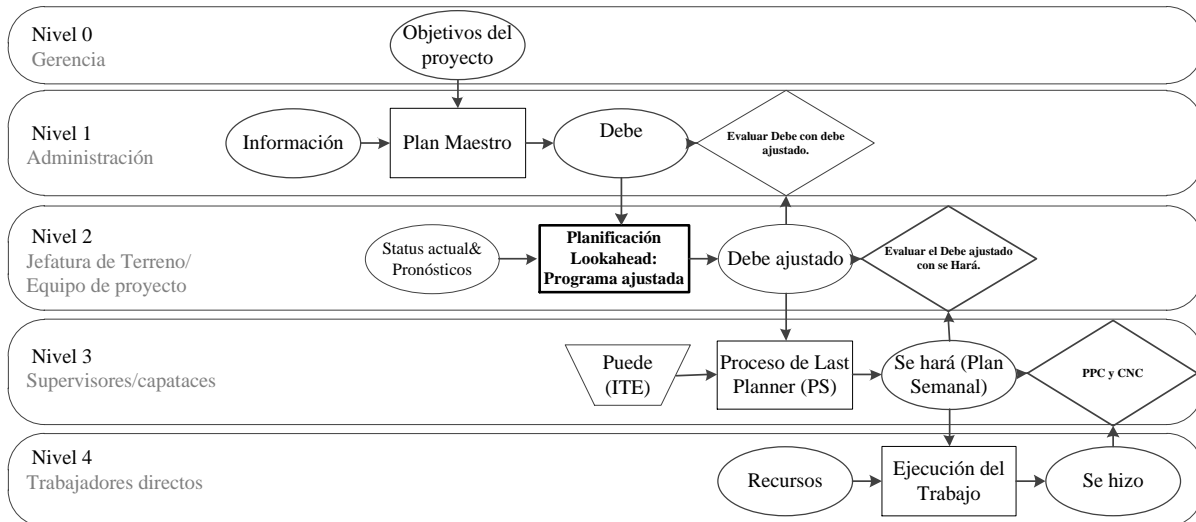


Figura N° 41.- Proceso de Last Planner (Ballard y HOWell, 1994) (Fuente Leal, 2010)

El ciclo de planificación de Last PLanner Sytem que se muestra en la figura N° 40, comprende: El programa maestro que cubre todo el proyecto, la programación de fases detallado que surge como planificación colaborativa, el plan prospectivo (Lookahead) con



análisis de restricciones y el plan de trabajo semanal con plan de porcentaje completo. (ILC, 2007).

La interface de planificación comienza con el Plan maestro lo que inicia la planificación estratégica, identificando las fechas importantes de los hitos e incorpora la lógica del método de la ruta crítica (CPM) para determinar la duración total del proyecto. La programación de fases genera una programación detallada que evoluciona durante el proyecto ampliando la planificación maestra en componentes de proyecto más detallados. Usando la planificación colaborativa combinada con la duración de la actividad de programación en fase inversa, las transferencias y las relaciones se evalúan más a menudo dando lugar a modificaciones a la lógica CPM. (ILC, 2007).

La planificación de la producción comienza con la ampliación de las actividades detalladas de la programación de fases en el plan de anticipación (Lookahead). El plan de Lookahead es una lista de actividades que deben ser trabajadas a lo largo de las próximas seis semanas. El plan se actualiza semanalmente donde se estudian las limitaciones que amenazan el flujo de trabajo confiable. La identificación de las responsabilidades y la preparación de las asignaciones se realizan mediante el análisis de la información de gestión de recursos.

El Plan Semanal de Trabajo es el plan más detallado del sistema, esto conduce directamente el proceso de producción. La fiabilidad del plan a este nivel se promueve haciendo sólo asignaciones de calidad y promesas confiables para que la unidad de producción quede protegida de la incertidumbre de líneas arriba. La asignación de trabajo es detallado en un compromiso medible al término del trabajo. Al fin de semana, las asignaciones son revisadas para su exhaustividad con el fin de medir la fiabilidad del sistema de planificación. Analizar las razones de los fracasos del plan y actuar por estas razones es la base del aprendizaje. (ILC, 2007).



Figura N° 42.- El ciclo de Last Planner System (ILC, 2007).

Se muestra las diferentes acciones dictadas durante el ciclo de planificación de Last Planner para establecer un flujo de trabajo confiable. (ILC, 2007).

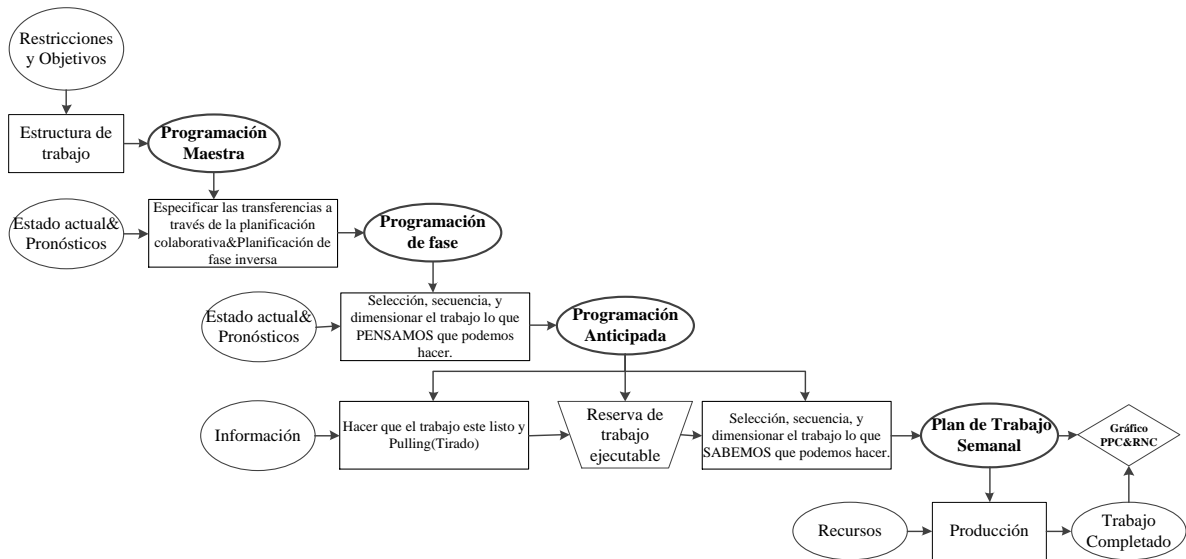


Figura N° 43.- El flujo del trabajo confiable según Last Planner System (ILC, 2007).

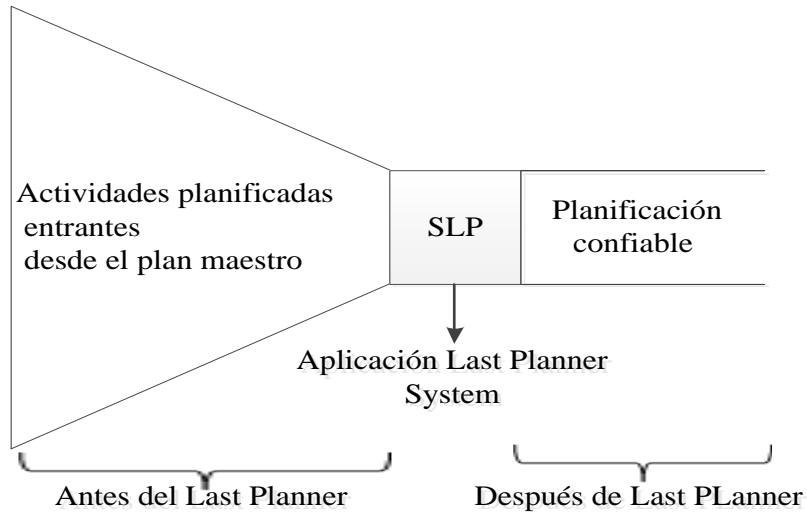


Figura N° 44.- Representación gráfica del Last Planner System (Rojas, 2005).

3.2.3.7. ESTRUCTURA DE LAST PLANNER

3.2.3.7.1. PROGRAMACIÓN MAESTRA (MASTER SCHEDULING)

Todo proyecto de construcción suele tener una planificación general, sobre la cual se plasma todos los objetivos generales que se plantearon en el programa inicial (Cronograma maestro). 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. (Miranda, D., 2012). La siguiente figura muestra la representación gráfica de la red de hitos de un proyecto (Alarcón y Serpell, 2003)

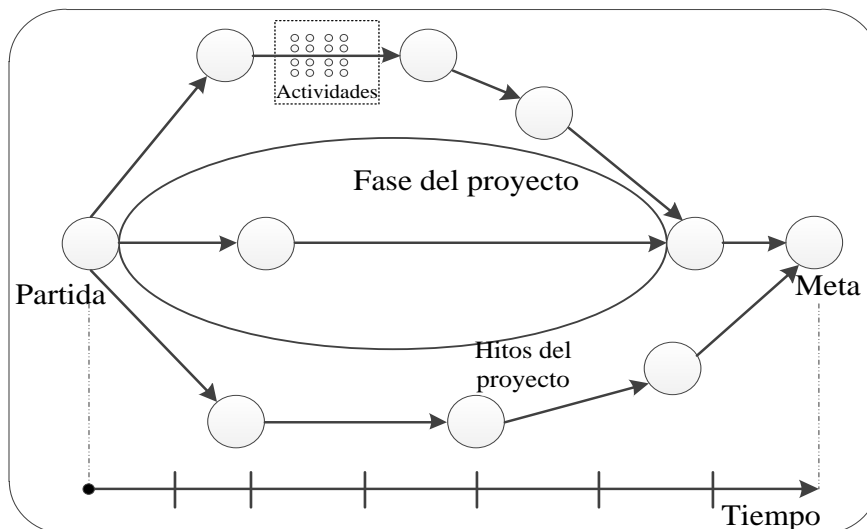


Figura N° 45.- Redes de hitos de un proyecto (alarcon y Serpell, 2003). (Fuente Coronel 2010)



El programa maestro se produce durante la planificación de la parte de interfaces y representa el nivel de la planificación del proyecto que especifica el calendario de las diversas fases por las que pasa un proyecto. Esta programación se desglosa principalmente por su función, área o producto. Esto cubre toda la duración del proyecto y presenta actividades a un nivel aproximado con un horizonte de planificación largo. Como un producto de la estructura de trabajo, el programa maestro refleja importantes hitos dictados por las limitaciones y los objetivos del proyecto. (LCI, 2007)

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. (Miranda, 2012)

3.2.3.7.2. PLANIFICACIÓN POR FASES (PHASE SCHEDULE)

La planificación por fase vincula con la estructura de trabajo y el control de producción proporcionando los objetivos a los cuales dirigir. Sin esto, no hay garantía de que el trabajo correcto esté siendo preparado y ejecutado en el momento adecuado para alcanzar los objetivos del proyecto. La integración y coordinación de varios operadores especialistas es el propósito del programa de fases. El nivel de detalle en la programación de fase es determinado por el requerimiento de que la programación de fase específica el traspaso entre especialistas involucrados en hacer el trabajo en la fase. Estos traspasos se convierten entonces en objetivos que deben alcanzarse mediante el control de la producción.

El concepto de "fase" es propuesto para ocupar el nivel de la estructura de desglose de trabajo que viene después de las subdivisiones del producto a ser construido. El trabajo a realizar por los especialistas involucrados en una fase se estructura a continuación mediante una subdivisión adicional del producto por especificación del proceso.

Cuando los proyectos son complejos, un único programa maestro puede representar actividades sólo en términos generales y un solo Lookahead para cubrir todas las tareas explotadas puede llegar a ser difícil de manejar. Por consiguiente, el programa maestro puede dividirse en planificaciones de fases como se muestra en la figura N° 46. Explotando las actividades de planificación maestra en conjuntos de tareas para duración total de la actividad, cada uno de los trabajos de agrupación que deben realizarse de manera así como la proximidad temporal entre sí. (LCI, 2007)

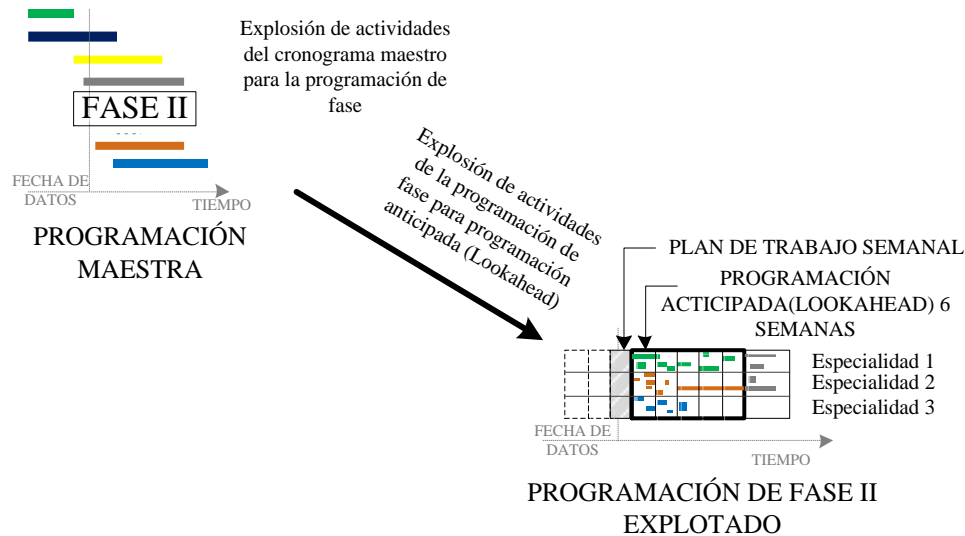


Figura N° 46.- Explosión del programa maestro en una programación de fases (ICL, 2007).

LCI recomienda el uso de la técnica de extraer (Pull) y planificación de equipos para desarrollar la programación de fase en el trabajo, desde el diseño hasta el cambio de personal. La programación de fase así producidos se basan en objetivos e hitos de la programación maestra del proyecto y proporcionando una base para la planificación anticipada (Planning Lookahead).

La técnica de extracción (Pull) se basa en trabajar desde antes de llegar a la fecha de término del objetivo (Algún tiempo llamado “Planificación de fase inversa”), las causas de las tareas son definidas y secuenciadas de manera que realizan hasta terminar el trabajo; es decir, lograr un traspaso. Una regla de “extradición (Pulling)” es hacer solamente el trabajo que libera el trabajo solicitado por alguien más. Siguiendo esa regla se reduce el desperdicio de la sobreproducción, uno de los siete tipos de desperdicios de Ohno. Trabajar antes de llegar a la fecha de término del objetivo elimina el trabajo que habitualmente no agrega valor.

El equipo de planificación son representantes involucrados de todas las organizaciones de trabajo que están dentro de la fase. Típicamente, los miembros del equipo escriben en hojas de papel breves descripciones del trabajo que debe realizar para liberar el trabajo de otros o los trabajos deben ser terminados por otros que realizan trabajos en equipo. Ellos graban o pegan las hojas en un muro en su secuencia esperada de ejecución. Por lo general, la planificación se sale de control a medida que la gente comienza a usar nuevos métodos y secuencias de negociación y tamaño del lote cuando ellos ven los resultados de sus actividades en otros. (LCI, 2007)

El primer paso para formalizar la planificación y la programación de fases es desarrollar



una red lógica por movimiento y ajustarlas. El siguiente paso es determinar las duraciones y ver si queda algún tiempo entre la fecha calculada de inicio y la fecha de posible inicio. Es crítico que las duraciones no sean holgadas por la variabilidad en la realización del trabajo. Diseñadores y Constructores especialistas pueden ofrecer duraciones sin holgura para las tareas asignadas, confía en que las incertidumbres serán amortiguadas y que las cargas injustas serán rectificadas. Nosotros primero tenemos que producir una programación "ideal" basado en estimaciones de duración media (técnicamente, la mediana es más que la Media desde la distribución de tiempo, y la duración de los valores está sesgada al lado más largo), una práctica recomendada por Goldratt en Critical Chain (página 45, Goldratt, 1997).

El equipo es el invitado para reexaminar la programación por lógica e intensidad (aplicación de recursos y métodos) para generar una mayor brecha. Entonces deciden cómo gastar el tiempo: (LCI, 2007)

- ✓ Asignar las variables más inciertas y potenciar la duración de tareas.
- ✓ Retrasar el inicio más tiempo para priorizar el trabajo o para permitir que surja la información más reciente.
- ✓ Acelerar la fecha de término de la fase.

Si la brecha no puede ser suficientemente positiva para absorber la variabilidad, la fecha de término de la fase debe ampliarse, y la atención se vuelve a inventar en el tiempo en fases posteriores. El punto clave es deliberadamente y públicamente generar, cuantificar y asignar la programación de contingencia (programación de actividades individuales) (LCI, 2007)

Objetivos:

El objetivo de la programación de fases es producir un plan para completar una fase de trabajo que maximiza el valor generado y que todos los involucrados entienden y apoyan, a elaborar un plan diseñado de las actividades programadas dentro del proceso de Lookahead y explotarlos dentro del detalle operacional y preparar para la asignación en los planes de trabajo semanal. (LCI, 2007)

Participantes:

Los participantes en el proceso de programación de fase son representantes de aquellos con trabajo en la fase. Contratista general y los subcontratistas, y tal vez las partes interesadas como diseñadores, clientes y agencias reguladoras. Los participantes deben traer programas relevantes y dibujos incluyendo la programación maestra y tal vez incluso el contrato. (LCI, 2007)



Procesos:

1. Definir el trabajo que se incluirá en la fase. Por ejemplo, cimentaciones, cuerpo de la construcción, etc.
2. Determinar la fecha de término para la fase, además de las principales versiones intermedias para las fases previas o para las fases posteriores.
3. Usando la planificación del equipo y tarjetas pegados en un muro, desarrollar la red de actividades necesarias para completar la fase, trabajando antes de la fecha de término, e incorporar los hitos intermedios.
4. Aplique un determinado tiempo para cada actividad, sin la contingencia o aumento en el tiempo estimado.
5. Reexaminar la lógica para tratar de acortar la duración (tiempo). 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 práctica de fase.
7. Si hay tiempo de sobra después de comparar el tiempo entre el inicio y la finalización de la duración de las actividades que están en el muro, se debe decidir qué actividades buffer (tienen tiempo de sobra) o pasa con tiempo adicional (darle más tiempo a la actividad).
 - ✓ ¿Qué duraciones de actividades son más frágiles?
 - ✓ Ordenar el rango de actividades frágiles por grado de incertidumbre.
 - ✓ Asignar el tiempo disponible a las actividades frágiles en orden de clasificación.
8. Nota: esto es la contingencia que usted planea gastar, a diferencia de la contingencia presupuestada.
9. ¿El equipo está cómodo que los buffers disponibles 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.
10. Si hay más tiempo disponible que lo necesario para el almacenamiento de buffer, se debe decidir si se desea acelerar el calendario o utilizar el exceso para aumentar la probabilidad de terminar a tiempo.
11. Reserva el 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: (Miranda, D., 2012)



Práctica Tradicional	Phase Scheduling
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.

Cuadro N° 06.- Comparación de Práctica tradicional vs Programación de fase (PSL Report, Ballard, 2009).

En resumen, la programación de fase se propone como una técnica para desarrollar un plan para completar el trabajo dentro de la fase de programación maestra. Esto también puede utilizarse como un medio para desarrollar propias programaciones maestro. Los planes se producen utilizando un equipo con enfoque, retroceso y asignación pública de una planificación de contingencia para absorber o amortiguar el resto de variabilidad. La transferencia entre varios especialistas involucrados en la fase llega a puntos focales para el control a través del sistema Last planner. El fracaso específico de esta transferencia deja Last Planner sin objetivos claros. Por consiguiente, la programación de fase es una parte integral del sistema de gestión de proyectos lean. (LCI, 2007)

3.2.3.7.3. PLANIFICACIÓN INTERMEDIA (LOOKAHEAD PLANNING)

El proceso de planificación anticipada (Lookahead) es el nivel intermedio en la jerarquía del sistema de planificación, por ello algunos autores lo consideran "programación intermedia". Se procede a la planificación de compromisos, lo que resulta en el plan de trabajo semanal. (LCI, 2007)

El periodo de Lookahead es usado para: (LCI Guide LP)

- ✓ Forma de la secuencia y velocidad del flujo de trabajo; Por ejemplo ajustar el tiempo y la secuencia de trabajo para conformarse con la disponibilidad de los recursos.



- ✓ Sincronizar el flujo de trabajo con el aumento de la mano de obra y equipamiento disponible.
- ✓ Preparar y mantener un trabajo continuo para evitar atraso cuando los ratios de producción varían de lo planificado.
- ✓ Elaborar planes detallados sobre cómo se debe realizar; considerando las cuestiones de seguridad, medio ambiente y calidad.

La planificación Lookahead, está dedicada a controlar el flujo de trabajo a través del sistema de producción, y agilizar para el Last Planner.

