



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

“Propuesta de Implementación de la herramienta LAST PLANNER SYSTEM para mejorar la gestión logística del área de Obras Industriales de la empresa CAM”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Jesús Miguel Bazán Paytán

Asesor:

Mg. Luis Romero Echevarría

Lima – Perú

2016

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** el trabajo de suficiencia profesional desarrollado por el (la) Bachiller **Jesús Miguel Bazán Paytán**, denominada:

“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA LAST PLANNER SYSTEM PARA MEJORAR LA GESTIÓN LOGÍSTICA DEL ÁREA DE OBRAS INDUSTRIALES DE LA EMPRESA CAM”

Ing. Luis Romero Echevarría

ASESOR

Ing. Nombres y Apellidos

JURADO

PRESIDENTE

Ing. Nombres y Apellidos

JURADO

Ing. Nombres y Apellidos

JURADO

DEDICATORIA

A mis padres, con todo mi amor y
gratitud por el apoyo incondicional.

A mis hijos y esposa, quienes me
motivan a ser mejor día a día.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi gratitud a la
Universidad Privada del Norte,
A la Facultad de Ingeniería,
Carrera de Ingeniería Industrial
Que ha contribuido a mi
Formación profesional
Y humanística

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	2
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE DE CONTENIDOS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE TABLAS	10
RESUMEN.....	11
ABSTRACT	12
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Antecedentes	13
1.2. Realidad Problemática	14
1.3. Formulación del Problema	14
1.3.1. <i>Problema General</i>	14
1.3.2. <i>Problema Específico</i>	15
1.3.2.1. <i>Problema específico 01</i>	15
1.3.2.2. <i>Problema específico 02</i>	15
1.3.2.3. <i>Problema específico 03</i>	15
1.4. Justificación.....	15
1.4.1. <i>Justificación Teórica</i>	15
1.4.2. <i>Justificación Práctica</i>	16
1.4.3. <i>Justificación Cuantitativa</i>	16
1.4.4. <i>Justificación Académica</i>	16
1.5. Objetivo	16
1.5.1. <i>Objetivo General</i>	16
1.5.2. <i>Objetivo Específico</i>	17
1.5.2.1. <i>Objetivo específico 1</i>	17
1.5.2.2. <i>Objetivo específico 2</i>	17

1.5.2.3.	<i>Objetivo específico 3</i>	17
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO		18
2.1.	Antecedentes	18
2.2.	Gestión Logística	25
2.2.1.	<i>Planificación de las adquisiciones</i>	29
2.3.	Pensamiento Lean	32
2.3.1.	<i>Lean Production</i>	33
2.3.2.	<i>Lean Construction</i>	36
2.4.	Last Planner System	37
2.4.1.	<i>Introducción</i>	37
2.4.2.	<i>Definición</i>	38
2.4.3.	<i>Estructura del Last Planner System</i>	38
2.4.3.1.	<i>Planificación Maestra</i>	39
2.4.3.2.	<i>Planificación por Fases</i>	39
2.4.3.3.	<i>Planificación Intermedia</i>	40
2.4.3.4.	<i>Planificación Semanal</i>	41
2.4.4.	<i>Beneficios de implementar LPS</i>	43
2.5.	Definición de términos básicos	44
CAPÍTULO 3. DESARROLLO		47
3.1.	Sistema de gestión del área de obras industriales	47
3.1.1.	<i>Generalidades previas</i>	47
3.1.2.	<i>Sistema de gestión convencional</i>	49
3.1.3.	<i>Sistema de gestión propuesto con LPS</i>	51
3.2.	Metodología de implementación	55
3.2.1.	<i>Fase 1: Estandarización de procesos y responsabilidades</i>	56
3.2.2.	<i>Fase 2: Inducción</i>	57