La planificación del compromiso implica comprometerse con lo que se hará, después de la evaluación del DEBE contra el PUEDO basado en la recepción efectiva de los recursos y la terminación de prerrequisitos. (LCI, 2007)

Horizonte de planificación:

Como se mencionó, el **programa maestro** identifica los hitos del proyecto a lo largo de todo el proyecto. El calendario de fases detalla el proceso de producción para apoyar los hitos y pueden abarcar varios meses. El programa de Lookahead suele tener de 5 a 6 semanas en el futuro. Tanto el Lookahead (anticipado) y el weekly work plan (plan semanas de trabajo) aumentan cada vez más las tareas a realizar, teniendo en cuenta las circunstancias reales. El Lookahead y, asu vez, el Plan de Trabajo semanal cubren un tiempo más corto en el futuro inmediato, pero reflejan mayores grados de confianza de que el trabajo será ejecutado.

El Lookahead, es una función de un trabajo natural que se realiza y la capacidad de respuesta de los proveedores, es decir, el suministro de los de entrada (incluidos los requisitos previos, los recursos e instrucciones) a varias actividades. Algunas actividades piden un plazo de ejecución más larga, por lo que toma un tiempo largo desde el momento de una solicitud para la entrega. Dependiendo de los detalles que se necesita, puede haber una amplia variación y significativa incertidumbre en el tiempo de entrega. Aquellos involucrados en el proyecto pueden ser conscientes de estos plazos de entrega para que puedan actuar en el momento oportuno sin poner en peligro la ejecución de algún proceso. Los tiempos de entrega deben ser aprobados durante la programación de interfaces para cada actividad en el programa maestro. (LCI, 2007)

Un buen número de actividades tienen plazos de entrega de sólo unos pocos días o semanas, sin embargo, una vez ordenado, ellos pueden ser entregados acorde a un calendario confiable (entrega prevista, por ejemplo, más o menos un día). Pedir y obtener una cantidad



razonable de materiales. Estos materiales pueden ser solicitados desde mucho tiempo antes de la actividad programada.

El lapso de tiempo cubierto por el programa Lookahead está determinada como el tiempo de preparar las previsiones para el trabajo (tal como el cálculo de las cantidades de entrega necesarias y de pedido) se puede hacer de forma fiable. Normalmente la ventana de lookahead se extiende desde 3 a 12 semanas en el futuro. Una vez que la actividad ingresa al Lookahead, es la tarea del Last Planner. (LCI, 2007)

Hacer que la actividad esté preparada para ejecutar por el tiempo programado, si un plazo de ejecución en una actividad excede el tiempo en el Lookahead, entonces el Last Planner no puede estar seguro de que la actividad estará listo para la fecha de inicio del programa siguiente. El Last Planner por lo tanto no admitirá esta actividad dentro del Lookahead, ello indica en el futuro que no ha sido pronosticado con precisión y la falta de voluntad del Last Planner permite que algunas actividades no avanza dentro del Lookahead.

Actividades que se publican en el Lookahead:

El proceso interfaz en la planificación, resulta en el programa maestro y programa de fases, cubre todas las actividades de todo el proyecto. Por lo contrario, el Lookahead incluye sólo actividades que cumplen ciertas consideraciones. (LCI, 2007)

1. **Explosión (Explosion):** detallando las actividades del programa maestro mediante el modelo de definición de actividades. Se necesita una mayor cantidad de detalle durante la planificación Lookahead de las entradas y salidas de la actividad para que el Planner pueda analizar las limitaciones de la actividad y asegurarse de que la actividad se puede preparar para su fecha de inicio programada.
2. **Revisión (Screening):** para avanzar o retardar las tareas en la ventana de Lookahead, se basa en el estatus de restricción antes de iniciar la programación de la actividad. El criterio de calidad para el Lookahead Planner es usar una proyección de actividades.
3. **Preparar (make ready):** tomar las medidas necesarias para eliminar restricciones de las actividades y que estén listas en la hora programada para la asignación en el Plan de Trabajo Semanal por el Last Planner.

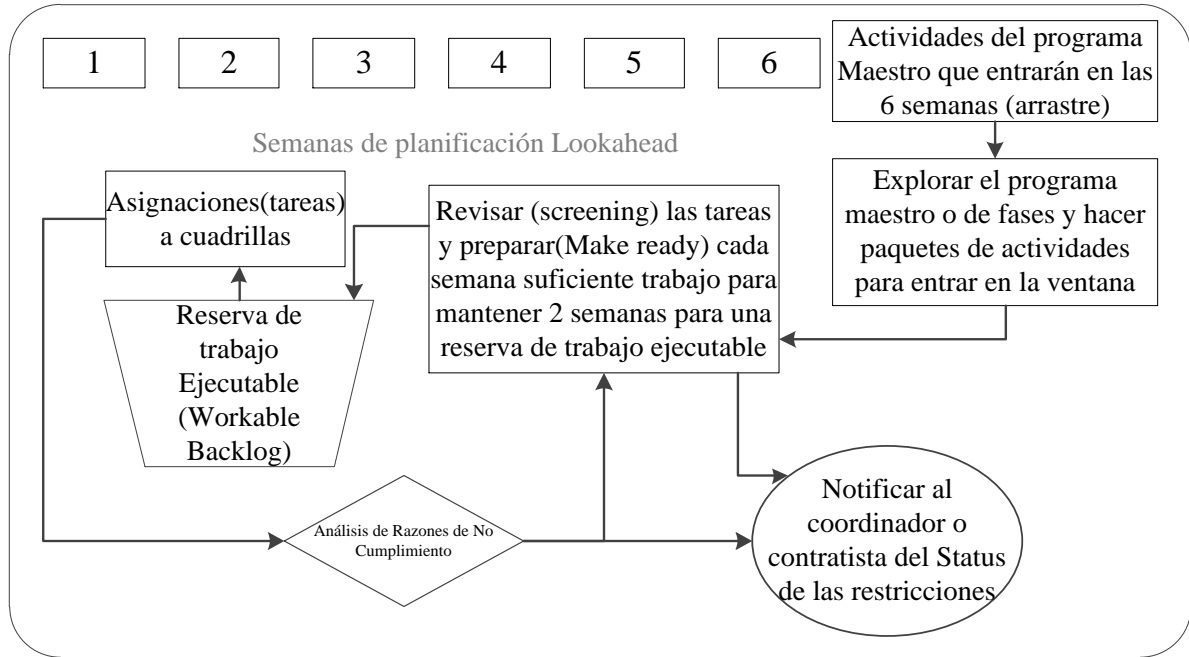


Figura N° 47.- Proceso Lookahead, Preparar (Make Ready) mediante revisión (Screening) y arrastre (Pulling). (Ballard, 2000).

Funciones del proceso de Lookahead

Las funciones del Lookahead Planning según Ballard, son: (Miranda, D., 2012)

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

Como ya se explicó, 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.

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.

Medida de desempeño de Lookahead

Una medida tradicional para el desempeño del proyecto es comparar HIZO (DID) con los objetivos del proyecto. (LCI, 2007)

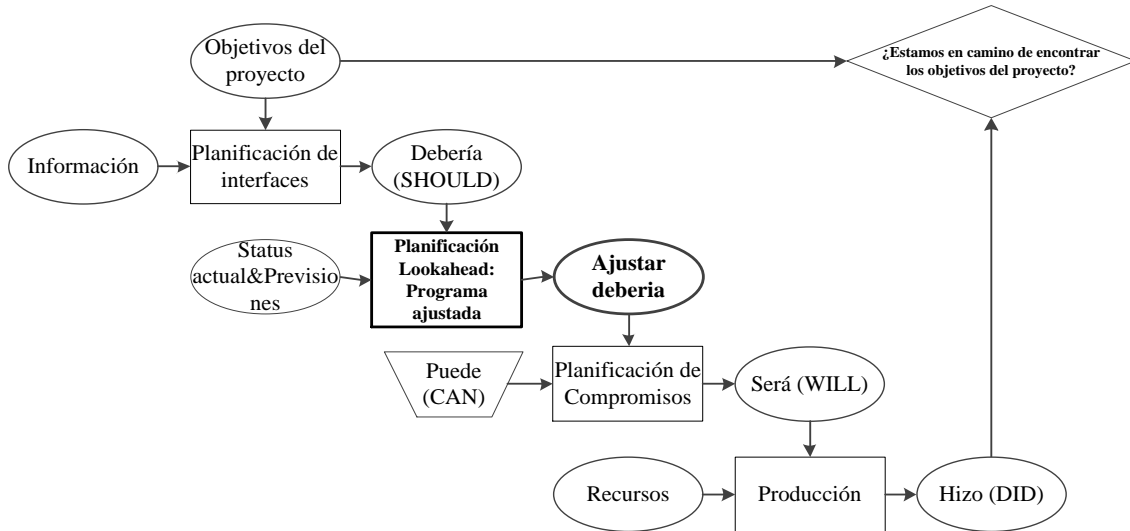


Figura N° 48.- Medida de desempeño del Lookahead.

Por el contrario, el sistema de planificación Last Planner, con sus técnicas de planificación Lookahead y asignaciones, permite medir el desempeño del proyecto en diferentes niveles. (LCI, 2007)

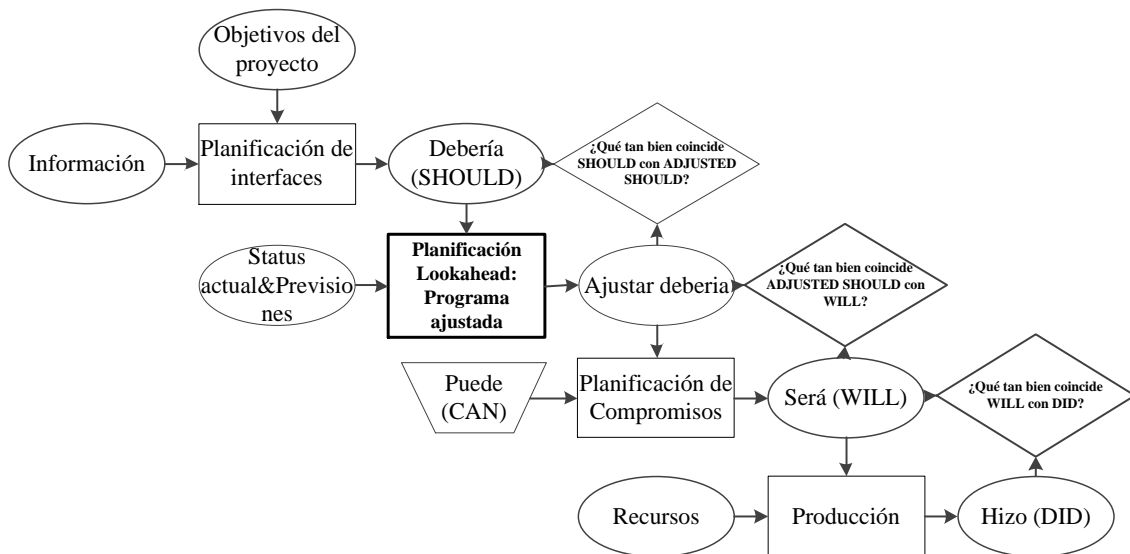


Figura N° 49.- Medida de desempeño del Lookahead.

3.2.3.7.4. 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. (Miranda, D., 2012)

El objetivo del Plan de Trabajo Semanal es: (LCI, guide)

- ✓ Identificar las acciones preparadas y evaluar su viabilidad antes de hacer asignaciones para proteger a las unidades de producción (cuadrillas) o equipos de la incertidumbre.
- ✓ Hacer el mejor uso de la capacidad de la unidad de producción o del equipo, reconociendo las diferencias de los individuos, a la luz de las cargas programadas.

Lookahead para la Planificación Semanal

Estos son los pasos involucrados en el proceso de cada semana.

Paso 1: Ingrese la última información del status y pronóstico en el proyecto maestro y programación de fases. Ajustar los inicios, las terminaciones, las secuencias y las duraciones en consecuencia.

Paso 2: No permita ninguna asignación en la semana que no esté lista, excepto por decisión de la gerencia del proyecto.

Paso 3: Examine las semanas restante en el Lookahead, excepto el último, pasando del presente al futuro. Poyecte o elimine todas las asignaciones que no pueden prepararse cuando estén programadas. Trate de mantener para cada equipo (unidad de producción) una cantidad de dos veces la tarea que pueden ser completados en una semana.

Paso 4: Identifique aquellas actividades programadas para iniciar o completar el Lookahead de la semana y elimine (screen) todas las actividades que sabe que no puede prepararse (make ready) a pesar de estar programadas.

Paso 5: Traducir las actividades de Lookahead para la semana dentro del lenguaje de asignaciones, agrupando las operaciones interdependientes que deben planificarse como un todo.

Paso 6: Calcule las hh designados para la asignación programada en la obra del Lookahead de la Semana. Si la cantidad de trabajo ejecutado cae por debajo de la cantidad necesaria para mantener la programación, decida si se debe o no aumentar la mano de obra para acelerar el progreso.



Paso 7: Produzca una lista de acciones necesarias para que estén bien preparar las asignaciones. El trabajo que se permite en el periodo de Lookahead es evaluado cada semana antes de poder avanzar más. Como se indica en el paso 3, el objetivo es mantener un buffer de aproximadamente dos semanas para las asignaciones, o ajustar la fuerza de la mano de obra al actual flujo de trabajo cuando no se puede mantener un buffer. Un buffer de dos semanas ha demostrado ser una meta práctica. Aunque puede haber casos en los que PPC es consistentemente alto que requieren menos de dos semanas de trabajo para una unidad de producción. Sin embargo, para dimensionar adecuadamente el búffer, es necesario primero determinar la actual capacidad productiva de la unidad y el grado de variación de la productividad en el tiempo.

Paso 8: Estudios de primera ejecución para actividades que comienzan entre la semana 4 y la semana 6. (LCI, 2007)

Los estudios de primera ejecución deben ser parte rutinaria de la planificación, preferiblemente conducido de tres a seis semanas antes del inicio de una nueva operación. Esto incluye la realización de la operación de la manera más realista posible, con el fin de probar y aprender a realizar el mejor trabajo posible, identificar las habilidades y herramientas disponibles o necesarias, la interacción de la operación con otros procesos.

Aceleran la evolución de una operación ya que el movimiento entre etapas no se deja al azar. El equipo y toda la unidad de producción se ocupa de todo los detalles de la operación en la planificación antes de movilizarse al campo. Las áreas de incertidumbre pueden ser identificadas de antemano y las decisiones tomadas en el proceso de afrontamiento y aprendizaje a ser empleado.

A menudo la cuadrilla puede reducir el tiempo empleado en la fase de aprendizaje inicial de la operación, ayudado por simples gráficos. La idea de la interacción se puede agregar al estudio dibujando un diagrama del proceso.

El diseño de las primeras operaciones no se limita a operaciones repetitivas. En efecto, todas las operaciones deben ser sometidas a un diseño cargado en cada proyecto. Los estudios típicos incluyen procesos, balance de cuadrillas y diagramas de flujo. Es de suma importancia medir y comprender la variabilidad en los ratios de llegada de los insumos y las duraciones de procesamiento. Las operaciones de construcción generalmente comienzan con una incertidumbre significativa, pero los estudios de primera ejecución lo reducirán y facilitarán el



aprendizaje mediante la definición clara de un proceso que puede ser mutuamente acordado y criticado.

Un beneficio adicional viene con la participación de seguridad y control de calidad en el diseño de la operación en lugar de tratar de inspeccionar más adelante. (LCI, 2007)

En la planificación de trabajo semanal el Last Planner registra el número de terminaciones reales con los datos de PPC. Esta medida de rendimiento PPC, evalúa la fiabilidad del trabajo planificado en una semana para el futuro. (LCI, 2007)

Ciclo de planificación Semanal (Weekly Planning Cycle)

La planificación de trabajo semanal se realiza poco antes de realizar el trabajo. Suponiendo que el plan semanal comience los lunes, aunque sean posibles cualquier día de la semana, la planificación de la próxima semana debería comenzar esta semana y la coordinación con las otras especialidades, terminadas su labor durante una reunión a mitad de semana. Esta reunión involucra a un coordinador de reuniones y todo los Last Planner del proyecto cuyo trabajo está relacionado con los requisitos previos, recursos compartidos, directivas, u otra potencial restricción. El objetivo de la reunión es triple: (LCI, guide)

- ✓ Evaluar y aprender del PPC de la semana pasada.
- ✓ Crear el plan de trabajo para la semana siguiente.
- ✓ Determinar las necesidades de preparación para el resto de la semana.

El Plan de Trabajo Semanal desarrollado durante esta reunión a mediados de semana puede ajustarse al final de la semana, cuando se dispone de información de última hora sobre la finalización del trabajo preparatorio y la probable finalización del trabajo programado para esa semana. (LCI, guide)

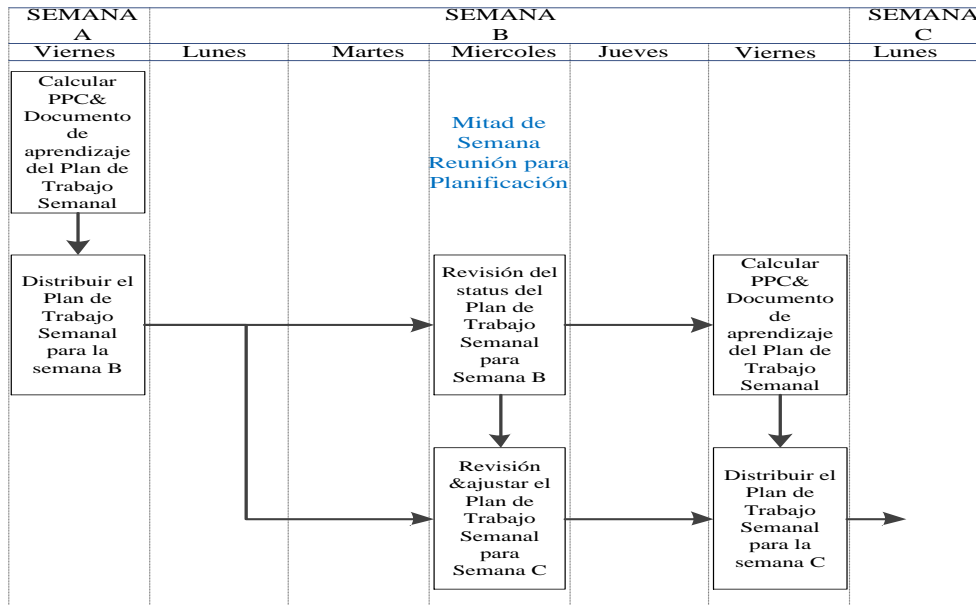


Figura N° 50.- Ciclo de Planificación Semanal.

Last Planner debe traer a la reunión de mitad de semana sus datos reales de PPC de la semana pasada con las razones identificadas para las asignaciones que no se completaron. La reunión de esta semana es para que todos los planificadores informen sobre las causas de los fracasos de sus planes e identifiquen cómo se pueden prevenir en el futuro. La prevención a menudo requiere consideración y acción por parte de otras unidades de producción (cuadrillas) o niveles más altos de supervisión, por lo que la reunión debe aclarar quién debe tomar acción. (LCI, guide)

La revisión del Plan Semanal de Trabajo de la semana actual y la información sobre el estado del trabajo es para comunicar cómo van las cosas, para permitir que otras unidades de producción adquieran una idea de los cambios del plan o soliciten ajustes de otros, y finalmente para determinar qué acción se puede tomar para aumentar PPC en esta semana. (LCI, guide)

Finalmente, cada Last Planner presenta su Plan de Trabajo Semanal para la siguiente semana. Este intercambio de información combinado con la negociación entre Last Planner ayudará a resolverlas alternativas de secuenciación donde están involucrados los recursos compartidos. (LCI, guide)



Last Planner trae a la reunión semanal de trabajo: <ul style="list-style-type: none">✓ Plan de Trabajo Semanal de la semana pasada con PPC y razones para el fracaso del plan identificado.✓ El plan semanal de trabajo de esta semana e información sobre la situación del trabajo.✓ Un primer corte en el Plan de Trabajo Semanal de la próxima semana y una lista de necesidades preparadas.✓ La programación Lookahead con el estado de las restricciones como se conocen.	El coordinador aporta: <ul style="list-style-type: none">✓ La programación del proyecto Maestro, Fase y Lookahead.✓ Información de estado del cliente, reguladores, diseñadores, proveedores, jefes de proyecto, unidades de producción u otros con participación en el proyecto.✓ Un plan de trabajo semanal propuesto para apoyar los hitos de la fase. (Si es necesario)
--	--

Cuadro N° 07.- Apuntes para las reuniones.

La reunión semanal de planificación del trabajo puede ser seguida de una segunda reunión, el último día de la semana. El tiempo entre las dos reuniones de planificación de trabajo permite a Last Planner cuidar de algunas necesidades de preparación. En la segunda reunión, ajustarán y finalizarán el Plan de Trabajo Semanal de la próxima semana después de revisar el estado real de su Plan Trabajo Semanal de la semana actual. (LCI, guide)

Además, todos los Last Planners deben verificar la finalización del trabajo de preparación para las asignaciones de las próximas semanas. Algunos pueden todavía tener que ser terminados en la semana próxima y requerirán así el seguimiento oportuno. Si este trabajo de preparación no se realiza a tiempo, la asignación correspondiente está condenada a fallar. La unidad de producción, por lo tanto, ni siquiera debe comenzar este trabajo, sino más bien seleccionar una asignación alternativa en su reserva de trabajo ejecutable (workable backlog). (LCI, guide).

Antes del fin de trabajo del viernes, todos los Last Planners finalizan sus planes de Trabajo Semanal y distribución a sus unidades de producción, así como a los supervisores. (LCI, guide).

La reunión semanal de ajuste de planificación de Trabajo es para que los Last Planners determinen:

- ✓ ¿Qué asignaciones probablemente se completarán más tarde ese día y así aumentar



PPC?

- ✓ ¿Qué asignaciones permanecerán incompletas cuando termine el día?
- ✓ ¿Se completará el trabajo incompleto haciendo horas extraordinarias ese viernes o durante el fin de semana, o deberían ser asignado para la próxima semana?
- ✓ ¿Qué trabajos de preparación queda por hacer durante la próxima semana?
- ✓ ¿Si una tarea preparada o cualquier asignación fuera a caer, ¿cómo se afectara el plan de trabajo?
- ✓ ¿Hay trabajo alternativo disponible en la Reserva de Trabajo Ejecutable?

Resumen ejecutivo de una buena reunión de planificación semanal

La planificación de trabajo semanal se realiza con los siguientes miembros, (Sanchiz, I., 2013)

Asistentes

- ✓ Administrador de Obra
- ✓ Facilitador, Jefe de terreno o Encargado de Planificación
- ✓ Supervisión y capataces
- ✓ Representante de la Of. Técnica
- ✓ Subcontratistas
- ✓ Proveedores

Revisión de la semana anterior

- ✓ Controlar el cumplimiento de las actividades
- ✓ Calcular el PPC
- ✓ Determinar las Causas de No Cumplimiento
- ✓ Tomar acciones correctivas para las Causas de No Cumplimiento
- ✓ Definir actividades pendientes
- ✓ Tomar acciones correctivas para recuperar atrasos, principalmente con las actividades críticas

Preparación de Programa semanal

- ✓ Revisar el estado de restricciones del Lookahead anterior.
- ✓ Definir el nuevo Inventario de Trabajo Ejecutable.
- ✓ Contrastar el inventario con el programa propuesto por el último planificador.



- ✓ Definir el programa semanal, adquiriendo compromisos y dejando actividades en espera por si existe algún inconveniente con las planificadas.

Actualización del Plan Lookahead

- ✓ Presentación del nuevo plan Lookahead por parte del planificador de la obra.
- ✓ Revisar el estado de restricciones del nuevo Plan Lookahead.
- ✓ Definir un responsable para la liberación de restricciones, definiendo las acciones para esto.

Documentos e información que deben traer los asistentes

Planificador o Facilitador de la reunión

- ✓ Programa Maestro
- ✓ Lookahead antiguo
- ✓ Lookahead nuevo tentativo
- ✓ Posterior a la reunión entrega el Lookahead definitivo a los asistentes
- ✓ Posterior a la reunión entrega el programa Semanal definitivo a los asistentes

Ultimo Planificador

- ✓ PPC
- ✓ Causas de No Cumplimiento
- ✓ Propuestas de Soluciones a causas de no cumplimiento
- ✓ Información del estado de trabajo
- ✓ Estado de liberación de restricciones bajo su responsabilidad
- ✓ Plan de trabajo tentativo
- ✓ Plan intermedio anterior

3.2.3.8. COMPONENTES DE LAST PLANNER

3.2.3.8.1. RESERVA DE TRABAJO EJECUTABLE (WORKABLE BACKLOG)

La reserva de tareas ejecutables (Workable backlog) está compuesta por todas las tareas que poseen alta probabilidad de ejecutarse, es decir, está conformado por las tareas del Lookahead que tiene liberadas todas sus restricciones, de esta manera se crea un inventario de tareas que sabemos que pueden ser ejecutadas. (LCI, 2007)

- ✓ 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)

En esta etapa, estamos pasando desde las actividades que se deben de hacer, hacía las actividades que se pueden hacer. En el inventario de trabajo ejecutable no sólo pueden haber tareas de las semanas futuras, sino que también puede haber tareas que se debían haber ejecutado en la semana en curso; pero que no lo hicieron al no ser consideradas en las asignaciones semanales. (CAD, 2017) 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 y/o hacer trabajos que más tarde el trabajo resultaría más costoso y difícil. 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. (Miranda, D., 2012)

La otra finalidad de la Reserva de Trabajo Ejecutable (RTE) es ejecutar el trabajo que está listo para hacer pero no está asignado en el Plan Semanal de Trabajo, debido a que la unidad de producción termina las tareas antes de lo esperado. Recordar que el Last planner y su unidad de producción (cuadrilla) tiene como objetivo un trabajo confiable para los demás equipos de trabajo. Planificar la fiabilidad es la clave para el rendimiento del sistema. En consecuencia, el Last Planner debe cargar a su unidad de producción (cuadrilla), es decir, realizar asignaciones que absorben menos del 100% de su capacidad para realizar el trabajo requerido. Recuerde que el flujo de trabajo confiable es el primer objetivo del sistema de planificación y es más importante que la productividad a corto plazo de su equipo. Mantener la Reserva de Trabajo Ejecutable viable le permite mantener la productividad alta mientras atiende a los que dependen de su cuadrilla. (LCI Guía)

3.2.3.8.2. ASIGNACIONES DE CALIDAD (AC)

El Last Planner utiliza información sobre la disponibilidad de recursos para moverse dentro de las actividades seleccionadas del Weekly Work Plan que cumplen ciertos criterios y que se muestra en la primera semana del programa Lokahead. 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). 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. Los planes de trabajo semanal son efectivos cuando las asignaciones cumplen cinco criterios de la calidad específica (LCI, 2007 basado en 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.

Tener un plan que cumpla estos criterios de calidad no garantiza el éxito. Un plan siempre podría fallar en la ejecución. Sin embargo, el propósito de Last Planner es ayudar a minimizar los fallos de calidad del plan para evitar fallos de ejecución innecesarios. (LCI, 2007)

3.2.3.8.3. ANÁLISIS DE RESTRICCIONES (CONSTRAINTS ANALYSIS)

Una vez identificadas las asignaciones, se someten a análisis de restricciones. Los diferentes tipos de asignaciones tienen diferentes restricciones como; listas de contratos, diseño, presentaciones, materiales, prerrequisitos de trabajo, espacio, equipo y trabajo; Más de una categoría abierta para todas las demás restricciones. Otras restricciones podrían incluir permisos, inspecciones, aprobaciones, etc. En el diseño de las restricciones pueden visualizarse la lectura del modelo de las actividades definidas: Claramente de directivos (nivel de exactitud requerido, el uso previsto de la salida, la sección aplicable del código), el trabajo previo (datos,



evaluaciones, modelos), mano de obra y recursos técnicos. Anteriormente cumplimos con las restricciones de control de la unidad de producción; así como las razones no cumplimiento de las tareas en los planes de trabajo semanales. (Ballard, 2000)

3.2.3.8.4. PORCENTAJE DE PROGRAMA COMPLETO (PPC)

El Last planner System necesita medir el desempeño del Programa de Trabajo Semanal (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. (LCI Guía).

La calidad de las asignaciones de un "Supervisor de primera línea" (Last Planner) puede ser revisada por un superior antes de su emisión, pero dicha inspección durante el proceso de producción rutinario no mide los datos, incluso cuando las correcciones son necesarias. El Sistema de planificación para los rendimientos es fácil medido indirectamente, a través de los resultados del plan ejecutado. (Ballard, H., 2000)

$$PPC = \frac{\text{N}^\circ \text{ de actividades planificadas completas}}{\text{N}^\circ \text{ de actividades planificadas en total}} \%$$

El PPC es un indicador, que se convierte en estándar para ejercer el control del nivel de unidades de producción, derivándose de un conjunto sumamente complejo: Horarios de trabajos, estrategias exclusivas, Precios Unitarios, etc. La calidad de los planes es, hacer mayor PPC de trabajos correctos con recursos dados, es decir mayor productividad y progreso. (Ballard, H., 2000)

El PPC evalúa hasta qué punto Last Planner System fue capaz de anticiparse al trabajo que se haría en la semana siguiente (LCI Guía). Es decir, 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. Es importante aclarar que el PPC mide el cumplimiento de lo programado, no el avance de la obra, es decir, cuán acertado o no han sido los compromisos adoptados de otros y por supuesto, el manejo de las restricciones, etc. Por lo tanto, es importante medir el éxito de todo el sistema de planificación y tomar medidas para mejorar su desempeño. (Sanchiz, I., 2013).

PPC evalúa hasta qué punto el Last Planner fue capaz de anticipar qué trabajo se haría en la próxima semana. Mide si WILL (HARIA) coincide con DID (HIZO) (LCI, 2007), con esto refleja su fiabilidad del Sistema de planificación en términos de PPC. (LCI Guía).

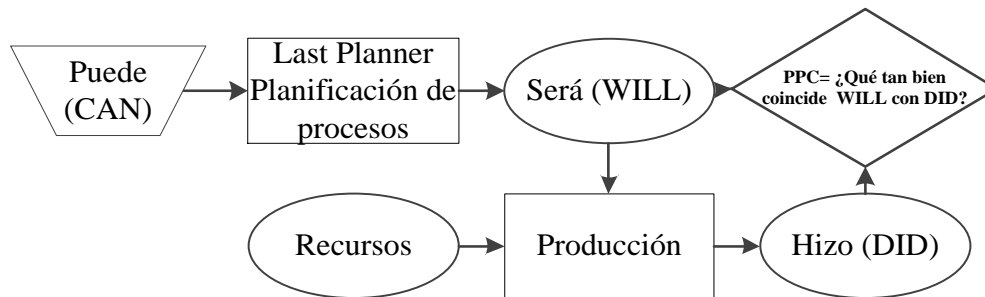


Figura N° 51.- Rendimiento del Sistema de Planificación PPC.

Si una asignación ha sido completada requiere una respuesta SI o NO. El Last Planner no da crédito a las asignaciones del Plan de Trabajo Semanal que permanecen incompletas al final de la semana, incluso aunque puedan haber iniciado. La razón de esto es que sólo el trabajo terminado puede ser entregado a la siguiente unidad de producción, así que si alguna parte permanece incompleta, no puede tener una transferencia limpia. Con el fin de crear un flujo fiable de una unidad de producción (cuadrilla) a la siguiente, los compromisos de finalización de fin de semana deben cumplirse. (LCI, 2007)

El Last Planner otorga a cada unidad de producción cierto margen de maniobra con respecto a la variación de la programación evaluando la terminación sólo una vez por semana. La variación del programa puede ser causado a un mal criterio en cuanto al alcance, resultando en malas estimaciones en cuanto a la duración y el calendario para la ejecución de las asignaciones; condiciones imprevistas del lugar que hacen que el trabajo se realice en una secuencia alternativa; la falta de disponibilidad del trabajador específico al que se hizo una asignación; u otras razones. Siempre en cuando estas variaciones no impidan que la asignación se complete al final de la semana, la unidad de producción obtendrá crédito por ello. Por su puesto, el Last Planner querrá aprender de cualquier variación que ocurrió de manera similar la variación se puede prevenir o al menos contabilizar en los planes de trabajo semanal desarrollado posteriormente. (LCI, 2007)

El Last Planner puede ser implementado desde el inicio de un proyecto o puede ser implementado en un proyecto que ya está en marcha (LCI, 2007)

3.2.3.8.5. RAZONES DE NO CUMPLIMIENTO (RNC)

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. (Miranda, 2012)

Si una asignación ha sido completada requiere una respuesta SI o NO. El Sistema Last Planner normalmente permite cierto margen de maniobra con respecto a la variación del horario evaluando la terminación sólo una vez por semana. En los casos en que la sincronización es crítica, PPC se puede medir al día o la hora en cualquier caso. 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 (RNC). Mediante este análisis se puede mejorar el PPC de las siguientes semanas y en consecuencia mejorar el rendimiento del proyecto. Dichas razones lo realizan Capataces, Supervisores de campo o ingenieros responsables de la ejecución del plan. Las razones podrían incluir: (LCI, Guia)

- ✓ Incumplimiento de los requisitos como prometido.
- ✓ Procedimientos poco claros o inaceptables.
- ✓ No entender el esfuerzo requerido.
- ✓ Condiciones imprevistas del sitio o mal tiempo.
- ✓ Conflictos con otras unidades de producción (cuadrillas) por espacio o equipo.
- ✓ Mala programación.
- ✓ Exceso de carga para la unidad de producción.
- ✓ Funciones no definidas para los ejecutores de la tarea.
- ✓ Error de diseño o error del proveedor descubierto en el intento de llevar a cabo una actividad.

En conclusión, la importancia de las Razones de No Cumplimiento es el aprendizaje para no volver a repetir estos errores en el futuro. (LCI, Guia)

Promesa confiable

“La coordinación y control del proyecto en el Last Planner Sytem es principalmente la práctica de obtener declaraciones confiables de realización de aquellas actividades que liberan el trabajo a otros”. Dado que la planificación ocurre en la conversación, la promesa confiable permite el trabajo de proyecto para permanecer en la secuencia deseada y avanzar lo más rápidamente posible. (LCI, 2007)

La promesa confiable puede ser explicada por la teoría de la acción lingüística. Los compromisos empiezan por la petición que analizaron, después de algunas aclaraciones y ciclos



de negociaciones, se hace un compromiso. Declarar la terminación señala un desempeño aceptable que conduce a la satisfacción.

La promesa confiable es la práctica utilizada para aumentar la confiabilidad de la terminación de las tareas del proyecto creando así un flujo de trabajo confiable. "Los proyectos son promesas al cliente y su realización se realiza mediante acciones coordinadas a través de prometer a todos los niveles".

El Last Planner genera muchos niveles de conversación y coordinación entre grupos de proyectos que culminan en un plan de compromisos a través de la articulación de actos lingüísticos de declaraciones, solicitudes, promesas, evaluaciones y afirmaciones. Estos compromisos se basan en actualizaciones continuas y evaluaciones del status del proyecto y conectan el trabajo ya ejecutado con la intención de realizar el próximo trabajo y coordinar su finalización.

En el contexto de completar las actividades prometidas y liberar el trabajo a otros, la promesa confiable se logra cuando se satisfacen los siguientes elementos: (LCI, 2007)

- ✓ Las condiciones de satisfacción son claras entre la parte que hace la promesa y el cliente (después de la actividad).
- ✓ La parte que hace la promesa es competente para realizar o tengo acceso a la competencia (materiales, herramientas, instrucciones, etc).
- ✓ La parte que hace la promesa ha estimado la cantidad de tiempo para realizar la actividad cumpliendo la promesa y ha reservado y asignado la capacidad requerida.
- ✓ El lado que hace la promesa es sincero y no tiene una conversación privada, tácita que contradiga la realización.
- ✓ El lado que hace la promesa hará todo lo posible para llevar a cabo la responsabilidad de las consecuencias que puedan derivarse de no cumplir la promesa.

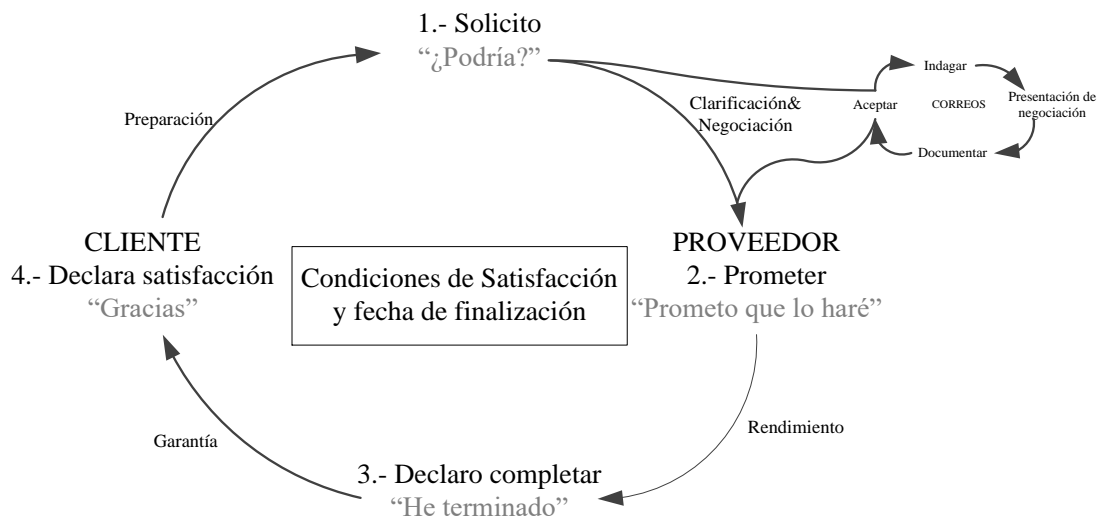


Figura N° 52.- La física de la coordinación y la promesa confiable.

A partir del modelo de proyecto basado en la teoría de la acción lingüística, en comparación con el modelo tradicional de administración, se caracterizan las distintas perspectivas (Howell et al, 2004): (Leal, M. 2010)

	Enfoque tradicional (Fayol)	Nuevo Enfoque (Flores)
Paradigma	Reduccionista, determinístico. El proyecto como máquina. Enfoque en control. Producción en masa.	Holístico y orgánico. Proyecto es un esfuerzo humano y social. Red de compromisos. Producción Lean.
Problema	La eficiente ubicación y uso de los Recursos.	Construir y mantener confianza a través de promesas fiables. Favorecer el aprendizaje e innovación.
Visión de futuro	Creada y mantenida por la Administración y transmitida a los trabajadores.	Creada en conjunto.
Planificación	El acto inicial de la administración, trabajo de expertos.	Práctica en equipo para dar coherencia a los compromisos con lo prometido al cliente.
Inteligencia	Reside en el administrador.	Reside al nivel de agregación del



	Enfoque tradicional (Fayol)	Nuevo Enfoque (Flores)
Operacional		valor, trabajadores directos.
Rol de la administración	Administrar es planificar. Creación e implementación de planes.	Administrar es organizar. Creación de una estructura organizacional coherente
Rol de los Trabajadores	Hacer el trabajo determinado por el plan de la administración y sus decisiones. Robots	Agentes autónomos e inteligentes, con capacidad de tomar decisiones. Responsabilidad que ejercer juicio. Personas.
Modelo de Liderazgo	Comando y control. Comunicaciones directivas a los trabajadores.	Coaching. Fomento continuo del entorno organizacional, construir confianzas entre personas para la comunicación. Aprendizaje e innovación.
Motivación	Externas, recompensas y castigos dirigidos hacia la consecución de objetivos. Imposición de metas	Generados internamente. Individuos conectan sus intereses, meta compartida es más posible que cada individual
Técnica Central	Plan CPM, Valor Ganado	Conversaciones a cada nivel Plan de Fase Lookahead Plan de trabajo semanal

Cuadro N° 08.- Enfoque Tradicional y Nuevo Enfoque de Acción Lingüística (Leal, 2010)



3.3.DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

1. **Planificación.-** Acción de planificar, elaborar o establecer el plan conforme al que se ha de desarrollar algo, especialmente una actividad.
2. **Planeamiento.-** Elaboración o establecimiento de un plan.
3. **Programación.-** Acción de programar, Establecer o planificar el programa de una serie de actividades. Dar las instrucciones necesarias a una máquina para que realice su función de manera automática.
4. **Filosofía Lean.-** Entendemos LEAN como una filosofía de trabajo que busca la excelencia de la empresa, por lo tanto, sus principios pueden aplicarse a todas las fases de un proyecto: diseño, ingeniería, pre-comercialización, marketing y ventas, ejecución, servicios de post-venta, atención al cliente, etc. (Pons, J. 2014)
5. **Lean Thinking.-** Es una filosofía que tiene dos pilares; la mejora continua (kaizen) y la mejora radical (kaikaku), en virtud de esta metodología las empresas pueden ser más eficientes y reducir costos originados por la "no calidad".
6. **Lean Production.-** Es un sistema que tiene como finalidad eliminar o reducir al máximo los elementos que no aportan de manera positiva en recursos, tiempo, espacio u otros; para agregar valor al producto. (Guzmán, A 2014)
7. **Lean Construcción.-** Es el que abarca la aplicación de los principios y herramientas LEAN al proceso completo de un proyecto desde su ejecución hasta su ejecución y puesta en servicio.(Pons, J. 2014)
8. **Last Planner System.-** Es una herramienta dentro de la filosofía LEAN CONSTRUCTION para controlar interdependencias entre los procesos y reducir la variabilidad de estos, con lo que asegura el mayor cumplimiento posible de las actividades planificadas, llamándolo así un sistema de control de producción en el cual se rediseñan los sistemas de planificación tradicionales incorporando nuevos estamentos con el fin de lograr compromisos en la planificación.(Barría, C. 2009)
9. **Variabilidad.-** Calidad de variable; que varía o puede variar, hacer que una cosa difiera en algo de lo que antes era. (RAE)
10. **Actividades.-** Facultad de obrar, conjunto de tareas propias de una persona o entidad.
11. **Control de la producción.-** Es la toma de decisiones y acciones que son necesarias para corregir el desarrollo de un proceso, de modo que se apegue al plan trazado.
12. **Productividad.-** Cantidad producida tomando como punto de referencia el trabajo



- realizado o el capital invertido.
13. **Tarea.-** Trabajo que debe de hacerse en un tiempo limitado.
 14. **Hitos.-** Es una tarea de duración cero que simboliza el haber conseguido un logro importante en el proyecto. Los hitos son una forma de conocer el avance del proyecto sin estar familiarizado con el proyecto y constituyen un trabajo de duración cero porque simboliza un logro, un punto, un momento en el proyecto.
 15. **Pérdidas.-** Mal uso o desperdicio de algo.
 16. **Desperdicios.-** Derroche de una cosa; residuo no aprovechable.
 17. **Constructibilidad.-** Es parte de la reflexión de la calidad de los documentos de diseño; eso implica que si los documentos de diseño son difíciles de entender e interpretar, el proyecto será difícil de construir.
 18. **Retroalimentación.-** Se designa el método de control de sistemas, en el cual los resultados obtenidos de una tarea o actividad son reintroducidos nuevamente en el sistema con el fin de controlar y optimizar su comportamiento
(<https://www.significados.com/retroalimentacion/>)
 19. **Optimización.-** Acción de optimizar, conseguir que algo llegue a la situación óptima (bueno) o dé los mejores resultados posibles.
 20. **Confiabilidad.-** Es la capacidad de un ítem de desempeñar una función requerida, en condiciones establecidas durante un periodo de tiempo determinado.
 21. **Mejora continua.-** Mejorar la eficacia de un sistema aplicando la política de calidad, los objetivos de calidad, los resultados de las verificaciones de inspección, el análisis de los datos, las acciones correctivas y preventivas y la revisión de la dirección. (ISO 9000 8.5.1. mejora continua).
 22. **Eficacia.-** Capacidad de lograr un efecto deseado, esperado o anhelado.
 23. **Eficiencia.-** Capacidad para lograr ese efecto en cuestión con el mínimo de recursos posibles o en el menor tiempo posible.
 24. **Calidad.-** Conjunto de propiedades inherentes a una cosa que permite caracterizarla y valorarla con respecto a las restantes de su especie.
 25. **Staff de obra:** Es el equipo de trabajo que son responsables de la ejecución y seguridad de la Obra.



CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL LAST PLANNER

4.1. CASO I: EMPRESA 1

4.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto *“Mejoramiento de la Prestación de Servicio Educativo en el Nivel Inicial y Primario en la I.E. N° 34033 Progreso, en el Centro Poblado de Paragsha, Distrito de Simón Bolívar Provincia de Pasco – Pasco”*.

La ubicación del proyecto es de la siguiente manera:

Departamento: Pasco

Provincia: Pasco

Distrito: Simón Bolívar

Localidad: Centro Poblado de Paragsha

La inversión para este proyecto es de S/. 9, 531,966.18

El plazo de ejecución de Obra es de 300 días calendarios.

La Empresa contratista encargada de la ejecución es denominada **“Consortio Progreso”** (E&S S.A., GIOVANNY&ALI CONTRATISTAS S.C.R.L. y QUISPEC EJECUTORES & PROYECTISTAS I.R.L.), su contratación es bajo la modalidad de suma alzada.

4.1.2. ORGANIGRAMA PARA EL PROYECTO DE LA EMPRESA CONTRATISTA

El Organigrama presentado por la Contratista **“Consortio Progreso”** para el proyecto, considera que el **“Staff de Obra”** es lo suficiente para llevar el proyecto en marcha como se muestra en la figura N° 53.

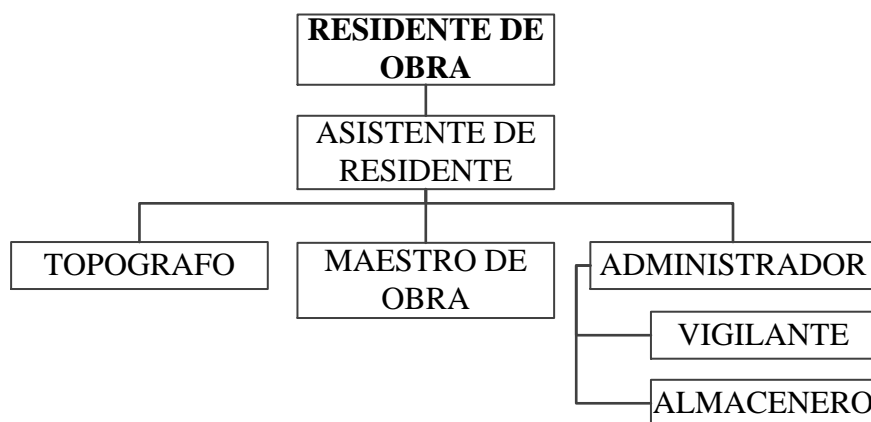


Figura N° 53.- Organigrama de obra antes de la implementación de Last Planner – Caso I
(Fuente Propia).

4.1.3. PROPUESTA DE USO DE LAST PLANNER SYSTEM

Para poder lograr una visión participativa y de compromisos, como indica que debe ser el Last Planner System, se propuso modificar el organigrama del personal técnico en obra para tener un mayor control. El organigrama propuesto para el Staff del Contratista es como se muestra en la fig. N° 54. La Gerencia de Obra, se encuentra propuesto por la Gerencia de la Empresa con la finalidad de tener un control de todos sus proyectos en ejecución, el Planner será el encargado de realizar el planeamiento y control de la Obra en campo. El área de administración, personal de asistente se designa debido a que el proyecto abarca dos subproyectos uno del Sector Inicial y otro del Sector Primaria en diferentes ubicaciones y apoyo para el control de Almacén y vigilancia. Y el personal de oficina técnica se asigna por finalidad de la Gerencia de Obra, calcular la productividad en obra.

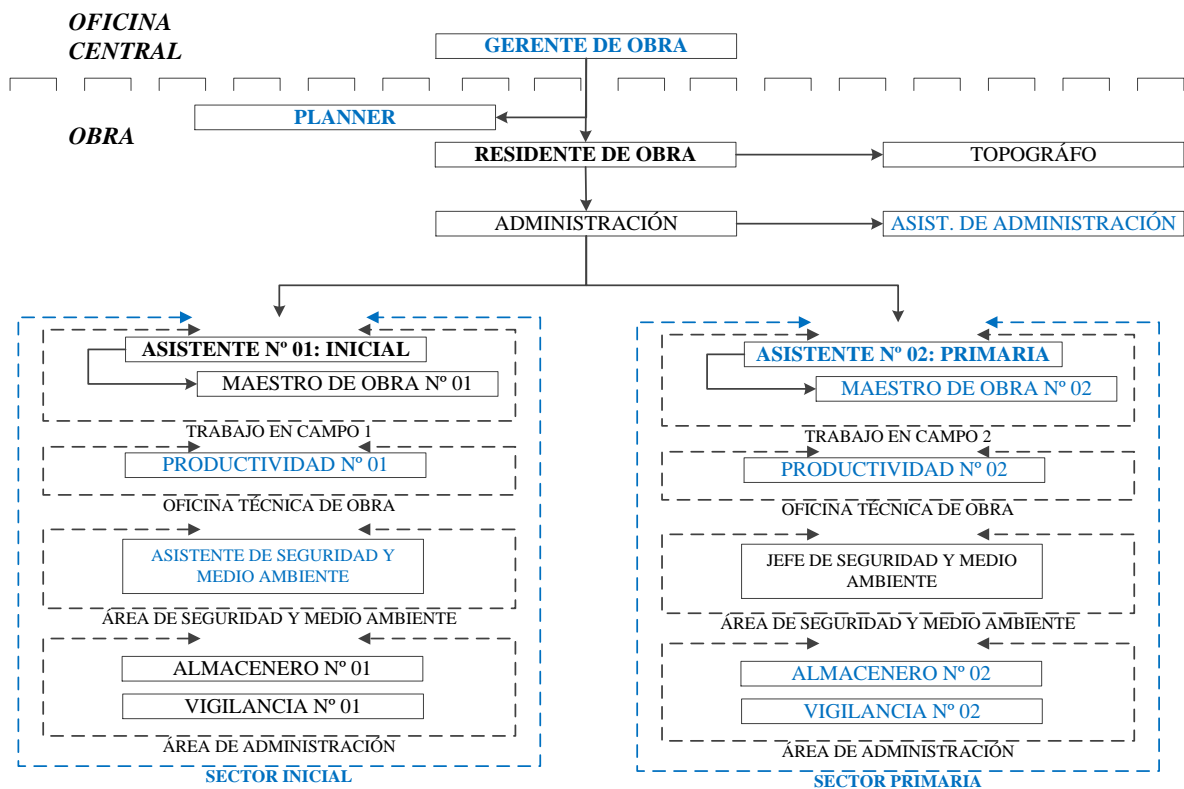


Figura N° 54.- Organigrama de obra después de la implementación de Last Planner– Caso I (Fuente Propia).

4.1.4. APLICACIÓN DEL SYSTEM LAST PLANNER

La metodología que se usó para la implementación piloto del Last Planner System en los proyectos en estudio. En ambos casos la propuesta de implementación para la presente tesis se basa en fases propuestas encontradas en la bibliografía del IGLC. Los pasos 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 se estableció un esquema de fases para la implementación del LPS, que se presenta en la figura N° 03.

4.1.4.1.FASE 1: ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS

Para el Diagrama de flujo de procesos se definieron y detallaron las etapas del proyecto correspondiente, con la finalidad de identificar los procesos que estas etapas involucran, para así mapear todos los procesos que involucra todo el proyecto, como los procesos constructivos, como se muestra en las fig. N° 55 y fig. N° 56.

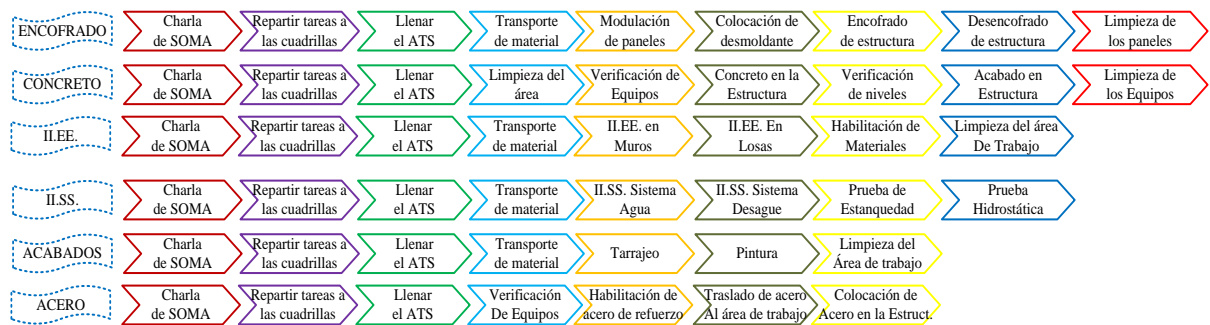


Figura N° 55.- Flujos de Trabajo – Caso I



Figura N° 56.- Flujos de Procesos para la construcción –Caso I.

Siendo el Last Planner System (LPS) un sistema que se aplica a la etapa de construcción, la “estandarización de procesos” se realiza con todo el personal del “Staff de Obra” con la finalidad de hacer un seguimiento efectivo de la ejecución de cada actividad.

4.1.4.2.FASE 2: INDUCCIÓN

Para poder proceder con la implementación del Sistema Last Planner y nociones respecto a lo que es la Lean Construction. Por ello se preparó una inducción para el “Staff de obra”. 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:

- ✓ Cambiar el pensamiento de un sistema de planificación “push” a uno “pull”.
- ✓ Mostrar el flujo de procesos para la programación de actividades usando el LPS.

Situación del proyecto:

En coordinación con todo los involucrados se realiza una reunión donde expresan sus Puntos de vista de todo el proyecto, en ese momento se da a conocer de cómo se encuentra el proyecto respecto al avance, su planificación y seguimiento del proyecto.

- ✓ Planificación de obra independiente.
- ✓ No hay interacción entre jefes de cuadrillas.
- ✓ Desfase de cronogramas.
- ✓ Continúas reprogramaciones generales en todo el proyecto.
- ✓ Restricciones no previstas a su debido momento.
- ✓ No hay mejora continua ante situaciones repetitivas.

Con ello se intentó identificar cuáles son las falencias al hacer la programación y seguimiento de la obra, 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.

Cambio de pensamiento:

Luego de indicar al equipo las falencias para coordinar en la obra, se busca concientizar al "Staff de Obra" de que un flujo de "jalar actividades" funciona mucho mejor que el simplemente "empujar".

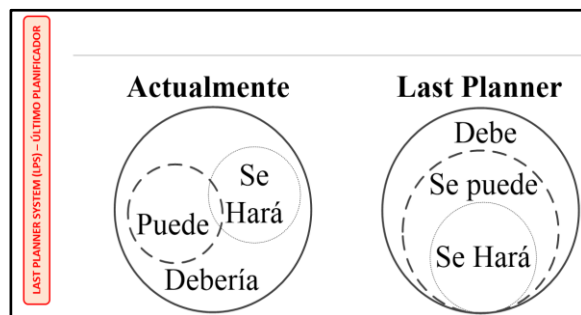


Figura N° 57.- Diapositiva 4 de charla de inducción (Fuente Propia)

Flujo para planificación y seguimiento:

Se planteó al "Staff de Obra" la nueva forma de realizar la planificación y seguimiento mediante el Last Planner System; como se muestra a continuación en la fig. N° 58.

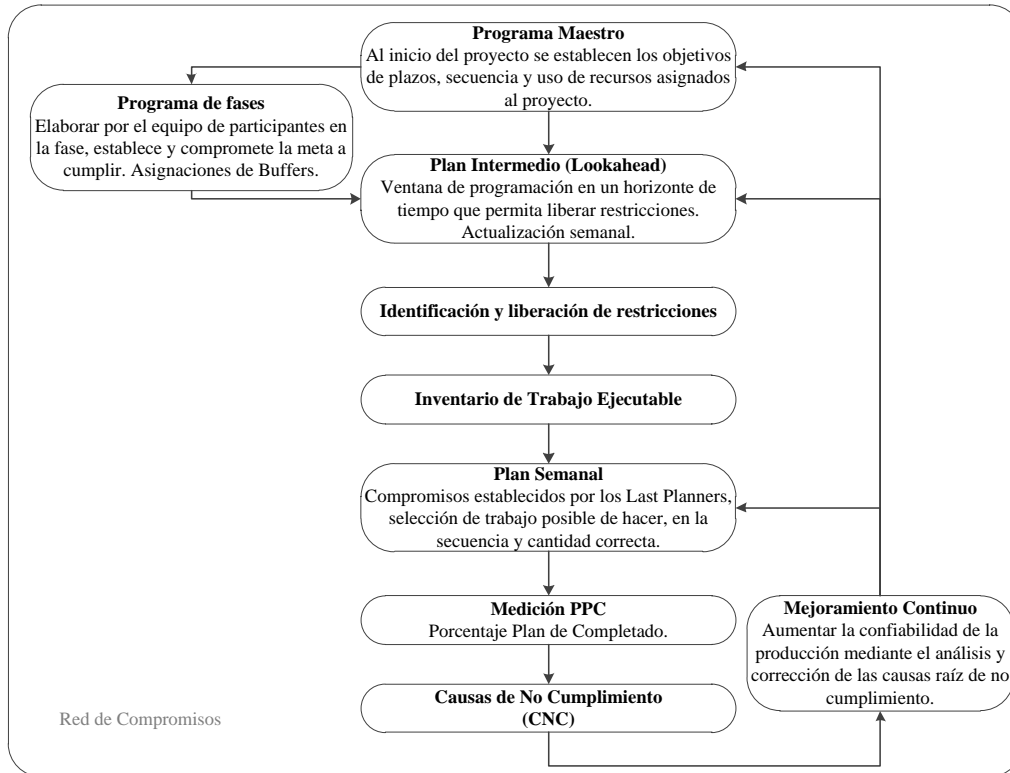


Figura N° 58.- Secuencia de Implementación (Alarcón et al, 2002) (fuente Leal, 2010) (Leal, 2010)

4.1.4.3.FASE 3: APLICACIÓN DEL LPS

Para la implementación del Last Planner System es necesario que se identifique a un coordinador y/o al último planificador ó Last Planner, y cada miembro del “Staff de Obra” debe de tener funciones.

4.1.4.3.1. PLAN MAESTRO

La elaboración del **Cronograma Maestro** (Master Schedule) se muestra en el Anexo N° 02, de preferencia en el Ms Project u otro programa similar, es aquel donde abarca todo el horizonte del proyecto. Para la implementación del Last Planner System(LPS) el Cronograma de Obra, ya se encuentra aprobado por la entidad y se hace uso para la ejecución como Cronograma Maestra, en dicho cronograma se muestra que su intención del planificador es intervenir en manera prioritaria el Módulo I (Ver Anexo 02) correspondiente a las aulas de 3 años y 4 años respectivamente como se muestra en el Anexo 03 los sectores S1 y S3 de forma paralela con las Obras Provisionales, módulo V (Ver anexo 04) corresponde al S1, módulo VIII(Ver anexo 04) corresponde al S8 y el Muro de contención (Ver anexo 03) corresponde al S10. Sin embargo, no se entiende la intención del planificador, si existen restricciones “falta



demoler estructuras existentes” para poder intervenir los sectores en el Nivel Inicial (S10, S1 y S3) y en el Nivel Primario (S1 y S8).

4.1.4.3.2. PLANIFICACIÓN POR FASES

La planificación por fase es propuesta para ocupar el nivel de la estructura de desglose de trabajo y/o por especialidades. La programación de fase así producidos se basan en objetivos e hitos de la programación maestra del proyecto y proporcionando una base para la planificación anticipada (Planning Lookahead), Se observa en el Anexo 05.

Para la implementación se realizó el desglose por módulos y/o sectores como se muestra en el Anexo 06, usando el Buffer de tiempo para el Planning Lookahead. Con la finalidad de presentar una mejora al Cronograma Maestra se planteó un cronograma de prioridades, donde se muestra que después de las Obras Provisionales, es la construcción del Muro de Contención (S10 en el Nivel Inicial) y secuenciar la intervención en los sectores S1,S3 y S6 también en el Nivel Inicial. Y en forma paralela intervenir los sectores S1 y S2 en el Nivel Primario.

4.1.4.3.3. PLANIFICACIÓN INTERMEDIA (LOOKAHEAD)

El proceso de planificación intermedia (Lookahead) es la jerarquía del sistema de planificación en Last Planner, se planifica por módulos como se muestra en el Anexo 06.

En esta de planificación se tiene presente el sistema de planificación “Pull” o sistema denominada sistema de arrastre (jalar del último hacia el inicio). Para ello se tuvo las consideraciones de definir el equilibrio entre carga y capacidad, relacionando con la velocidad que se muestra en los precios unitarios del expediente técnico y la estandarización de procesos constructivos. El Lookahead generados fueron para el Nivel Inicial (S11: Cerco Perimetrico, S10: Muro de Contención, S1: Módulo I-3 años y S3: Módulo I – 4 y 5 años) y en el Nivel Primario (S13: Cerco Perimetrico, S2: Módulo VI – Administrativos, S1: Módulo V-aulas y para desmontaje y demolición de estructuras). Es aquí donde se inicia la descoordinación, si en la planificación de fases se presenta como fecha de inicio las Obras Complementarias en el quinto mes no se debió intervenir por ningún motivo. Para el equilibrio de carga y capacidad en las unidades producción controladas encofrado (10m²/día), fierro (250kg/día) y concreto (15m³/día); la velocidad es usada de los precios unitarios por falta de un historial en la empresa de las unidades de control.



4.1.4.3.4. PLANIFICACIÓN SEMANAL

La planificación Semanal tiene como objetivo el control de las unidades de producción y buscar 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) y su planificación se encuentra basado en compromisos.

En Anexo 07 se muestra un modelo para generar una Orden de Trabajo de elementos horizontales que viene a ser la construcción del sobrecimiento del sector S3 en el nivel inicial, y de forma similar se puede generar Ordenes de Trabajo de elementos verticales que viene a ser la construcción de Columnas, placas siempre consideran sus respectivos módulos y/o sectores. En el anexo 07, se ve una carga equilibrada para realizar los trabajos, este tipo de Órdenes de Trabajo se realizó a lo largo de la implementación para las Obras Complementarias (cerco perimétrico), muro de contención y Módulo I en el nivel Inicial y demoliciones, cerco perimétrico y módulo S2 en el Nivel Primario.

4.1.4.4. FASE 4: EVALUACIÓN DE RESULTADOS

En la aplicación que se realizó en el proyecto piloto, no se logró mejorar el control de producción. Las causales de no cumplir con el objetivo general de la investigación se encuentran en las Causas de No Cumplimiento (C.N.C.). Sin embargo, se buscó identificar si el "Staff de Obra" tiene conocimiento, compromiso y simplicidad para con los conceptos básicos Lean y la finalidad de los mismos después de la inducción.