3.2.3.	<i>Fase 3: Aplicación del LPS</i>	61
3.2.4.	<i>Fase 4: Evaluación y retroalimentación</i>	63
3.3.	Instrumentos para la aplicación del Last Planner System	64
3.4.	Descripción de un proyecto de obras industriales	65
3.4.1.	<i>Información económica Proyecto LCT</i>	67
3.4.2.	<i>Análisis de las causas de resultados negativos</i>	68
3.4.2.1.	<i>Análisis de Materiales Consumidos</i>	68
3.4.2.2.	<i>Análisis según Clasificación ABC</i>	69
	CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES	76
4.1.	RESULTADOS.....	91
4.1.1.	<i>Análisis de Porcentaje de Plan Cumplido</i>	91
4.1.2.	<i>Análisis de Causas de No Cumplimiento</i>	94
4.1.3.	<i>Análisis comparativo con/sin uso del LPS</i>	96
4.2.	CONCLUSIONES	101
4.3.	RECOMENDACIONES	103
	REFERENCIAS	103
	ANEXOS	106

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura N° 2.1: Grupos de subprocesos
- Figura N° 2.2: Pensamiento Lean
- Figura N° 2.3: Procesos y subprocesos
- Figura N° 2.4: Diagrama de Flujo del proceso de LPS
- Figura N° 2.5: Beneficios de implementación LPS
- Figura N° 3.1: Diagrama de flujo de sistema de gestión convencional para un proyecto en obras industriales
- Figura N° 3.2: Cronograma general de instalaciones eléctricas de media tensión
- Figura N° 3.3: Organigrama del proyecto de obras industriales
- Figura N° 3.4: Diagrama de flujo de Sistema de gestión con participación directa para un proyecto de obras industriales
- Figura N° 3.5: Organigrama de obra propuesto para proyectos de obras industriales
- Figura N° 3.6: Cronograma general para un proyecto de obras industriales usando el sistema participativo de LPS
- Figura N° 3.7: Plano de Sótano 10, Sótano 1 y Piso 1 Recorrido de MT
- Figura N° 3.8: Plano de Planta Azotea Recorrido de MT
- Figura N° 3.9: Data de consumos ERP – Proyecto LCT
- Figura N° 3.10: BD Excel de consumos ERP – Proyecto LCT
- Figura N° 3.11: Cálculo del Factor de Importación Aéreo – Proyecto LCT
- Figura N° 3.12: Cálculo del Factor de Importación Marítimo – Proyecto LCT
- Figura N° 3.13: Data de consumos ERP – Proyecto HOTEL IBIS
- Figura N° 3.14: BD Excel de consumos ERP – Proyecto HOTEL IBIS
- Figura N° 3.15: Data de consumos ERP – Proyecto ICHMA
- Figura N° 3.16: BD Excel de consumos ERP – Proyecto ICHMA
- Figura N° 4.1: Evolución del PPC: Proyecto LCT
- Figura N° 4.2: Causas de No Cumplimiento Proyecto LCT
- Figura N° 4.3: Formato de PPC de Proyecto LPS en MS Excel
- Figura N° 4.4: Formato de Plan Maestro de Proyecto LPS en MS Project
- Figura N° 4.5: Formato de Lookahead Planning de Proyecto LPS en MS Excel