Para incrementar las unidades de producción en cumplimiento de los objetivos, en respuesta al primer objetivo específico se controla el flujo de la producción con resultados en Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) y Causas de No Cumplimiento (CNC), liberando las restricciones para el Lookahead. Y para responder al segundo objetivo nos basamos a la curva "S" presentada en las valorizaciones.

4.1.4.4.1. PORCENTAJE PLANIFICADO COMPLETO (PPC)

El Porcentaje de Plan Cumplido o PPC, para el Contratista, fueron considerados en las partidas de control de encofrado, acero y concreto en las estructuras para el Nivel Inicial (S11: Cerco Perimétrico, S10: Muro de Contención, S1: Módulo I-3 años y S3: Módulo I – 4 y 5 años) y en el Nivel Primario (S13: Cerco Perimétrico, S2: Módulo VI – Administrativos y para desmontaje y demolición de estructuras). Para el desmontaje se consideró como encofrado y para la demolición se consideraron el movimiento de tierra respetando los metrados



contractuales.

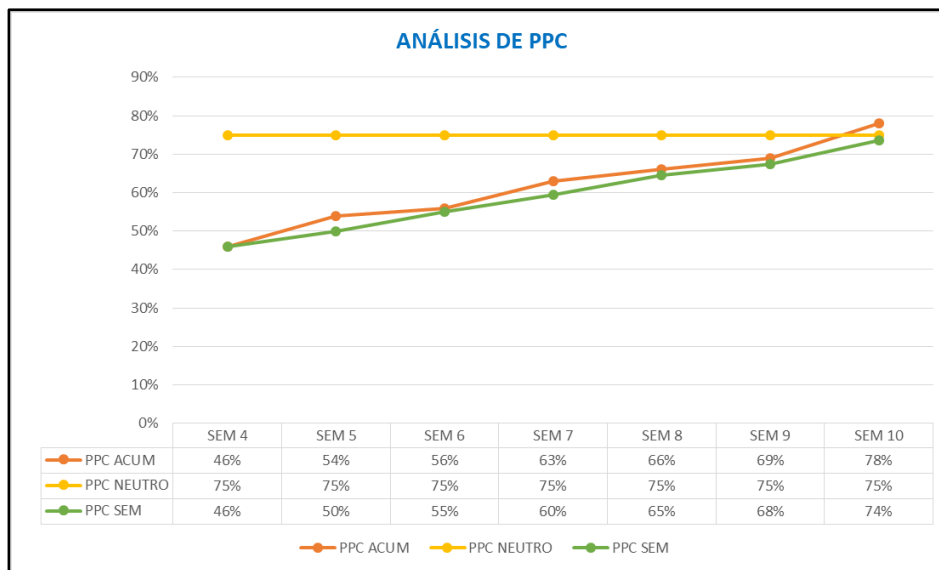


Figura N° 59.- Control de PPC – Caso I (Fuente Propia)

Para la presentación de los resultados del PPC semanal como se muestra en la fig. N° 59, el PPC inicial fue de 46% con un aumento progresivo a un PPC final 74%, esto no por las partidas de control mencionadas sino por las partidas de desmontaje, demolición y movimiento de tierra en el Nivel Primario.

4.1.4.4.2. CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO

Si una asignación ó tarea ha sido completada y es considerado dentro del PPC si requiere una respuesta SI o NO, la importancia de las Razones de No Cumplimiento es el aprendizaje para no volver a repetir estos errores en el futuro. Para nuestros controles de las Causas de No Cumplimiento (CNC) se agrupó como se muestra en el cuadro N° 09, los agentes externos son considerados en Otros.

TIPO	DESCRIPCIÓN
SUP/C	CAMBIOS DE DISEÑO
PROG	MALA PROGRAMACIÓN
SC	FALTA DE SUBCONTRATO
LOG	FALTA DE PROVEEDOR
ALM	FALTA DE MATERIALES
RES	FALTA DE MANO DE OBRA
EQ/H	FALTA DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS
EJEC	TRABAJOS REHECHOS
ADM	PROBLEMAS DE PAGO
OTROS	OTROS

Cuadro N° 09.- Causas de No Cumplimiento (CNC) usado para los controles (Fuente Propia)

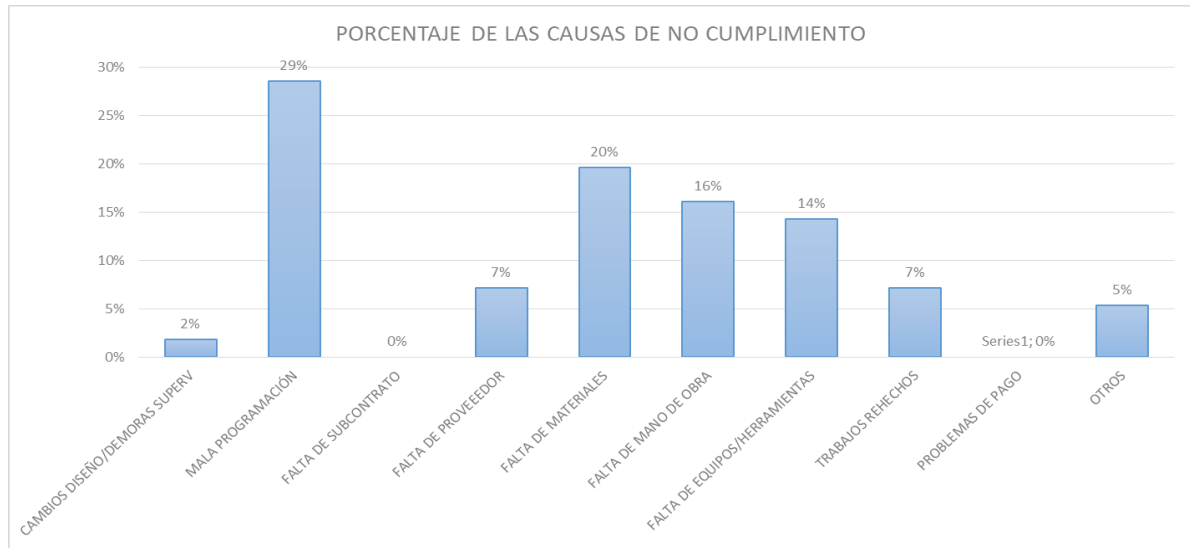


Figura N° 60.- Control de CNC – Caso I (Fuente Propia)

En los resultados mostrados, para no cumplir con el objetivo de incrementar las unidades de producción bastaron el “cambio continuo de la programación por la Residencia y la inexperiencia del planificador”, que se encuentra en el grupo de “PROG” del cuadro N° 09; con un 29% del total de las causas de no cumplimiento que tiene mayor influencia, y otro de los de mayor influencia para no cumplir con lo planificado fue la “Falta de Materiales” con un 20%, debido a las falencias de la logística y la administración por la compra de materiales diferentes a los requerimientos realizados, materiales en mal estado, llegada tarde de los materiales al proyecto o simplemente el desabastecimiento de material en almacén. El menor influencia con 0% fueron el pago puntual al personal obrero y no contar con subcontratos.

4.1.4.4.3. ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

Se encontraron 172 restricciones durante la implementación de Last Planner, se identificaron los responsables de encontrar y realizar sus respectivos seguimientos hasta encontrarse liberadas, de las cuales 142 fueron liberadas como se muestra en la fig. N° 61 y las 30 restricciones no liberadas como se muestra en la fig. N° 62, la mayoría de las que se encontraron durante el proceso de ejecución no fueron liberadas. La restricción de mayor retraso fue “la falta de definición en el tipo de material para el relleno en el sector S1, definir la demolición del muro ciclópeo existente para la construcción del muro de contención de concreto armado en el sector S10 y definir el sistema de drenaje en el sector S3 debido a la presencia de la Napa freática, otro de las restricciones fue definir la cuantía de acero para el muro de contención del sector S10 en el nivel inicial”. En el nivel primario, las restricciones más relevantes fueron “ la falta de permiso por parte del director de la institución para intervenir

con el desmontaje y la demolición de estructuras existentes, definir sobre el nivel freático encontrado durante la excavación en el sector S1 y S2”.



Figura N° 61.- Control de las Restricciones Liberadas – Caso I (Fuente Propia)



Figura N° 62.- Control de las Restricciones No Liberadas – Caso I (Fuente Propia)

4.1.4.4. CURVA “S”

El avance físico del proyecto garantiza la satisfacción del Cliente y el Contratista y esto se presenta en la curva “S” que se presenta en las valorizaciones mensuales para que viabiliza la Entidad. La curva “S” se visualiza en el Anexo N° 14, mostrando que la Valorización N° 1 tiene un avance acumulado de 5.54% y en la valorización N° 3 tiene un avance de 11.56% mostrando un incremento de 6.02% y mostrar “Obra Adelantada”. Sin embargo, dichos valores son ficticios por órdenes de la Residencia y la Gerencia de la Contratista. Debido a ello el Gerente de Obra, y el Planner dan por concluido su participación en dicho proyecto, por la no conformidad de plasmar lo real en las valorizaciones. Mostrando insatisfacción en el Contratista y el Cliente.



4.2.CASO II: EMPRESA 2

4.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto **“Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de la Localidad de Lari, distrito de Lari, Provincia de Caylloma, Región Arequipa”**.

La ubicación del proyecto es de la siguiente manera:

Departamento: Arequipa

Provincia: Caylloma

Distrito: Lari

Localidad: Lari

La inversión para este proyecto es de S/. 8'402,040.35

El plazo de ejecución de Obra es de 240 días calendarios.

La Empresa contratista encargada de la ejecución es denominada **“Consortio Lari”** (MEGA INVERSIONES S.R.L., HATUN MARKA SCRL y CONSYMIN INGENIEROS SAC.), su contratación es bajo a Precios Unitarios.

4.2.2. ORGANIGRAMA PARA EL PROYECTO DE LA EMPRESA CONTRATISTA

El Organigrama presentado por la Contratista “Consortio Lari” para el proyecto, considera que el “Staff de Obra” es lo suficiente para llevar el proyecto en marcha como se muestra en la figura N° 63.

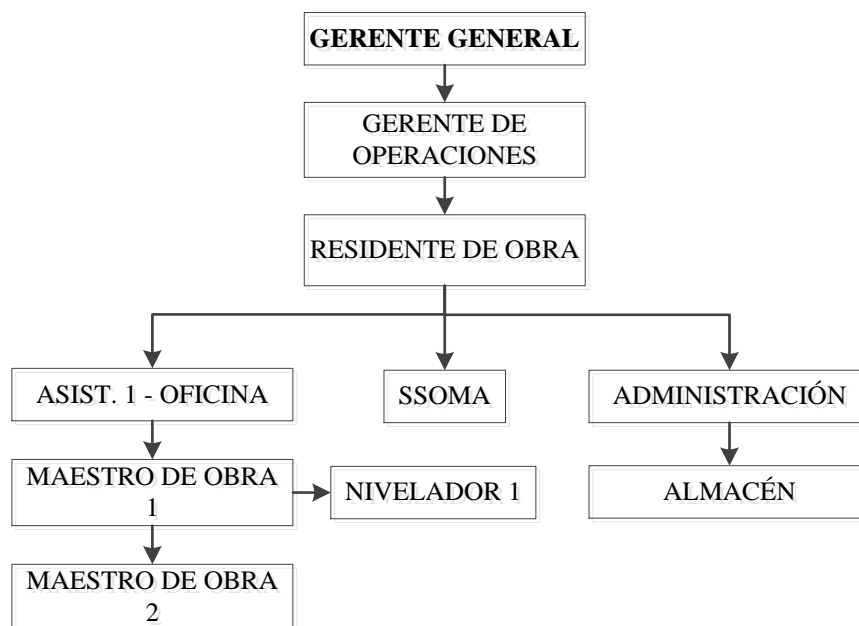


Figura N° 63.- Organigrama de obra antes de la implementación de Last Planner – Caso II

(Fuente Propia).

4.2.3. PROPUESTA DE USO DE LAST PLANNER SYSTEM

Para poder lograr una visión participativa y de compromisos, como indica que debe ser el Last Planner System, se propuso modificar el organigrama del personal técnico en obra para el cumplimiento de las Metas. El organigrama propuesto para el Staff del Contratista es como se muestra en la fig. N° 64. El Gerente General y Gerente de Operaciones ya se encuentra propuesto en su organigrama original como se muestra en la fig. N° 63, el Planner será el encargado de realizar el planeamiento y control de la Obra en campo. El Asistente de Oficina, para el control documentario en gabinete y Asistente Administrativo para el control adecuado de los materiales en campo y almacén.

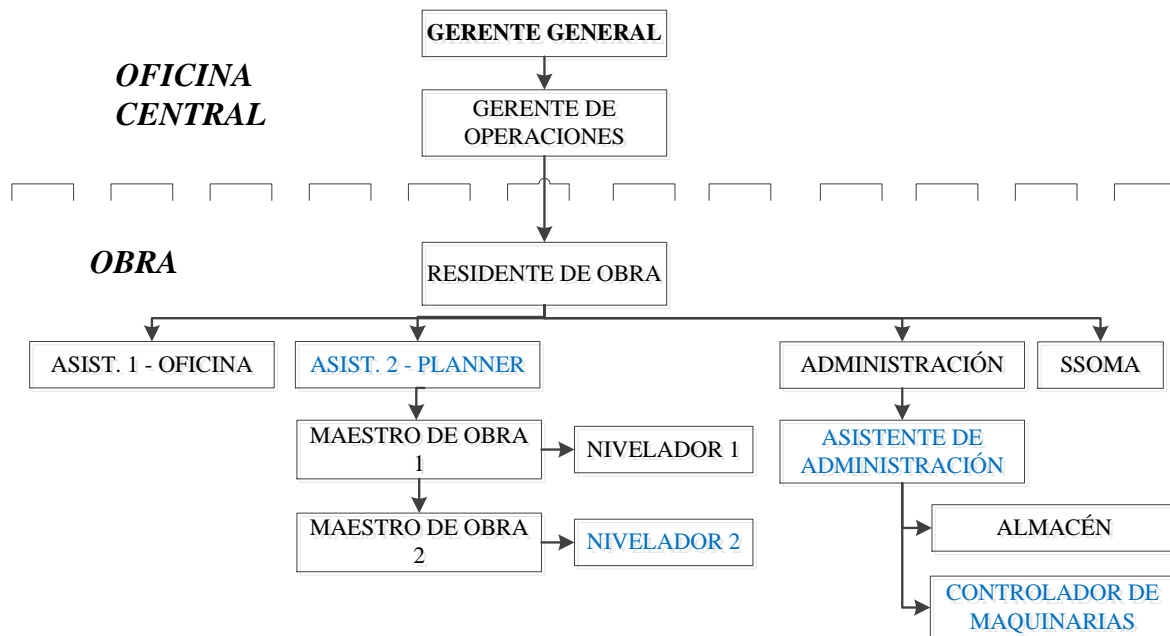


Figura N° 64. - Organigrama de obra después de la implementación de Last Planner – Caso II (Fuente Propia).

4.2.4. APLICACIÓN DEL SYSTEM LAST PLANNER

La metodología que se usó para la implementación piloto del Last Planner System es igual para el Caso I, que también se puede visualizar en la fig N° 03.

4.2.4.1.FASE 1: ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS

Para el Diagrama de flujo de procesos se definieron y detallaron las etapas del proyecto correspondiente, con la finalidad de identificar los procesos que estas etapas involucran, para así mapear todos los procesos que involucra todo el proyecto, como los procesos constructivos.

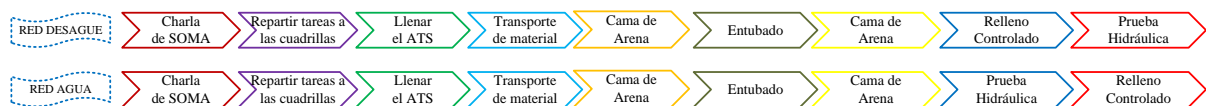


Figura N° 65.- Flujos de Trabajo – Consorcio Lari.

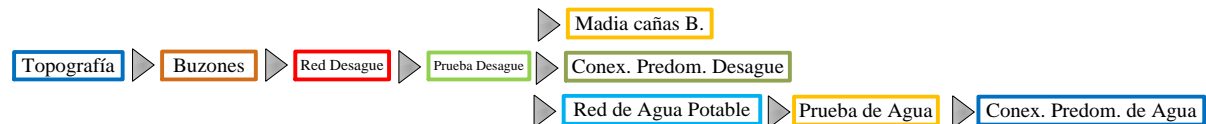


Figura N° 66.- Flujos de Procesos para la construcción – Caso II.

Siendo el Last Planner System (LPS) un sistema que se aplica a la etapa de construcción, la “estandarización de procesos” se realiza con todo el personal del “Staff de Obra” con la finalidad de hacer un seguimiento efectivo de la ejecución de cada actividad.

4.2.4.2.FASE 2: INDUCCIÓN

La inducción preparada fue la misma que para el Caso I, debido a que el **objetivo** del Sistema Last Planner (LPS) es único para todo tipo de proyecto, en la **Situación de Los Proyectos** es donde los involucrados en la reunión previa a la planificación dan a conocer de cómo se encuentra el proyecto respecto al avance, su planificación y seguimiento del proyecto, **cambio de Pensamiento** se indica al equipo las falencias para coordinar en la obra, se busca concientizar al “Staff de Obra” de que un flujo de “jalar actividades” funciona mucho mejor que el simplemente “empujar”, y el **Flujo para la planificación y seguimiento**, en la figura N° 58 se muestra el procedimiento de funcionamiento del LPS.

4.2.4.3.FASE 3: APLICACIÓN DEL LPS

La secuencia de aplicación es igual al Caso I.

4.2.4.3.1. PLAN MAESTRO

El **Cronograma Maestro** abarca todo el horizonte del proyecto, en este proyecto abarca los entregables como Red de Agua Potable, Red de Alcantarillado y la Planta de Tratamiento (PTAR), para la implementación ya se trabaja con este Cronograma Valorizado y en la Ruta Crítica se encuentra la PTAR, pero se encuentra restringida por falta de definir su ubicación por ende no se puede intervenir. El cronograma maestro se visualiza en el Anexo N° 08.

4.2.4.3.2. PLANIFICACIÓN POR FASES

La programación de fase así producidos se basan en objetivos e hitos de la programación maestra del proyecto y proporcionando una base para la planificación anticipada (Planning Lookahead).



Para la implementación se realizó el desglose por módulos y/o sectores como se muestra en el Anexo N° 10, usando el Buffer de tiempo para el Lookahead Planning. Las partidas ya iniciadas antes de implementar se consideran con la misma fecha de inicio como son Red de Agua Potable, Redes de alcantarillado y conexiones predomiciliarias. Se modifica el cronograma de Obra respecto a la Planta de Tratamiento (PTAR), por encontrarse restringido a intervenir.

4.2.4.3.3. PLANIFICACIÓN INTERMEDIA (LOOKAHEAD)

El proceso de planificación intermedia (Lookahead) en la jerarquía del sistema de planificación en Last Planner, mostramos en el Anexo N° 11.

En esta de planificación se tiene presente el sistema de planificación "Pull" o sistema denominada sistema de arrastre (jalar del último hacia el inicio). Para ello se tuvo las consideraciones de definir el equilibrio entre carga y capacidad, relacionando con la velocidad que se muestra en los precios unitarios y la estandarización de procesos. El Lookahead generados fueron para la Red de Agua Potable (120ml/día) y la Red de Alcantarillado (120ml/día).

4.2.4.3.4. PLANIFICACIÓN SEMANAL

La planificación Semanal tiene como objetivo el control de las unidades de producción y buscar 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) y su planificación se encuentra basado en compromisos.

En el Anexo N° 12, se muestra parte de una Orden de Trabajo de la Red de Agua Potable de la Semana 13, entonces los involucrados como los Jefes de Cuadrilla son los encargados de cumplir dichos tramos, y el Planner es el que realiza los controles a diario para brindar un valor al PPC semanal. Similar caso se realizó para el Sistema de Alcantarillado.

4.2.4.4.FASE 4: EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Para el proyecto piloto se incrementó las unidades de producción en cumplimiento de los objetivos, en respuesta al primer objetivo específico se controla el flujo de la producción con resultados en PPC y CNC, liberando las restricciones para el Lookahead. Y para responder al segundo objetivo nos basamos a la curva "S" presentada en las valorizaciones.



4.2.4.4.1. PORCENTAJE PLANIFICADO COMPLETO (PPC)

El PPC calculado fue para la Red de Agua Potable y la Red de Alcantarillado.