Figura N° 4.6: Formato de Weekly planning o To Do List en MS Excel

Figura N° 4.7: Formato de CNC de Proyecto LPS en MS Excel

Figura N° 4.8: Formato de Análisis de Restricciones proyecto LPS en MS Excel

Figura N° 4.9: Formato de Resultados con convenio al cierre de 2015 en MS Excel

Figura N° 4.10: Formato de Resultados sin convenio al cierre de 2015 en MS Excel

Figura N° 4.11: Formato de Resultados con convenio al cierre de 2016 en MS Excel

Figura N° 4.12: Formato de Resultados sin convenio al cierre de 2016 en MS Excel

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1: Áreas de Conocimiento del PMI
Tabla N° 2.2: Grupos de subprocesos
Tabla N° 3.1: Funciones Last Planner System según roles
Tabla N° 3.2: Herramientas para la implementación LPS
Tabla N° 3.3: Resumen de Resultados Acumulados proyecto LCT
Tabla N° 3.4: Análisis Consolidado de Materiales – Proyecto LCT
Tabla N° 3.5: Análisis del 20/80 Pareto – Proyecto LCT
Tabla N° 3.6: Análisis del sobrecosto – Proyecto LCT
Tabla N° 3.7: Causas de Sobrecosto – Proyecto LCT
Tabla N° 3.8: Resumen de Resultados Acumulados proyecto HOTEL IBIS
Tabla N° 3.9: Análisis Consolidado de Materiales – Proyecto HOTEL IBIS
Tabla N° 3.10: Análisis del 20/80 Pareto – Proyecto HOTEL IBIS
Tabla N° 3.11: Análisis del sobrecosto – Proyecto HOTEL IBIS
Tabla N° 3.12: Causas de Sobrecosto – Proyecto HOTEL IBIS
Tabla N° 3.13: Resumen de Resultados Acumulados proyecto Edificio ICHMA
Tabla N° 3.14: Análisis Consolidado de Materiales – Proyecto Edificio ICHMA
Tabla N° 3.15: Análisis del 20/80 Pareto – Proyecto HOTEL Edificio ICHMA
Tabla N° 3.16: Análisis del sobrecosto – Proyecto HOTEL Edificio ICHMA
Tabla N° 3.17: Causas de Sobrecosto – Proyecto HOTEL Edificio ICHMA
Tabla N° 4.1: Causas de No Cumplimiento
Tabla N° 4.2: Resultados con/sin el uso del sistema LPS respecto del presupuesto - LCT
Tabla N° 4.3: Mejoras potenciales con el sistema LPS - LCT
Tabla N° 4.4: Resultados con/sin el uso del sistema LPS respecto del presupuesto - IBIS
Tabla N° 4.5: Mejoras potenciales con el sistema LPS – IBIS
Tabla N° 4.6: Resultados con/sin el uso del sistema LPS respecto del presupuesto - ICHMA
Tabla N° 4.7: Mejoras potenciales con el sistema LPS - ICHMA

RESUMEN

En los últimos años la aplicación de la herramienta Last Planner System (LPS) ha sido utilizada por las empresas a nivel regional e internacional evidenciando su impacto en el desempeño de proyectos de construcción. En el caso del Perú, la implementación e investigación en el ámbito académico del LPS se ha enfocado mayormente en proyectos de construcción y existe limitada información en cuanto a los impactos en proyectos de obras industriales donde la gestión logística también es un aspecto crítico. Dada la naturaleza de la investigación, está se enfoca en el área de obras industriales de una empresa que brinda servicios de ingeniería en el rubro eléctrico y de telecomunicaciones, cuyos proyectos son ejecutados normalmente en cortos y medianos plazos; presentando variabilidad, alta complejidad técnica y de gestión de las adquisiciones, cambios en el alcance y de alto impacto económico-financiero.

La presente investigación se centra en brindar una propuesta de implementación del LPS en la gestión logística para uno de los proyectos del área de obras industriales de la empresa CAM, con la finalidad de cuantificar y analizar el beneficio que deriva su utilización en dicha gestión, de esta manera replicar esta metodología integral para lograr notables resultados en cuanto su planificación, márgenes de utilidad y eficiencia de los recursos utilizados.

La investigación valida la hipótesis principal la cual menciona que la propuesta de implementación del LPS mejora la gestión logística del área de obras industriales de la empresa en estudio en relación a la confiabilidad de la planificación, la reducción de re-procesos en la gestión logística, el cumplimiento de los plazos pactados y la reducción de costos asociados a dicha gestión. De esta manera se contribuye y promueve su implementación en proyectos similares de la industria por iniciar o en ejecución.

Palabras Clave: Lean Construction, Last Planner System, Gestión Logística, Obras Industriales.

ABSTRACT

In recent years, the Last Planner System (LPS) has been used by many companies locally and worldwide providing evidence of their impact on the performance of construction projects. In the case of Peru, implementation and research in the academic field of LPS has focused mainly on construction projects, and there is limited information regarding impacts on projects of industrial works where logistic management is a critical aspect too. Given the nature of this research which is focused in the area of industrial works of a company that provides electrical and telecom engineering services, whose projects are normally executed in short and medium term, presenting variability, high technical complexity and changes in scope and high economic and financial impact.

This research focuses on the implementation proposal of LPS in the logistic management for one of the projects in the area of industrial works of the company CAM, in order to quantify and analyze the benefits that derives its use in that management of this way to replicate this comprehensive methodology to achieve remarkable results in terms of its planning, profit margins and efficiency of resource use.

The research validates the primary hypothesis which states that the implementation proposal of LPS improved logistic management in the area of industrial works of the company under study as to the reliability of planning, reducing re-processes in management logistic, compliance with agreed deadlines and reducing costs associated with such management. This research thus contributes and promotes their subsequent implementation in similar projects in the industry to start or in execution.