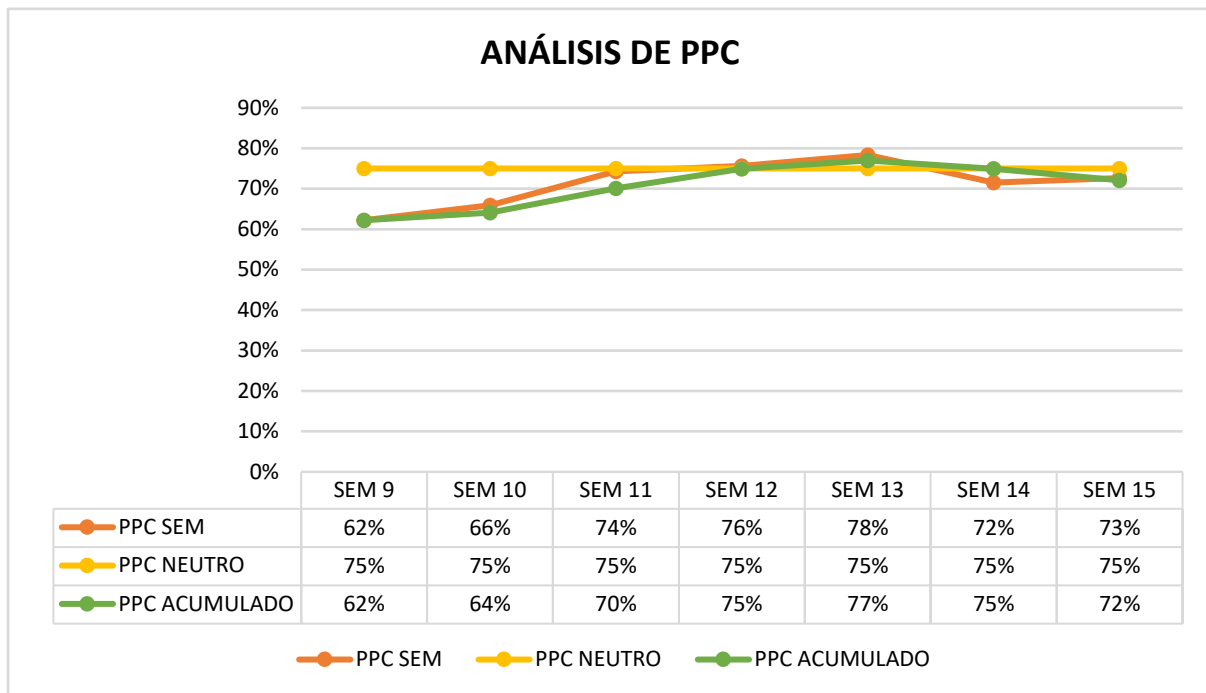


Figura N° 67.- Control de PPC – Caso II (Fuente Propia)

En el proyecto el “Staff de obra” se mostró muy comprometido y desde el inicio de semana se mostró un PPC de 62% referenciada a la SEM 9, posterior a ello en la SEM 13 se llegó a un PPC de 78% , este porcentaje es debido a la SEM 12 se tuvo mayor producción motivados por los pagos y no fueron contabilizados como ejecutados en la SEM 12 por no haber terminado con los rellenos y se incrementó la producción en la Red de Agua por falta de materiales en la red de Alcantarillado. Y para la SEM 14 se tiene un descenso debido a la falta de materiales para red de alcantarillado la producción disminuye a 72%, y en la SEM 15 ya con los materiales completos se incrementa el PPC a 73%.

4.2.4.4.2. CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO

En los resultados mostrados en la fig. N° 68, el 12% corresponde a la mala programación, esto se concentra prácticamente en la primera semana de implementación, es decir, SEM 9 porque el Maestro de Obra y la Residencia realizaban constantes cambios. Las quejas en las reuniones semanales por los Jefes de Cuadrilla y en campo se verificaban que las algunas herramientas debían de ser cambiadas para ello se le informa a la Administración la cual presento demoras para solucionar dicho malestar y que influenció en 22% en las CNC. El 20% de los trabajos rehechos corresponde debido a fallas durante las Pruebas Hidráulicas en



las Redes de Agua y observaciones constantes por parte del Cliente a los procesos constructivos. En otros que corresponde al 14% de las CNC, se involucran paralizaciones por lluvias.

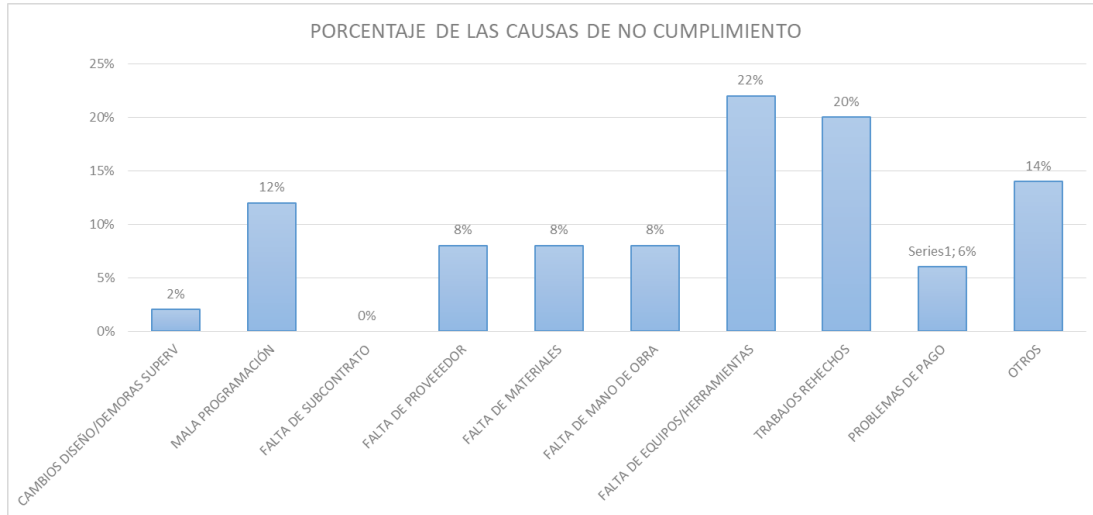


Figura N° 68.- Control de CNC – Caso II (Fuente Propia)

4.2.4.4.3. ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

En el Consorcio Lari tuvimos 21 restricciones encontradas durante la implementación de Last Planner, de las cuales 20 fueron liberadas y 1 restricción no liberada que corresponde a la ubicación de la Planta de Tratamiento (PTAR). Los encargados responsables de liberar las restricciones para poder programar en el Lookahead se muestran en la fig. N° 69.

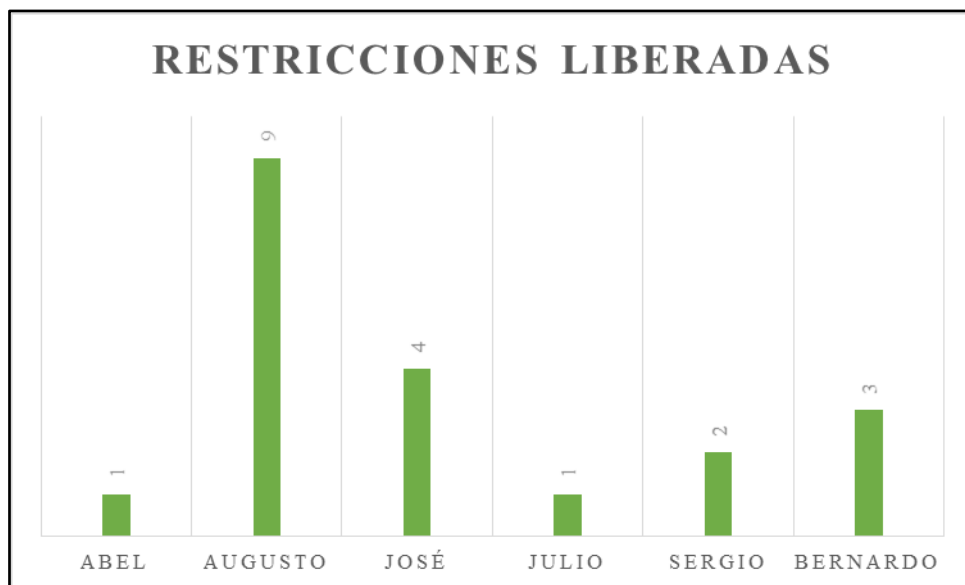


Figura N° 69.- Control de las Restricciones Liberadas – Caso II (Fuente Propia)

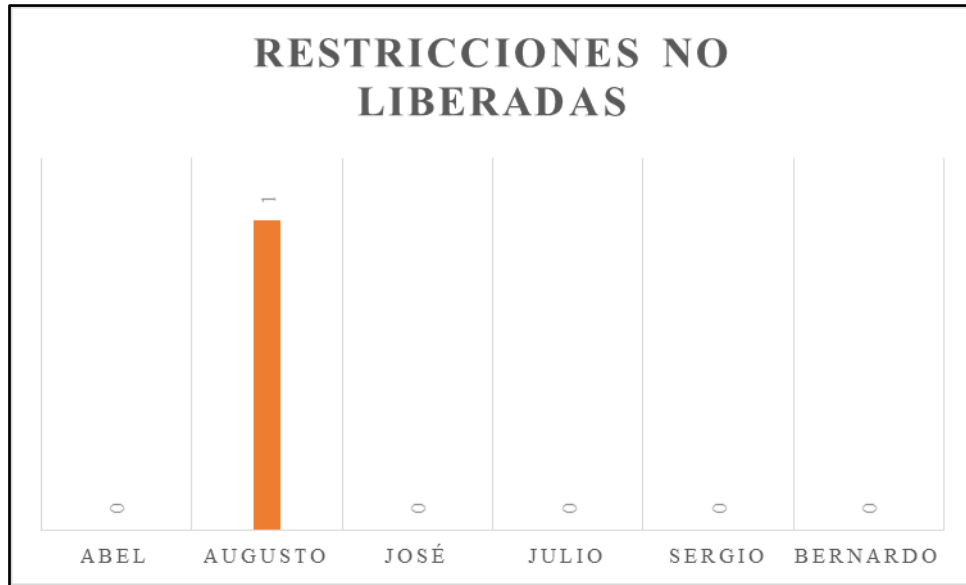


Figura N° 70.- Control de las Restricciones No Liberadas – Caso II (Fuente Propia)

4.2.4.4.4. CURVA “S”

El avance físico del proyecto garantiza la satisfacción del Cliente y el Contratista y esto se presenta en la curva “S” que se presenta en las valorizaciones mensuales para que viabiliza la Entidad. La curva “S” se muestra en el Anexo N° 15, encontramos en 7.16% de avance físico encontrándose la “Obra Atrasada” y en el primer mes de implementación del Last Planner se valorizó 6.79% y el mes siguiente un 10.06% llegando así al avance acumulado de 24.01% al finalizar la implementación de Last Planner colocando a la “Obra Adelantada”. Mostrando satisfacción el Contratista y el Cliente por el avance del proyecto.



CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS

El Cronograma Maestro, se le consideró a los Cronogramas Valorizados para ejecución presentados por las Residencias en sus respectivos proyectos. La Planificación de Fases se basó en el uso de buffer de tiempo para los Hitos del proyecto, en ningún caso se consideró la Planificación por especialidades, sino por entregables como se muestra en los Anexos N° 05 para los Caso I y Anexo N° 10 Caso II. La planificación de Lookahead se basa en el sistema "Pull" de jalar desde los Hitos planteados en la Planificación por fases todas las actividades liberadas de restricciones, considerando el equilibrio de capacidad y carga. Para lograr una implementación exitosa del Last Planner System (LPS), la planificación Semanal se basa a "Compromiso y Colaboración" de todo el "Staff de Obra" para obtener un mejor control del proyecto en el nivel organizativo y de estandarización de procesos constructivos. El desempeño de los indicadores de la programación semanal se basó por el Compromiso de los involucrados en el "Staff de Obra". En el consorcio Lari, las principales unidades de producción controladas fueron Redes de Alcantarillado y Red de Agua Potable para las mediciones del Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) semanales, que fueron en alza de un 62% a un 78%, la principal Causa de No Cumplimiento (CNC), Falta de herramientas en campo con un 22%. En el Consorcio Progreso, las principales unidades de producción controladas fueron encofrado, ferrería y concreto para las mediciones del Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) semanales, que fueron en alza de un 46% a un 74%. sin embargo, no pasó el porcentaje mínimo que es el 75%; la principal Causa de No Cumplimiento (CNC), cambios de la programación en campo por parte de la residencia y la inexperiencia del planificador, sin respetar las Ordenes de trabajo generados por el Equipo Técnico con un 29%.

La rentabilidad del Contratista y satisfacción del cliente por el avance físico del proyecto se realizó con la medición de la "Curva S". En el Consorcio Progreso; no contaba con un Supervisor definido y el Inspector no realizó visitas a campo y las valorizaciones fueron proyectadas por ende la Curva "S" con un avance acumulado de 5.54% y encontrarse como "Obra Adelantada" para la valorización N° 1 a pasar avance acumulado de 11.56% en la valorización N° 3 y denominarse como "Obra Adelantada", lo cual no es real, sino valores ficticios que fueron aprobados por la entidad encargada de la ejecución. En el consorcio Lari, la satisfacción de la Supervisión y el Contratista es debido al aumento en la curva "S" de tener un avance acumulado de 7.16% y encontrarse como "Obra Atrasada" para la valorización N°



2 a pasar a un avance acumulado de 24.01% en la valorización N° 4 y ubicarse como “Obra adelantada”, ello indica que el primer mes de implementación de LPS se tuvo un avance de 6.79% y el segundo mes un 10.06%. Para las reuniones de coordinación semanales, en el Caso I fue los días lunes y en el Caso II las coordinaciones se realizaron los días martes al finalizar la jornada laboral.

El sistema de ejecución por Suma Alzada es donde tiene con certeza en cuanto a la “Cantidad, Magnitud y Calidad”, esto corresponde a la Obra de “Edificación”. Sin embargo, en el Precio Unitarios no está seguro de la “Cantidad, Magnitud y Calidad”, esto corresponden a la Obra “Saneamiento”. Para la implementación del Last Planner en los proyectos pilotos de Edificación y de Saneamiento no se consideró los tipos de contratos.



CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.1. CONCLUSIONES

En la presente tesis se concluye de la siguiente manera:

- ✓ De los proyectos pilotos mostrados en los resultados; en el Caso I no se mejoró el control de producción a pesar de mostrar alza en el porcentaje del PPC. Sin embargo, en el Caso II si se mejoró el control de producción.
- ✓ En el Caso I sus unidades de producción fueron (Encofrado 10m²/día, fierro 250kg/día y concreto 15m³/día) con sus respectiva carga, en ningún de las partidas de control se incrementó las unidades de producción por más que su Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) semanales, que fueron en alza de un 46% a un 74% cuyos valores fueron incrementados por las partidas de desmontaje, demolición y movimiento de tierra en el nivel primario; la principal Causa de No Cumplimiento (CNC), cambios de la programación en campo por parte de la residencia, sin respetar las Ordenes de trabajo generados por el Equipo Técnico influyendo un 29%.
- ✓ En el Caso II sus unidades de producción fueron (Red de agua Potable 120ml/día y Red de alcantarillado 120ml/día) con sus respectiva carga, en dichas partidas control se incrementó las unidades de producción de producir en promedio 80ml/día a producir en 110 ml/día en promedio. Y dicho incremento se muestra en el aumento de los valores del Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) semanales, que fueron en alza de un 62% a un 78%, la principal Causa de No Cumplimiento (CNC), Falta de herramientas en campo que influye un 22%.
- ✓ En el Caso I, no existe satisfacción por parte del cliente y el contratista a pesar de contar con un incremento en la Curva "S" con un avance acumulado de 5.54% en la valorización N° 1 a pasar avance acumulado de 11.56% en la valorización N° 3 y denominarse como "Obra Adelantada", lo cual no es real, sino valores ficticios que fueron aprobados por la entidad encargada de la ejecución.
- ✓ En el Caso II, la satisfacción de la Supervisión y el Contratista es debido al incremento en la curva "S" de tener un avance acumulado de 7.16% y encontrarse como "Obra Atrasada" para la valorización N° 2 a pasar a un avance acumulado de 24.01% en la valorización N° 4 y ubicarse como "Obra adelantada", ello indica que el primer mes de implementación de LPS se tuvo un avance de 6.79% y el segundo mes un 10.06%.



5.1.2. RECOMENDACIONES

En base a lo estudiado para esta tesis y a lo puesto en práctica, aún quedan temas por seguir estudiando e investigando con la única finalidad de seguir mejorando el Sistema Last Planner y la filosofía de Lean Construcción.

- ✓ Realizar un caso práctico del uso de Tableros de Control, en los proyectos de Construcción Civil, para mejorar el control visual de un proyecto.
- ✓ Realizar un caso práctico del uso de los Reportes A3 con los indicadores de Last Planner e incorporar otros indicadores de la filosofía Lean Construcción para mejorar la comunicación en base a resultados con el personal técnico involucrado en proyectos de Construcción Civil.
- ✓ Realizar Resultados Operativos semanales para el Control de Costos, basado en la teoría de Valor Ganado a partir de los valores del PPC.
- ✓ Mejorar los procesos eficientes al aplicar el LPS con uso del Value Stream.
- ✓ Realizar un Dashboard para el Control de datos de PPC, CNC, Productividad, etc. Semanales, mensuales y anuales de un proyecto de Construcción Civil.
- ✓ Análisis comparativo de la producción en Obra de un proyecto de construcción civil usando los tipos de Buffers.



BIBLIOGRAFÍA

DOCUMENTALES

BALLARD, G. (2000). *"The Last Planner System of Production Control"*. (Tesis de Grado). Universidad de Birmingham. Birmingham, EE.UU.

BALLARD, G. (2007). *"The Last Planner System Workbook"*. University of California, Berkeley, EE.UU. Editorial Lean Construction Institute, 2da edición.

BARRÍA NORAMBUENA, C. (2009). *"Implementación del Sistema Last Planner en la construcción de viviendas"*. (Tesis de Grado). Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

BERNARDO CHÁVEZ, D. (2006). *"Mejoramiento de la Productividad aplicando los principios de la Construcción sin Pérdidas en una Obra Civil por Ejecución Presupuestaría Directa"*. (Tesis de Grado). Universidad Nacional "Hermilio Valdizan", Huánuco, Perú.

CORONEL CARCELÉN, J. (2010). *"Planificación y Control del proceso productivo en la Construcción de Proyectos Civiles: Un Manual/ Guía para la Implementación del Last Planner System"*. (Tesis de Grado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador; Quito, Ecuador.

CASTAÑO JIMENEZ, P. (2012). *"Implementación del sistema de planeación y control 'last planner' en el tramo 2b del corredor parcial de envigado para mejorar la confiabilidad y reducir la incertidumbre en la construcción"*. (Tesis de Maestría en Ingeniería con énfasis en gestión de la construcción). Universidad EAFIT; Medellín, Colombia.

DÍAZ MONTECINO, D. (2007). *"Aplicación del Sistema de Planificación 'Last Planner' a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura"*. (Tesis de Grado). Universidad de Chile. Santiago, Chile.

FLYVBJERG, B. (2006). *"Five Misunderstandings about Case Study Research"*, Qualitative Inquiry, vol.12:2. Sage, California, EE.UU.

HERRERA MAGNO, O. & SÁNCHEZ ROJAS, J. (2016). *"Análisis de restricciones y productividad utilizando el sistema Last Planner para mejorar el flujo de trabajo en el túnel de presión en la Central Hidroeléctrica Quitaraca I-2015"*. (Tesis de Grado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú.

GUZMÁN TEJADA, A. (2014). *"Aplicación de la filosofía LEAN CONSTRUCTION en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos"*. (Tesis de Grado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.



- MIRANDA CASANOVA, D. (2012). *“Implementación del Sistema Last Planner en una habilitación urbana”*. (Tesis de Grado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- LEAL, M. (2010). *“Impactos de la Implementación del Sistema Last Planner en Obras de Montaje Industrial en Minería”*. (Tesis de Maestría). Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile, Chile.
- ORTEGA URDANÍVIA, C. (2017). *“Aplicación de los Conceptos de la Filosofía Lean Construction para Mejorar la Productividad de Pavimentos Rígidos”*. (Tesis de Grado). Universidad Nacional “Hermilio Valdizán”, Huánuco, Perú.
- PONS ACHELL, J. (2014). *Introducción a LEAN CONSTRUCTION*. Madrid, España, Editorial Fundación Laboral de la Construcción, 1era edición.
- SANCHIS MESTRE, I. (2013). *Last Planner System: Un caso de estudio*, recuperado de <https://riunet.upv.es/browse?authority=378635&type=author>.
- TAMAYO y TAMAYO, M. (1999). *“Aprender a Investigar”*, ICFES, Edición 3era, Santa Fé de Bogotá, Colombia.
- Ghio, V. (2001). *“Productividad en Obras de Construcción: Diagnostico, Crítica y Propuesta”*, Pontificia Universidad Católica, Fondo Editorial, Lima, Perú.
- WOMACK, J. (2003). *“Lean Thinking”*, FREE PRESS, Edición 3era, Brookline, Massachusetts, EE.UU.
- HEMEROGRAFIAS**
- BOTERO BOTERO, L. & ÁLVAREZ VILLA, M. (2004). Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de viviendas (Lean Construction como estrategia de mejoramiento). *Universidad EAFIT (Revista VOL. 40, N° 136)*, Medellín, Colombia.
- BOTERO BOTERO, L. & ÁLVAREZ VILLA, M. (2004). *Last Planner Sistema del último planificador*, recuperado de: mmellado.ublog.cl/Archivos/19636/last_planner.pdf
- CAD AMAZONÍA, (marzo, 2017). Filosofía Lean Construction (*Boletín II*). Lima, Perú.
- ORIHUELA, P. & ULLOA, K. (2011). La Planificación de las Obras y el Sistema Last Planner. *Corporación Aceros Arequipa. Construcción Integral (Boletín N° 12)*, Lima, Perú.