Keywords: Lean Construction, Last Planner System, Logistics Management, Industrial Works.

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La mayor dificultad que presentan los proyectos de obras industriales, es decir, obras relacionadas con el montaje de equipos e instalaciones de plantas industriales y edificaciones diversas hoy en día es el cumplimiento de los plazos y presupuestos con márgenes de tiempo y costos muy reducidos. Existe una característica propia de los proyectos que es la variabilidad que amenaza una interrupción en los flujos de trabajo, y es entendida como aquella desviación de lo planificado o previsto, esto genera por sí mismo sobrecostos y entregas fuera del plazo de ejecución, de esta manera se logra reducir o incluso eliminar los márgenes de ganancia de las empresas involucradas en este rubro.

Los proyectos de obras industriales demandan un grado de complejidad ya que combinan un conjunto de ingenierías de las ramas eléctrica, civil, electrónica, de redes ante ello se busca el dar soluciones a través de metodologías que coadyuvan a optimizar los recursos y procesos respectivos. Por tanto, se busca con la presente tesis dar solución a los problemas presentes relacionados a los procesos de planificación y control de proyectos que lleva a cabo el área de obras industriales de una empresa que brinda servicios de ingeniería eléctrica y de telecomunicaciones.

En estas últimas décadas se han desarrollado sistemas en el proceso de planificación y control en lo referente a proyectos para intentar reducir el impacto generado por la variabilidad, la cual amenaza al desarrollo y culminación de éstos. A modo de resolver esta problemática se utiliza el sistema Last Planner System basado en la filosofía Lean Construction que ha proporcionado resultados favorables en el ámbito de la construcción en el aspecto económico y productivo, de manera que resulta en una herramienta que contribuye a la mejora de los procesos y su gestión. Sin embargo, a la fecha su utilización no ha sido muy difundida en rubros como obras industriales y otros sectores de la industria, motivo por el cual surge la necesidad e importancia de validar la implementación de una herramienta que contribuya a mejorar la productividad, al cumplimiento de lo planificado y que se refleje en el beneficio económico e incremento de la competitividad de la empresa.

1.2. Realidad Problemática

El incumplimiento de los plazos en la ejecución de los trabajos y los sobrecostos asociados a la postergación de los proyectos impactan negativamente en los resultados económico financieros y en el prestigio de la empresa, de esta manera la utilidad o márgenes esperados se reducen considerablemente. La gestión logística en los proyectos guarda estrecha relación con las consecuencias económicas que se deriven de una deficiente planificación y control durante ésta gestión.

Al centrar el desarrollo de esta investigación en el área de obras industriales de la empresa en estudio es posible evidenciar ciertas falencias que pueden ser superadas mediante el uso de una metodología integral de planificación y control aplicada a la gestión de adquisiciones o logística. Considerando que a pesar de que en la empresa y área actualmente se establezcan procesos de planificación y control, si éstos se encuentran aislados, no garantizarían el cumplimiento de los plazos y optimización de los recursos en cuanto a calidad y satisfacción del cliente se trate.

Se requiere por tanto de un sistema integral de planificación y control de tipo participativo, en el que se busque la coordinación de las áreas que conforman los trabajos o proyectos que de énfasis en la gestión logística, de esta manera se pueden tomar medidas a tiempo y anticipar situaciones que pueden perjudicar el desempeño global de la obra o proyecto.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema General

¿Cómo una metodología de planificación y control mejora la gestión logística en el área de obras industriales?

1.3.2. Problema Específico

1.3.2.1. Problema específico 01

¿Cómo el sistema LPS influye económicamente en las adquisiciones de bienes y servicios de un proyecto del área de obras industriales?

1.3.2.2. Problema específico 02

¿Cómo el sistema LPS influye en las fechas de entrega de los bienes y servicios pactados de un proyecto del área de obras industriales?

1.3.2.3. Problema específico 03

¿Se puede aplicar el sistema LPS en los proyectos del área de obras industriales?

1.4. Justificación

Se evidencia en el área de obras industriales de la empresa investigada el frecuente incumplimiento de los plazos acordados, generando sobrecostos, penalizaciones, desperdicios de materiales, re-procesos y sobretiempos por la ejecución de trabajos adicionales. Estos aspectos se encuentran relacionados a la deficiente planificación y control que se ha tenido entre los gestores de obra con el área logística. Como consecuencia de ello, se materializan específicamente en pérdidas económicas, que afectan negativamente a las utilidades y márgenes planteados al inicio del proyecto.

1.4.1. Justificación Teórica

En la presente investigación se pretende evidenciar que mediante el sistema integral LAST PLANNER SYSTEM que forma parte de la metodología LEAN CONSTRUCTION se optimizan los procesos de planificación y control para la gestión logística del área de obras industriales de la empresa CAM.

1.4.2. Justificación Práctica

La presente investigación pretende que el LAST PLANNER SYSTEM sea aplicable a la realidad de toda obra en el área de obras industriales de la empresa en estudio y a su vez hacer extensivo su uso en diversas obras y proyectos, dada la utilidad que genera al optimizar la gestión logística.

1.4.3. Justificación Cuantitativa

Dado que la investigación analiza los resultados obtenidos producto de la implementación del sistema LPS se determinan o cuantifican los beneficios económico-financieros que son una importante fuente de estudio para comprobar el aumento en los márgenes de utilidades o reducción de costos en el área y empresa investigados, de esta manera se permite establecer una base que constata su aplicabilidad.

1.4.4. Justificación Académica

Con esta investigación se pretende contribuir a la especialización e involucramiento de los profesionales de este ámbito a la gestión logística, con el objetivo de mejorar la eficiencia y eficacia de sus actuaciones con el afán de que de esta manera, se contribuya a la mejora de la calidad en el trabajo realizado.

1.5. Objetivo

1.5.1. Objetivo General

Proponer la Implementación del Last Planner System para la mejora en la gestión logística en el área de Obras Industriales.

1.5.2. Objetivo Específico

1.5.2.1. Objetivo específico 1

Evaluar el impacto económico con el uso del sistema LPS de las adquisiciones de bienes y servicios en un proyecto del área de obras industriales.

1.5.2.2. Objetivo específico 2

Estimar el cumplimiento de las entregas en fechas pactadas mediante el sistema LPS en un proyecto del área de obras industriales.

1.5.2.3. Objetivo específico 3

Desarrollar las etapas del sistema Last Planner System en un proyecto del área de obras industriales para mejorar su gestión logística.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Se presentan los antecedentes vinculados al tema central realizados en el ámbito nacional y a su vez desarrollados en otros países.

2.1.1. Impactos de la Implementación del Sistema Last Planner en obras de montaje industrial en Minería

Datos Bibliográficos

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE ESCUELA DE INGENIERIA
2010 – LEAL FLORES, MAURICIO ANDRÉS – TESIS PARA OPTAR AL GRADO
DE MAGISTER EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA – SANTIAGO DE CHILE -
CHILE

Objetivo General

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

Principales Conclusiones

- La implementación del sistema LPS, como parte de las estrategias destinadas a cumplir con los objetivos establecidos en el contexto de los Proyectos de Montaje Industrial en Minería, presenta un alto potencial de desarrollo y aplicación tanto para las empresas constructoras como para las empresas mandantes.
- Los positivos resultados observados a partir de la implementación de LPS en los casos de estudio, principalmente en los aspectos de la seguridad, márgenes de utilidad, productividad y gestión organizacional contribuyen a

incentivar el uso de este sistema de planificación en el área de construcción de infraestructura para la industria Minera, del mismo modo que algunos de los mandantes de los proyectos analizados en esta investigación han comenzado a implementarlo como exigencia para sus nuevos contratos.

2.1.2. Implementación del Sistema Last Planner en una Habitación Urbana

Datos Bibliográficos

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU 2012 – MIRANDA CASANOVA, DANIEL – TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL – LIMA - PERÚ

Objetivo General

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

Principales Conclusiones

- En resumen para una buena implementación se necesitaría compromiso del equipo de obra, disciplina y organización, disposición de la empresa a cambios, participación activa de los contratistas (se lograría ampliando alcances en sus contratos), estandarizando procesos, con una inducción completa y muy recomendable también sería el realizar encuestas para conocer el sentir del personal respecto al uso del LPS.
- Mediante la aplicación del LPS se comprobó que se puede genera una programación semanal confiable, ya que previamente se realiza la liberación de restricciones lo cual nos asegura con una buena probabilidad que la actividad será ejecutada. De esta manera se cumple con uno de los principios

de la Lean Construction que es la reducción de la variabilidad en los procesos.