HOWELL, G. (2007). A Guide to the Last Planner for Construction Foremen and Supervisors. Lean Construction Institute.

DIRECCIONES ELECTRÓNICAS

<http://www.Lean.org>

ANEXOS

ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGIA
GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES INDEPENDIENTES			NIVEL DE INVESTIGACIÓN
¿En qué medida mejorará el control de producción en un proyecto de construcción civil ejecutada por contrata, al implementar el Last Planner System?	“Mejorar el control de producción en un proyecto de construcción civil ejecutada por contrata, con la implementación del Last Planner System”	Hi: Si se implementa Last Planner System (LPS), entonces mejorará el control de producción de un proyecto de construcción civil ejecutada por contrata. H0: Si se implementa Last Planner System (LPS), entonces no mejorará el control de producción de un proyecto de construcción civil ejecutada por contrata.	Last Planner System	- PPC (Porcentaje de Plan Cumplido). - CNC (Causas de No Cumplimiento). - Análisis de Restricciones.	- Plan Maestro. - Planificación por fases. - Planificación anticipada (Lookahead). - Plan Semanal. - Inventario de Trabajo Ejecutable.	El nivel de investigación es Explicativa .
ESPECIFICO	OBJETIVOS ESPECIFICO	ESPECÍFICOS	VARIABLES DEPENDIENTES			TIPO DE INVESTIGACIÓN
P1: ¿Cuál es el comportamiento de la producción al implementar Last Planner System (LPS) en el proyecto de construcción civil ejecutada por contrata?	O1: Incrementar las unidades de producción de un proyecto de construcción civil por contrata, con la aplicación del Last Planner System(LPS).	Hi1: La aplicación continua del Last Planner System (LPS), permite controlar mejor el avance del proyecto debido al cumplimiento de los objetivos en el proyecto. Ho1: La aplicación continua del Last Planner System (LPS), no permite controlar mejor el avance del proyecto debido al cumplimiento de los objetivos en el proyecto.	Control de producción.	- % de avance.	- Observación - Control del flujo de producción. - Control de unidades de producción.	Tipo de investigación es Aplicada .
P2: ¿Qué grado de satisfacción muestra el cliente y la organización al implementar Last Planner System (LPS) en el proyecto de construcción civil ejecutada por contrata?	O2: Determinar el grado de satisfacción del cliente y la organización respecto a la implementación del Last Planner System (LPS) en un proyecto de construcción civil por contrata.	Hi2: La implementación del Last Planner System (LPS) satisface las expectativas del cliente y la organización. Ho2: La implementación del Last Planner System (LPS) no satisface las expectativas del cliente y la organización.	Satisfacción del cliente y la organización.	- Porcentaje de avance físico del proyecto.	- Curva “S”	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN El tipo de información que se va a manejar es de una investigación empírica (diseño de campo) con enfoque cuantitativo.



ANEXO Nº 02: CRONOGRAMA DE OBRA – CRONOGRAMA MAESTRA (Caso I)

CRONOGRAMA DE OBRA												
"MEJORAMIENTO DE LA PRESTACION DEL SERVICIO EDUCATIVO EN EL NIVEL INICIAL Y PRIMARIO EN LA I. E. 34033 PROGRESO, EN EL CENTRO POBLADO DE PARAGSHA, DISTRITO SIMON BOLIVAR, PROVINCIA DE PASCO – PASCO"												
PARTIDA	PARCIAL	DIAS CALENDARIOS										
		Oct-17	Nov-17	Dic-17	Ene-18	Feb-18	Mar-18	Abr-18	May-18	Jun-18	Jul-18	Ago-18
OBRAS PROVISIONALES	S											
ESTRUCTURAS	S	448,282.52										
INSTALACIONES	S	3,732.77										
MODULO I: AULAS	S	570,538.30										
ESTRUCTURAS	S	348,681.32										
ARQUITECTURA	S	2,635.20										
INSTALACIONES	S	22,797.70										
MODULO II:	S	202,811.77										
ESTRUCTURAS	S	74,977.30										
ARQUITECTURA	S	9,508.57										
INSTALACIONES	S	80,224.23										
MODULO III : COMEDOR	S	623,084.00										
ESTRUCTURAS	S	76,256.27										
ARQUITECTURA	S	2,044.65										
INSTALACIONES	S	5,754.86										
MODULO IV: SERVICIO	S	70,429.49										
ESTRUCTURAS	S	42,300.45										
ARQUITECTURA	S	14,253.36										
INSTALACIONES	S	4,066.41										
MODULO V: AULAS	S	642,266.58										
ESTRUCTURAS	S	530,640.04										
ARQUITECTURA	S	1,861.46										
INSTALACIONES	S	32,329.90										
MODULO VI :	S	248,976.67										
ESTRUCTURAS	S	205,495.56										
ARQUITECTURA	S	5,452.52										
INSTALACIONES	S	10,889.54										
MODULO VII : COMEDOR,	S	175,853.31										
ESTRUCTURAS	S	80,866.72										
ARQUITECTURA	S	21,469.45										
INSTALACIONES	S	7,040.88										
MODULO VIII : GUARDIANIA	S	14,237.97										
ESTRUCTURAS	S	15,787.90										
ARQUITECTURA	S	3,894.20										
INSTALACIONES	S	2,618.71										
MODULO IX	S	630,133.46										
COBERTURA METALICA -	S	218,872.03										
COBERTURA METALICA	S	168,999.54										
MODULO X: OBRAS	S	98,663.96										
LOSA DEPORTIVA	S	54,026.43										
PATIO	S	14,979.89										
JARDINERIA	S	53,835.64										
VIAS DE CIRCULACION	S	238,538.90										
CERCO PERIMETRICO	S	89,397.73										
MURO DE CONTENCION	S	61,787.82										
OBRAS COMPLEMENTARIAS	S	72,999.91										
SISTEMA DE DESAGUE	S	53,491.76										
SISTEMA EXTERIOR DE	S	45,392.77										
SISTEMA AGUA DE LLUVIA	S	20,000.00										
INSTALACIONES	S	990,309.32										
IMPACTO AMBIENTAL Y	S											
EQUIPAMIENTO Y	S											

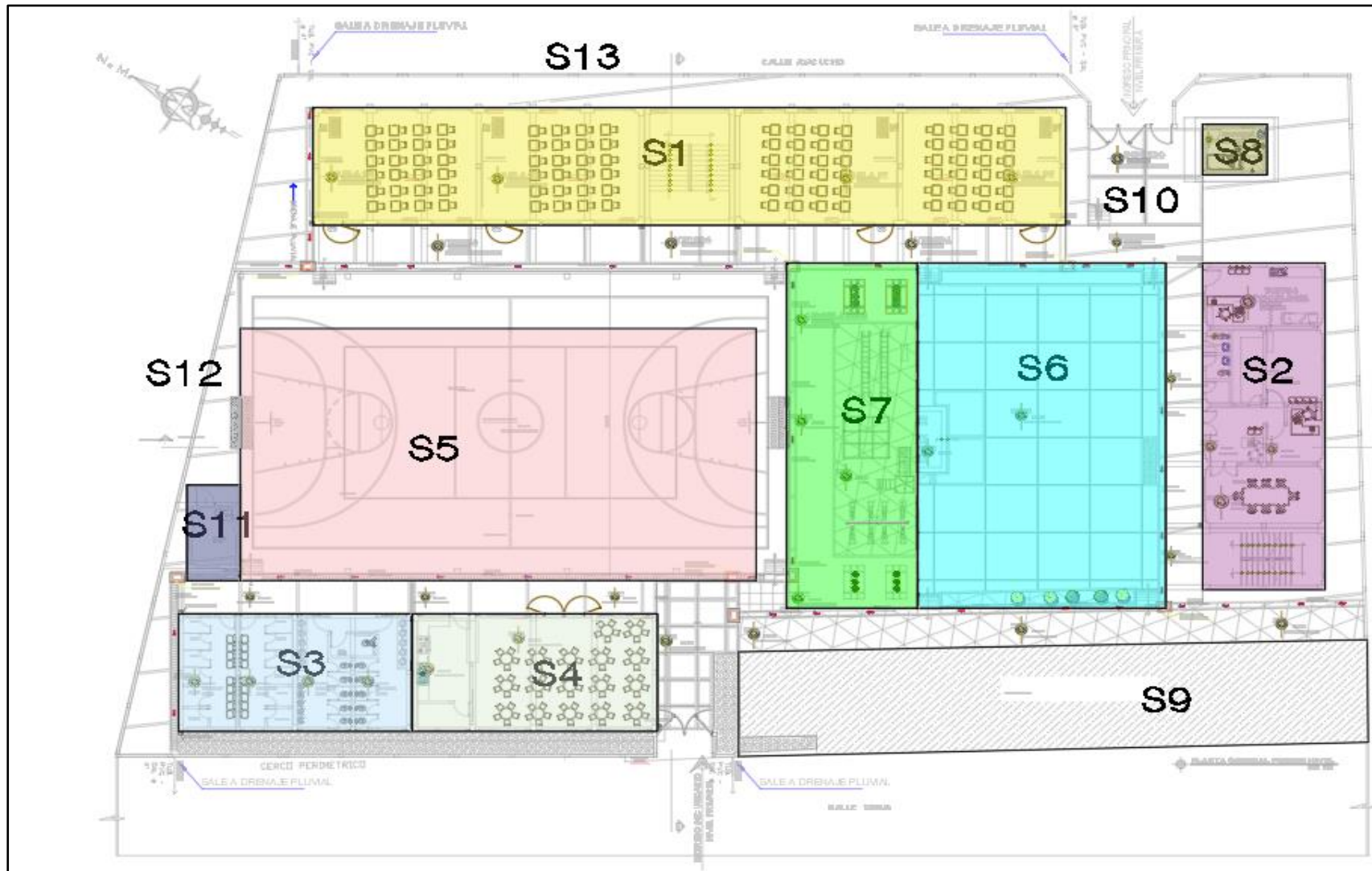


ANEXO N° 03: PLANO DE SECTORIZACIÓN – NIVEL INICIAL (Caso I)





ANEXO N° 04: PLANO DE SECTORIZACIÓN – NIVEL PRIMARIO (Caso I)





ANEXO N° 05: CRONOGRAMA DE FASE (Caso I)

DESCRIPCIÓN	CONTRACTUAL		BUFFER		2017			2018								
	INICIO	FIN	INICIO	FIN	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	
OBRAS PRELIMINARES		20/10/2017	04/01/2018	20/10/2017	24/12/2017			24/12/2017								
MÓDULO I	S1, S3	04/12/2017	04/06/2018	04/12/2017	21/04/2018						21/04/2018					
MÓDULO II	S6	16/12/2017	20/04/2018	16/12/2017	20/03/2018					20/03/2018						
MÓDULO III	S4	02/01/2018	21/03/2018	02/01/2018	10/03/2018			02/01/2018		10/03/2018						
MÓDULO IV	S2	21/03/2018	01/06/2018	21/03/2018	22/05/2018					21/03/2018		22/05/2018				
MÓDULO V	S1	11/12/2017	05/08/2018	11/12/2017	22/06/2018			11/12/2017						22/06/2018		
MÓDULO VI	S2	12/12/2017	15/06/2018	12/12/2017	28/04/2018			12/12/2017				28/04/2018				
MÓDULO VII	S3,S4	17/03/2018	21/07/2018	17/03/2018	21/06/2018					17/03/2018			21/06/2018			
MÓDULO VIII	S8	21/05/2018	08/07/2018	21/05/2018	29/06/2018							21/05/2018	29/06/2018			
MÓDULO IX	S5 Y S7	01/02/2018	30/03/2018	01/02/2018	22/03/2018				01/02/2018	22/03/2018						
OBRAS EXTERIORES		27/11/2018	23/06/2018	27/11/2018	23/04/2018		27/11/2018					23/04/2018				
OBRAS COMPLEMENTARIAS		06/03/2018	11/07/2018	06/03/2018	02/07/2018					06/03/2018					02/07/2018	
IMPACTO AMBIENTAL		20/10/2017	18/11/2017	20/10/2017	14/11/2017	20/10/2017	14/11/2017									
EQUIPAMIENTO		25/03/2018	19/07/2018	25/03/2018	02/07/2018					25/03/2018					02/07/2018	

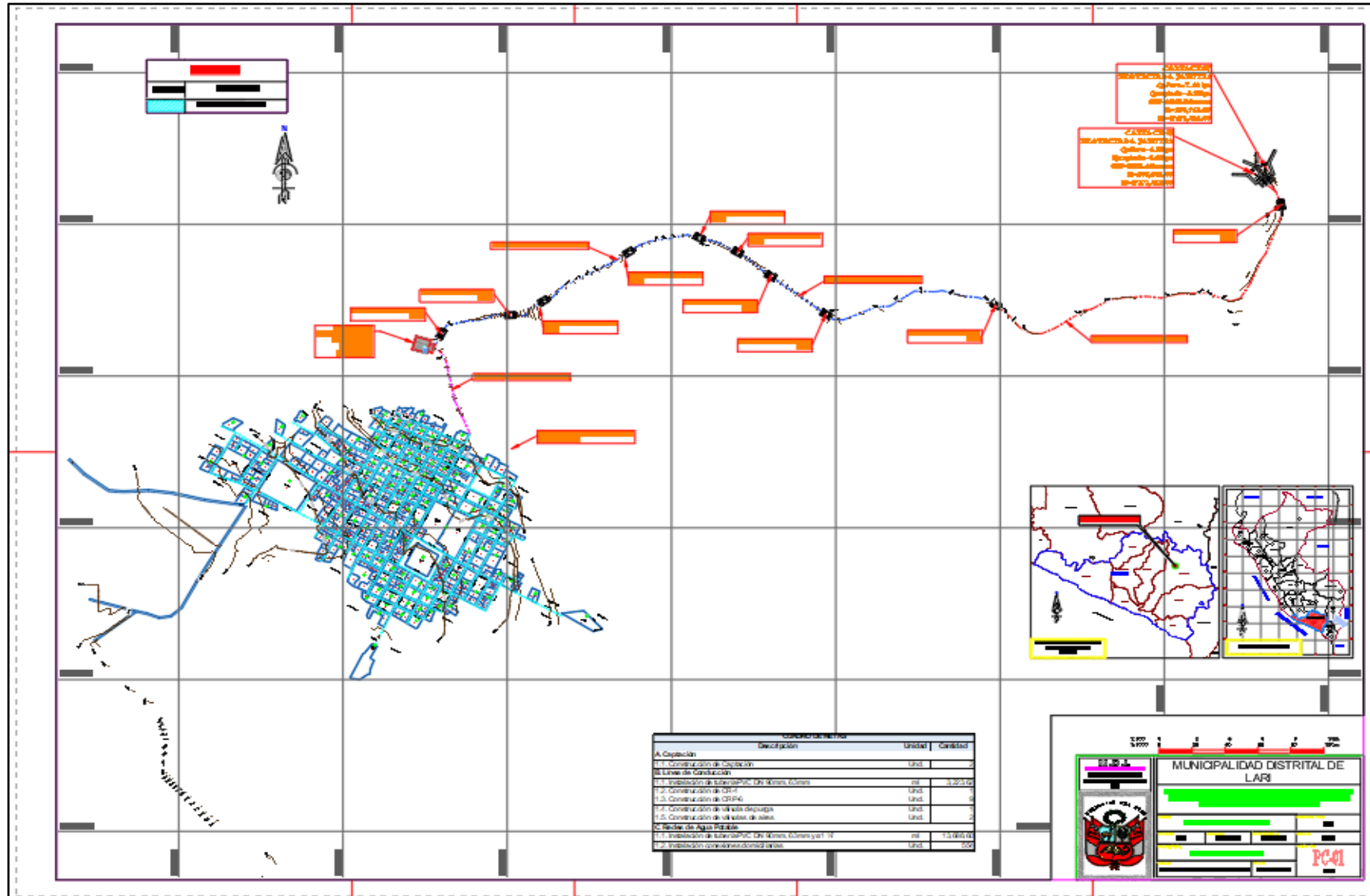


ANEXO N° 07: PLANIFICACIÓN SEMANAL – SECTOR “S3” – NIVEL INICIAL (Caso I)

SECTOR :		S3	NIVEL :		INICIAL	AMBIENTE :		AULAS	FECHA:	03/12/2017 - 04/12/2017																								
<p>ORDEN DE TRABAJO - "SEMANA 10"</p> <p>Obra: “MEJORAMIENTO DE LA PRESTACION DE SERVICIO EDUCATIVO EN EL NIVEL INICIAL Y PRIMARIO EN LA I.E. N° 34033 PROGRESO, EN EL CENTRO POBLADO DE PARAGSHA, DISTRITO DE SIMÓN BOLÍVAR PROVINCIA DE PASCO – PASCO”.</p>																																		
<p>HORA DE INICIO: 7:00 a.m.</p> <p>HORA FINAL: 5:00 p.m.</p>																																		
<p>SOBRECIMIENTO:</p>																																		
<p>OBSERVACIONES</p>																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ITEM</th> <th>HORA INICIO</th> <th>HORA FIN</th> <th>ACTIVIDAD</th> <th>LEYENDA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>										ITEM	HORA INICIO	HORA FIN	ACTIVIDAD	LEYENDA																				
ITEM	HORA INICIO	HORA FIN	ACTIVIDAD	LEYENDA																														



ANEXO N° 09: PLANO GENERAL DEL PROYECTO (Caso II)





ANEXO N° 10: CRONOGRAMA DE FASES (Caso II)

SECTORES	ENTREGABLES	DÍAS	CONTRACTUAL		BUFFER	2017	2018								
			F. INICIO	F. FIN	F.FIN	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	
RED DE AGUA POTABLE	CAPTACIÓN	65	01/01/2018	06/03/2018	25/02/2018		25/02/2018								
	CERCO DE CAPTACIÓN	25	02/04/2018	26/04/2018	23/04/2018					23/04/2018					
	CÁMARA DE REUNIÓN	30	31/01/2018	01/03/2018	25/02/2018		25/02/2018								
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN	70	01/01/2018	11/03/2018	01/03/2018		01/03/2018								
	CÁMARA DE ROMPE PRESIÓN	25	10/02/2018	06/03/2018	03/03/2018			03/03/2018							
	CERCO DE RESERVORIO	20	27/04/2018	16/05/2018	14/05/2018					14/05/2018					
	LÍNEA DE ADUCCIÓN	25	24/05/2018	17/06/2018	14/06/2018						14/06/2018				
	REDES DE AGUA POTABLE	198	01/01/2018	17/07/2018	18/06/2018		18/06/2018								
	VÁLVULA DE PURGA - RA	7	21/06/2018	27/06/2018	26/06/2018							26/06/2018			
	VÁLVULA DE AIRE - RA	7	28/06/2018	04/07/2018	03/07/2018							03/07/2018			
	VÁLVULA DE CONTROL -RA	7	05/07/2018	11/07/2018	10/07/2018							10/07/2018			
	CONEX. DOM. -RA	205	26/12/2017	18/07/2018	18/06/2018		18/06/2018								
RED DE ALCANTARILLADO	REDES COLECTORES	170	20/12/2017	07/06/2018	13/05/2018		13/05/2018								
	BUZONES	160	19/12/2017	27/05/2018	04/05/2018		04/05/2018								
	CONEX. DOM.	205	26/12/2017	18/07/2018	18/06/2018		18/06/2018								
PTAR	PRETRATAMIENTO	86	23/04/2018	17/07/2018	05/07/2018					05/07/2018					
	LAGUNAS PRIMARIAS - SECUND.	90	15/05/2018	12/08/2018	30/07/2018					30/07/2018					
	CAJAS REPARTIDORAS	24	13/06/2018	06/07/2018	03/07/2018					03/07/2018					
	INTERCONEXIÓN DE EMISORES	12	02/07/2018	11/07/2018	10/07/2018					10/07/2018					
	EMISORES - DESCARGA	15	14/07/2018	28/07/2018	26/07/2018					26/07/2018					
	CERCO PERIMETRICO	23	24/07/2018	15/08/2018	12/08/2018						12/08/2018				



ANEXO N° 11: PLANIFICACIÓN INTERMEDIA – LOOKAHEAD (Caso II)