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

2.1.3. 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

Datos Bibliográficos

UNIVERSIDAD EAFIT 2012 – CASTAÑO JIMÉNEZ, PATRICIA - MAESTRÍA EN INGENIERÍA – ÉNFASIS GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN- MEDELLÍN-COLOMBIA.

Objetivo General

- Implementar el Last Planner System en un proyecto de construcción de infraestructura para mejorar la confiabilidad en la planificación y reducir su incertidumbre.

Principales Conclusiones

- Dadas las externalidades del proyecto La implementación del Last Planner System no logró reducir la variabilidad en la Construcción del Tramo 2B del Corredor Parcial de Envigado.

- La incertidumbre frente al futuro del proyecto, cuya continuidad depende de la decisión de un órgano consultivo supremo de la jurisdicción del contencioso administrativo de Colombia, impacta directamente en la evolución del PAC y por ende en el desarrollo técnico y económico del proyecto.
- Dadas las externalidades e imprevistos en la ejecución del proyecto, el programa maestro perdió su importancia y validez, pese a los cambios de versión y esfuerzos por seguir un plan general de trabajo.

2.1.4. Aplicación de la Filosofía Lean Construction en la Planificación, Programación, Ejecución y Control de Proyectos

Datos Bibliográficos

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERU 2014 – TEJADA GUZMAN, ABNER – TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL – LIMA - PERU

Objetivo General

El objetivo principal de este trabajo es la difusión de los conceptos de la filosofía de Construcción llamada Lean Construction, que viene mostrando interesantes resultados en los países en los que se aplica y poco a poco viene ganando terreno en el Perú. Esto se debe a que las empresas del sector están conscientes del grado artesanal que tiene la construcción en nuestro país y le abren las puertas a una nueva metodología que mejorara indudablemente el estado del sector, alentara su crecimiento y por ende la del país.

Principales Conclusiones

- Se puede concluir que la aplicación de las herramientas Lean en un proyecto de construcción, en especial de edificaciones, tiene muy buenos resultados en el desarrollo del proyecto, tanto en la productividad como en el plazo y costo. Sin embargo, se deben utilizar las herramientas de manera constante para

que las mejoras que estas representan se vean reflejadas en nuestro proyecto.

- Como conclusión general se puede decir que la aplicación de las 9 herramientas Lean en el proyecto “Barranco 360” ha generado ahorros debido al incremento de la productividad, al cumplimiento de los plazos establecidos y a la reducción de los principales tipos de desperdicios mencionados en la parte teórica. Habría que preguntarse en este punto, a qué nivel se hubiese llegado utilizando más herramientas.

- El uso del Last Planner System nos permite reducir considerablemente los efectos de la variabilidad sobre nuestros proyectos, en nuestro caso aplicando todos los niveles de planificación y programación que contiene el Last Planner se logró cumplir con el plazo establecido para terminar la etapa de casco de la obra (09-0712), esto debido a que se cumplían en gran medida las programaciones semanales que eran desprendidas del Lookahead de obra llegando a obtener un nivel de cumplimiento de la programación del 75% lo cual está por encima de lo estándar en los proyectos de edificaciones de la capital. Sin embargo, no hubiese sido posible poder cumplir con las programaciones sin trabajar para mejorar los problemas de la obra y es ahí donde radica la importancia de las causas de incumplimiento y las acciones correctivas, ya que nos alertaron de los problemas más comunes en la obra para darle un énfasis especial y estar preparados.