N°	ACTIVIDADES	MES_MARZO_2018													
		SEMANA 12							SEMANA 13						
		L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S		
N°	ACTIVIDADES	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17		
BUZONES_ALVAREZ	01 EXCAVACIÓN	BP71, BP89, BP175	BP69, BP87, BP180	BP68, BP86, BP182	BP67, BP85, BP186, BP66	BP84, BP64, BP63, BP62	BP42, BP60, BP61	BP59, BP81, BP82	BP78, BP79, BP80	BP8, BP9, BP21, BP22	BP30, BP31, BP48, BP65				
	02 DEMOLICIÓN	BP71, BP89, BP175	BP69, BP87, BP180	BP68, BP86, BP182	BP67, BP85, BP186, BP66	BP84, BP64, BP63, BP62	BP42, BP60, BP61	BP59, BP81, BP82	BP78, BP79, BP80	BP8, BP9, BP21, BP22	BP30, BP31, BP48, BP65				
	03 PERFILADO Y LIMPIEZA	BP71, BP89, BP175	BP69, BP87, BP180	BP68, BP86, BP182	BP67, BP85, BP186, BP66	BP84, BP64, BP63, BP62	BP42, BP60, BP61	BP59, BP81, BP82	BP78, BP79, BP80	BP8, BP9, BP21, BP22	BP30, BP31, BP48, BP65				
	04 SOLADO PARA CIMENTACIÓN E=4"	BP71, BP89, BP175	BP69, BP87, BP180	BP68, BP86, BP182	BP67, BP85, BP186, BP66	BP84, BP64, BP63, BP62	BP42, BP60, BP61	BP59, BP81, BP82	BP78, BP79, BP80	BP8, BP9, BP21, BP22	BP30, BP31, BP48, BP65				
	05 LOSA DEL BUZÓN	BP71, BP89, BP175	BP69, BP87, BP180	BP68, BP86, BP182	BP67, BP85, BP186, BP66	BP84, BP64, BP63, BP62	BP42, BP60, BP61	BP59, BP81, BP82	BP78, BP79, BP80	BP8, BP9, BP21, BP22	BP30, BP31, BP48, BP65				
	06 ENCOFRADO CUERPO	BP71, BP89, BP175	BP69, BP87, BP180	BP68, BP86, BP182	BP67, BP85, BP186, BP66	BP84, BP64, BP63, BP62	BP42, BP60, BP61	BP59, BP81, BP82	BP78, BP79, BP80	BP8, BP9, BP21, BP22	BP30, BP31, BP48, BP65				
	07 CONCRETO CUERPO	BP71, BP89, BP175	BP69, BP87, BP180	BP68, BP86, BP182	BP67, BP85, BP186, BP66	BP84, BP64, BP63, BP62	BP42, BP60, BP61	BP59, BP81, BP82	BP78, BP79, BP80	BP8, BP9, BP21, BP22	BP30, BP31, BP48, BP65				
	08 DESENCOFRADO CUERPO	BP54, BP37	BP71, BP89, BP175	BP69, BP87, BP180	BP68, BP86, BP182	BP67, BP85, BP186, BP66	BP84, BP64, BP63, BP62	BP42, BP60, BP61	BP59, BP81, BP82	BP78, BP79, BP80	BP8, BP9, BP21, BP22	BP30, BP31, BP48, BP65			
	09 RELLENO	BP54, BP37	BP71, BP89, BP175	BP69, BP87, BP180	BP68, BP86, BP182	BP67, BP85, BP186, BP66	BP84, BP64, BP63, BP62	BP42, BP60, BP61	BP59, BP81, BP82	BP78, BP79, BP80	BP8, BP9, BP21, BP22	BP30, BP31, BP48, BP65			
	10 MEDIA CAÑA														
	11 PRUEBA HIDRÁULICA														
	12 TAPA														
BUZONES_S_BIOTE	01 EXCAVACIÓN	BP163, BP165, BP167	BP136, BP137, BP138	BP174, BP173, BP170	BP133, BP134, BP135, BP140	BP144, BP145, BP151, BP152	BP150, BP156, BP157	BP159, BP160, BP161	BP143, BP149, BP150	BP176, BP177, BP131, BP142	BP148, BP154, BP158				
	02 DEMOLICIÓN	BP163, BP165, BP167	BP136, BP137, BP138	BP174, BP173, BP170	BP133, BP134, BP135, BP140	BP144, BP145, BP151, BP152	BP150, BP156, BP157	BP159, BP160, BP161	BP143, BP149, BP150	BP176, BP177, BP131, BP142	BP148, BP154, BP158				
	03 PERFILADO Y LIMPIEZA	BP163, BP165, BP167	BP136, BP137, BP138	BP174, BP173, BP170	BP133, BP134, BP135, BP140	BP144, BP145, BP151, BP152	BP150, BP156, BP157	BP159, BP160, BP161	BP143, BP149, BP150	BP176, BP177, BP131, BP142	BP148, BP154, BP158				
	04 SOLADO PARA CIMENTACIÓN E=4"	BP163, BP165, BP167	BP136, BP137, BP138	BP174, BP173, BP170	BP133, BP134, BP135, BP140	BP144, BP145, BP151, BP152	BP150, BP156, BP157	BP159, BP160, BP161	BP143, BP149, BP150	BP176, BP177, BP131, BP142	BP148, BP154, BP158				
	05 LOSA DEL BUZÓN	BP163, BP165, BP167	BP136, BP137, BP138	BP174, BP173, BP170	BP133, BP134, BP135, BP140	BP144, BP145, BP151, BP152	BP150, BP156, BP157	BP159, BP160, BP161	BP143, BP149, BP150	BP176, BP177, BP131, BP142	BP148, BP154, BP158				
	06 ENCOFRADO CUERPO	BP163, BP165, BP167	BP136, BP137, BP138	BP174, BP173, BP170	BP133, BP134, BP135, BP140	BP144, BP145, BP151, BP152	BP150, BP156, BP157	BP159, BP160, BP161	BP143, BP149, BP150	BP176, BP177, BP131, BP142	BP148, BP154, BP158				
	07 CONCRETO CUERPO	BP163, BP165, BP167	BP136, BP137, BP138	BP174, BP173, BP170	BP133, BP134, BP135, BP140	BP144, BP145, BP151, BP152	BP150, BP156, BP157	BP159, BP160, BP161	BP143, BP149, BP150	BP176, BP177, BP131, BP142	BP148, BP154, BP158				
	08 DESENCOFRADO CUERPO		BP163, BP165, BP167	BP136, BP137, BP138	BP174, BP173, BP170	BP133, BP134, BP135, BP140	BP144, BP145, BP151, BP152	BP150, BP156, BP157	BP159, BP160, BP161	BP143, BP149, BP150	BP176, BP177, BP131, BP142	BP148, BP154, BP158			
	09 RELLENO		BP163, BP165, BP167	BP136, BP137, BP138	BP174, BP173, BP170	BP133, BP134, BP135, BP140	BP144, BP145, BP151, BP152	BP150, BP156, BP157	BP159, BP160, BP161	BP143, BP149, BP150	BP176, BP177, BP131, BP142	BP148, BP154, BP158			
	10 MEDIA CAÑA														
	11 PRUEBA HIDRÁULICA														
	12 TAPA														
ALCANTARIL LADO ALVA REZ	01 TRAZO Y REPLANTEO	BP73@BP111	BP29@BP38@BP39	BP38@BP55@BP56	BP55 @ BP72 @ BP73	BP7@BP15, BP14@BP16	BP15@BP28@BP29	BP28@BP37@BP38	BP37@BP54@BP55	BP53 @ BP54, BP71 @ BP70	BP71, BP54@BP89				
	02 EXCAVACIÓN	BP73@BP111	BP29@BP38@BP39	BP38@BP55@BP56	BP55 @ BP72 @ BP73	BP7@BP15, BP14@BP16	BP15@BP28@BP29	BP28@BP37@BP38	BP37@BP54@BP55	BP53 @ BP54, BP71 @ BP70	BP71, BP54@BP89				
	03 CAMA DE ARENA 1	BP73@BP111	BP29@BP38@BP39	BP38@BP55@BP56	BP55 @ BP72 @ BP73	BP7@BP15, BP14@BP16	BP15@BP28@BP29	BP28@BP37@BP38	BP37@BP54@BP55	BP53 @ BP54, BP71 @ BP70	BP71, BP54@BP89				
	04 ENTUBADO	BP73@BP111	BP29@BP38@BP39	BP38@BP55@BP56	BP55 @ BP72 @ BP73	BP7@BP15, BP14@BP16	BP15@BP28@BP29	BP28@BP37@BP38	BP37@BP54@BP55	BP53 @ BP54, BP71 @ BP70	BP71, BP54@BP89				
	05 CAMA DE ARENA 2	BP73@BP111	BP29@BP38@BP39	BP38@BP55@BP56	BP55 @ BP72 @ BP73	BP7@BP15, BP14@BP16	BP15@BP28@BP29	BP28@BP37@BP38	BP37@BP54@BP55	BP53 @ BP54, BP71 @ BP70	BP71, BP54@BP89				
	06 RELLENO	BP73@BP111	BP29@BP38@BP39	BP38@BP55@BP56	BP55 @ BP72 @ BP73	BP7@BP15, BP14@BP16	BP15@BP28@BP29	BP28@BP37@BP38	BP37@BP54@BP55	BP53 @ BP54, BP71 @ BP70	BP71, BP54@BP89				
RED DE DISTRIBUCIÓN - GRUPO 1	01 TRAZO Y REPLANTEO	B17 @ B 20	B20@B40 ; B40@B41	B 18@B39 ; B39@B40	B40 @ B74 ; B73@ B74	B74@B76 ; B75@B58	B73 @ B90 ; B90@B91 ; B91@B93 ; B92 @ B7	B92 @ B7	B92@B113	B91 @ B112	B90@B111				
	02 EXCAVACIÓN	B17 @ B 20	B20@B40 ; B40@B41	B 18@B39 ; B39@B40	B40 @ B74 ; B73@ B74	B74@B76 ; B75@B58	B73 @ B90 ; B90@B91 ; B91@B93 ; B92 @ B7	B92 @ B7	B92@B113	B91 @ B112	B90@B111				
	03 CAMA DE ARENA 1	B17 @ B 20	B20@B40 ; B40@B41	B 18@B39 ; B39@B40	B40 @ B74 ; B73@ B74	B74@B76 ; B75@B58	B73 @ B90 ; B90@B91 ; B91@B93 ; B92 @ B7	B92 @ B7	B92@B113	B91 @ B112	B90@B111				
	04 ENTUBADO	B17 @ B 20	B20@B40 ; B40@B41	B 18@B39 ; B39@B40	B40 @ B74 ; B73@ B74	B74@B76 ; B75@B58	B73 @ B90 ; B90@B91 ; B91@B93 ; B92 @ B7	B92 @ B7	B92@B113	B91 @ B112	B90@B111				
	05 CAMA DE ARENA 2	B17 @ B 20	B20@B40 ; B40@B41	B 18@B39 ; B39@B40	B40 @ B74 ; B73@ B74	B74@B76 ; B75@B58	B73 @ B90 ; B90@B91 ; B91@B93 ; B92 @ B7	B92 @ B7	B92@B113	B91 @ B112	B90@B111				
	06 PRUEBA HIDRÁULICA	B17 @ B 20	B20@B40 ; B40@B41	B 18@B39 ; B39@B40	B40 @ B74 ; B73@ B74	B74@B76 ; B75@B58	B73 @ B90 ; B90@B91 ; B91@B93 ; B92 @ B7	B92 @ B7	B92@B113	B91 @ B112	B90@B111				
	07 RELLENO	B17 @ B 20	B20@B40 ; B40@B41	B 18@B39 ; B39@B40	B40 @ B74 ; B73@ B74	B74@B76 ; B75@B58	B73 @ B90 ; B90@B91 ; B91@B93 ; B92 @ B7	B92 @ B7	B92@B113	B91 @ B112	B90@B111				

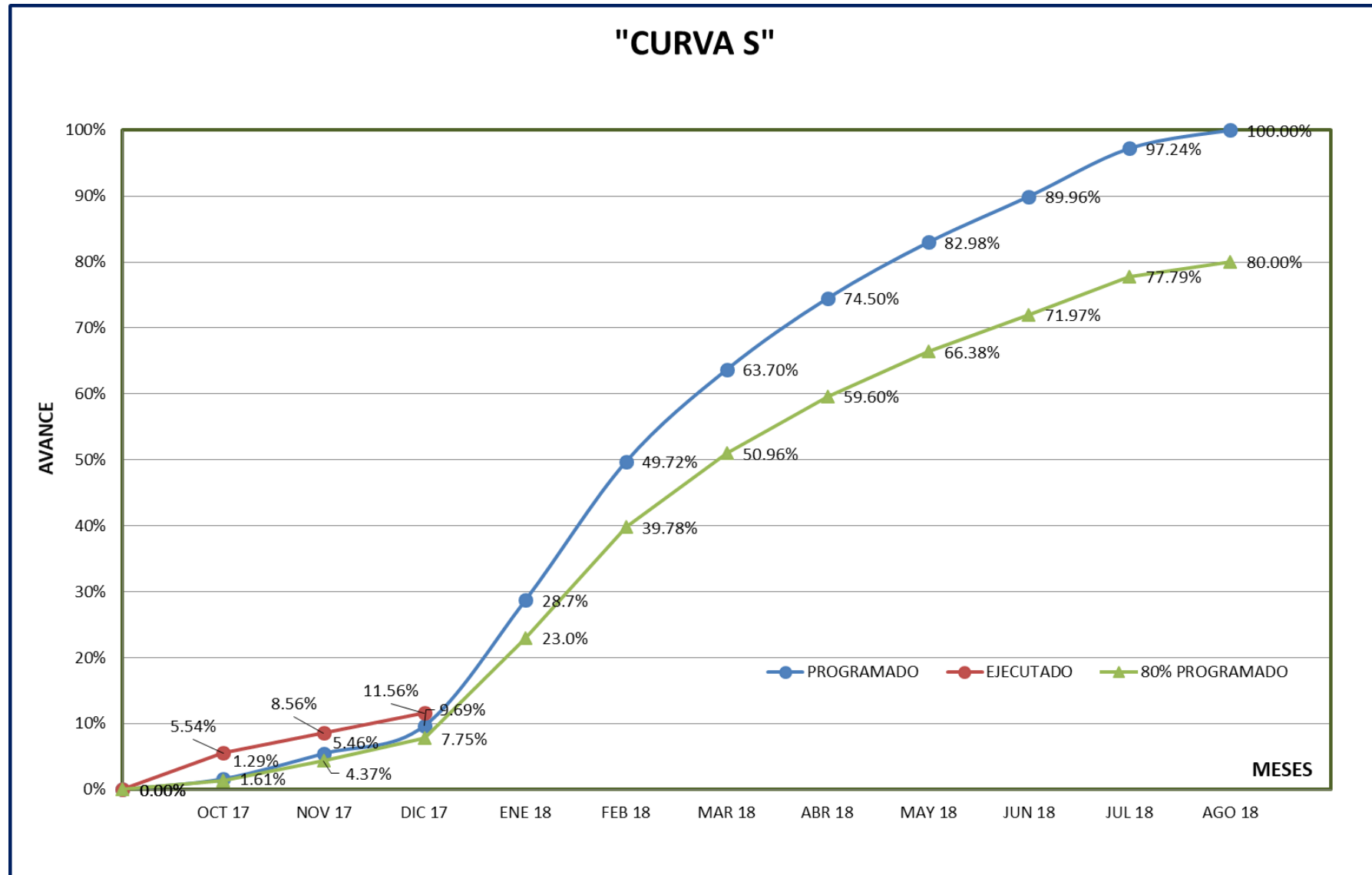


ANEXO Nº 13: CÁLCULO DE PPC Y CNC – SEMANA “15” (Caso II)

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	META			SEMANA 15						ANÁLISIS DE INCUMPLIMIENTO																																						
		UNID	METRADO PROGRAMADO	METRADO EJECUTADO	L	M	M	26/03/2018	27/03/2018	28/03/2018	29/03/2018	30/03/2018	31/03/2018	SI	NO	TIPO	Causas de No Cumplimiento (CNC)	Medidas Correctivas																															
																			26/03/2018	27/03/2018	28/03/2018	29/03/2018	30/03/2018	31/03/2018																									
ALCANTARILLADO - GRUPO 1																																																	
00	PROGRAMADO						115.73	138.10	149.19	-	-	-																																					
01	TRAZO Y REPLANTEO	ML	403.02	366.80	116.9	114.4	135.5	-	-	-	-	-	X																																				
02	EXCAVACIÓN	ML	403.02	366.80	116.9	114.4	135.5	-	-	-	-	-		X	PROG	CAMBIO DE PROGRAMACIÓN																																	
03	CAMA DE ARENA 1	ML	403.02	366.80	116.9	114.4	135.5	-	-	-	-	-		X	LOG	FALTA DE AGREGAGO ARENA																																	
04	ENTUBADO	ML	403.02	366.80	116.9	114.4	135.5	-	-	-	-	-		X	OTROS	MATERIAL HÚMEDO POR LLUVIAS																																	
05	CAMA DE ARENA 2	ML	403.02	366.80	116.9	114.4	135.5	-	-	-	-	-	X		EJEC	TRABAJO REHECHOS, MATERIAL SATURADO																																	
06	RELLENO	ML	403.02	366.80	116.9	114.4	135.5	-	-	-	-	-																																					
ALCANTARILLADO - GRUPO 2																																																	
00	PROGRAMADO						135.36	139.47	141.28	-	-	-																																					
01	TRAZO Y REPLANTEO	ML	416.11	375.90	144.9	120.2	110.8	-	-	-	-	-	X																																				
02	EXCAVACIÓN	ML	416.11	375.90	144.9	120.2	110.8	-	-	-	-	-		X	PROG	CAMBIO DE PROGRAMACIÓN																																	
03	CAMA DE ARENA 1	ML	416.11	375.90	144.9	120.2	110.8	-	-	-	-	-		X	LOG	FALTA DE AGREGAGO ARENA																																	
04	ENTUBADO	ML	416.11	375.90	144.9	120.2	110.8	-	-	-	-	-		X	OTROS	MATERIAL HÚMEDO POR LLUVIAS																																	
05	CAMA DE ARENA 2	ML	416.11	375.90	144.9	120.2	110.8	-	-	-	-	-	X																																				
06	RELLENO	ML	416.11	375.90	144.9	120.2	110.8	-	-	-	-	-	X																																				
RED DE DISTRIBUCIÓN																																																	
00	PROGRAMADO						120.83	130.12	130.46	-	-	-																																					
01	TRAZO Y REPLANTEO	ML	381.41	150.20	-	76	74.2	-	-	-	-	-	X																																				
02	EXCAVACIÓN	ML	381.41	150.20	-	76	74.2	-	-	-	-	-		X																																			
03	CAMA DE ARENA 1	ML	381.41	150.20	-	76	74.2	-	-	-	-	-		X	OTROS	ROTURA DE TUBERÍA																																	
04	ENTUBADO	ML	381.41	150.20	-	76	74.2	-	-	-	-	-		X	PROG	CAMBIO EN LA PROGRAMACIÓN																																	
05	CAMA DE ARENA 2	ML	381.41	150.20	-	76	74.2	-	-	-	-	-		X	EJEC	MATERIAL HÚMEDO POR LLUVIAS																																	
06	PRUEBA HIDRÁULICA	ML	381.41	150.20	-	-	74.2	-	-	-	74.2	-		X	OTROS	FALTA DE AGUA PARA PRUEBA HIDRÁULICA																																	
07	RELLENO	ML	381.41	150.20	-	-	76	-	-	-	74.2	-	X																																				
ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD SEMANAL(S) :												8	11	%AVANCE :		73%																																	
												42%	58%																																				
												<table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>CANT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SUP/C</td> <td>CAMBIO DE DISEÑO</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>PROG</td> <td>MALA PROGRAMACIÓN</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>SC</td> <td>FALTA DE SUBCONTRATO</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>LOG</td> <td>FALTA DE PROVEEDOR</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>ALM</td> <td>FALTA DE MATERIALES</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>RES</td> <td>FALTA DE MANO DE OBRA</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>EQ/H</td> <td>FALTA DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>EJEC</td> <td>TRABAJO REHECHOS</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>ADM</td> <td>PROBLEMAS DE PAGO</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>OTROS</td> <td>OTROS</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>					TIPO	DESCRIPCIÓN	CANT	SUP/C	CAMBIO DE DISEÑO	0	PROG	MALA PROGRAMACIÓN	3	SC	FALTA DE SUBCONTRATO	0	LOG	FALTA DE PROVEEDOR	0	ALM	FALTA DE MATERIALES	0	RES	FALTA DE MANO DE OBRA	0	EQ/H	FALTA DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS	0	EJEC	TRABAJO REHECHOS	2	ADM	PROBLEMAS DE PAGO	0	OTROS	OTROS	1
TIPO	DESCRIPCIÓN	CANT																																															
SUP/C	CAMBIO DE DISEÑO	0																																															
PROG	MALA PROGRAMACIÓN	3																																															
SC	FALTA DE SUBCONTRATO	0																																															
LOG	FALTA DE PROVEEDOR	0																																															
ALM	FALTA DE MATERIALES	0																																															
RES	FALTA DE MANO DE OBRA	0																																															
EQ/H	FALTA DE EQUIPOS/HERRAMIENTAS	0																																															
EJEC	TRABAJO REHECHOS	2																																															
ADM	PROBLEMAS DE PAGO	0																																															
OTROS	OTROS	1																																															
ELABORADO:	HAENDEL ROSSINI BERNARDO CHÁVEZ										APROBADO:																																						
												FIRMA:																																					



ANEXO N° 14: RENTABILIDAD DEL CONTRATISTA – CURVA “S” (Caso II)





ANEXO N° 15: RENTABILIDAD DEL CONTRATISTA – CURVA “S” (Caso II)