2.1.5. Impacto de la logística en la reducción de tiempos operativos y costos en proyectos en BISA Construcción S.A.

Datos Bibliográficos

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE 2015 – VILLACORTA CHIRINOS, LUIS HUMBERTO – FACULTAD DE INGENIERIA - TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO INDUSTRIAL – CAJAMARCA - PERU

Objetivo General

El propósito fundamental de la tesis es mostrar cómo el manejo de la logística fuera de las fechas estimadas según las programaciones del proyecto, afecta de sobremanera los tiempos operativos estimados de los proyectos electromecánicos generando costos adicionales a los presupuestos de las obras de construcciones industriales perjudicando al cliente y a las contratistas especializadas que desarrollan las obras industriales

Principales Conclusiones

La información proporcionada en esta investigación es de gran utilidad en lo referente a la aplicación de la metodología Last Planner System para evitar que los proyectos electromecánicos generen tiempos muertos y costos adicionales que perjudiquen económicamente los presupuestos estimados. De esta manera, con esa herramienta se busca tomar decisiones basadas en no sólo en costos sino en criterios cualitativos buscando generar el ahorro y la rentabilidad de las obras industriales.

2.1.6. Propuesta de mejora para disminuir el número de no cumplimientos de actividades programadas en proyectos de edificaciones basado en Last Planner System, para la Empresa A & Arq. Contratistas y Consultores.

Datos Bibliográficos

UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS 2014 – BUENO DE OLARTE, ANTONIO JORGE – TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE MAGISTER EN GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN – LIMA - PERU

Objetivo General

Proponer mejoras para disminuir el número de no cumplimientos de actividades programadas en proyectos de edificaciones basado en Last Planner System, para la empresa A & ARQ Contratistas y Consultores.

Principales Conclusiones

- Se cumple el objetivo principal del presente estudio, disminuyendo los No Cumplimientos de las Actividades Programadas, a través de una planificación más detallada y del control de los índices de Causas de No Cumplimientos y Porcentaje de Programa Completo.
- La propuesta estima una reducción de los sobre costos, con su consecuente reducción de la merma de la utilidad bruta de 35.70% a solo 10.92%, porcentaje que implicaría los costos de implementación del sistema. Disminuyendo las pérdidas por Adicionales, Retrabajos y Reposiciones, Penalizaciones, Desperdicios y Mano de obra sin frente de trabajo, ocasionadas por los no cumplimientos de las actividades programadas.
- Los ahorros por disminución de los sobrecostos y sobretiempos identificados en el presente estudio, no son los únicos susceptibles a ser mejorados mediante la implementación del LPS, cabe señalar que este sistema busca disminuir todas aquellas pérdidas provenientes de los materiales, mano de obra, equipos, o de la misma gestión del proyecto, por tanto el campo de

estudio es amplio y cuanto mayor sea el número de CNC estudiadas y controladas, mejores serán los índices de PPC del proyecto y por ende mayores márgenes obtendremos.

- Se tiene mayor control de lo programado, tanto a nivel de recursos, como de cronogramas.
- La implementación del sistema y su aplicación continua en la empresa, permitirá la generación de ahorros y mayores márgenes para la empresa.

2.2. Gestión Logística

La etimología de la palabra logística deviene del griego *logistiké*, relativa al cálculo, asociada en la antigüedad al terreno militar, desde el Imperio Romano, Bizantino, del Medio Oriente, pasando por la Segunda Guerra Mundial hasta su aplicación al ámbito empresarial, en la que toda organización contempla necesariamente un sistema logístico de gestión encargado de coordinar las funciones de aprovisionamiento, producción, almacenaje, transporte, distribución y servicio al cliente (Escudero Serrano, 2013)

La logística se puede definir según (Cuatrecasas Arbós, 2012) como:

“La logística empresarial comprende la planificación, la organización y el control de todas las actividades relacionados con la obtención, el traslado y el almacenamiento de materiales y productos, desde la adquisición hasta el consumo, a través de la organización y como un sistema integrado, incluyendo también todo lo referente a los flujos de información implicados. El objetivo perseguido es la satisfacción de las necesidades y los requerimientos de la demanda, de la manera más rápida y eficaz y con el mínimo coste posible (p. 531)”

Para (Escudero Serrano, 2013) la logística puede ser definida de la siguiente manera:

“La logística empresarial es una actividad que tiene como finalidad satisfacer las necesidades del cliente, proporcionando productos y servicios en el momento, lugar y cantidad que los solicita, y todo ello al mínimo coste (p. 2)”

De lo anterior se puede inferir que la gestión logística se convierte en una clave competitiva actual entre las empresas, considerando la evolución de las expectativas de los mercados; clientes y consumidores. Para (Cuatrecasas Arbós, 2012) se le considera a la logística como una coordinación y enlace entre:

- El mercado de clientes y consumidores
- Canales de distribución
- Actividades operativas de la propia empresa
- Proveedores

En tanto que la función principal de la logística referida por (Escudero Serrano, 2013) conlleva a planificar y gestionar todas las operaciones relacionadas con el flujo óptimo de bienes y servicios elaborados, desde las fuentes de aprovisionamiento hasta el consumidor final. De ello se desprende que las funciones logísticas principales dentro de una empresa sea industrial, comercial o de servicios son: el aprovisionamiento, la producción, la distribución comercial y el servicio postventa.

Una buena planificación logística tiene como objetivo principal satisfacer la demanda en los mejores términos de servicio, costo y calidad. Esta planificación adecuada del aprovisionamiento, almacenaje, producción, transporte, distribución permite conseguir los siguientes objetivos señalados por (Escudero Serrano, 2013):

- Adquirir los materiales en condiciones adecuadas; evitando sobrecostos en cuanto a operaciones de desestiba, preparación, desembalaje, temporadas de escases.
- Reducir los gastos de transporte mediante consolidación de cargas y optimización de rutas de traslado hasta la empresa o punto de entrega.
- Disminuir el volumen, el espacio y número de recintos destinados al almacenaje de los inventarios.
- Reducir el control de revisiones y control de existencias innecesarias
- Reducir los costos de manipulación

Finalmente, lo que busca toda empresa es satisfacer la demanda al menor costo total posible y esto entendido desde la gestión logística implica conseguir el nivel de servicio

esperado por los clientes y consumidores, y reducir los costos de adquisición, almacenaje y distribución tanto como sea posible.

La gestión logística corresponde a una de las 10 áreas de conocimiento de la Guía PMI del Project Management Institute, consideradas a su vez con 4 de los 5 grupos de proceso: planificación, ejecución, seguimiento y control, cierre. Mostrados en la siguiente Tabla 2.1, a saber:

Tabla N° 2.1: Áreas de Conocimiento del PMI

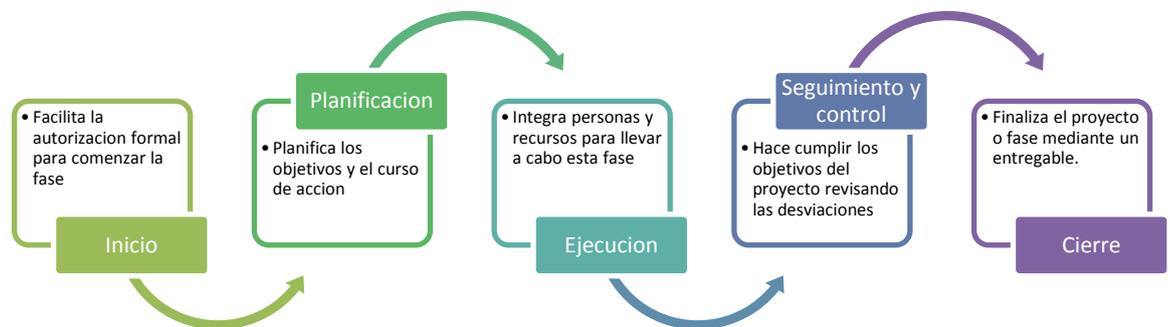
AREA DE CONOCIMIENTO	INICIO	PLANIFICACION	EJECUCION	CONTROL	CIERRE
INTEGRACION	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollar el Plan de Gestión del Proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> Dirigir y gestionar la ejecución del Proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> Monitorear y controlar el trabajo del proyecto Realizar Control integrado de cambios 	<ul style="list-style-type: none"> Cierre del Proyecto o fase
ALCANCE		<ul style="list-style-type: none"> Planificar la Gestión del Alcance Recopilar Requisitos Definir el alcance Crear EDT 		<ul style="list-style-type: none"> Validar el alcance Controlar el alcance 	
TIEMPO		<ul style="list-style-type: none"> Planificar la Gestión del Cronograma Definir las actividades Secuenciar las actividades Estimar los recursos de las actividades Estimar la duración de las actividades Desarrollar el cronograma 		<ul style="list-style-type: none"> Control del Cronograma 	
COSTO		<ul style="list-style-type: none"> Planificar la Gestión de los Costos Estimar los costos Determinar el presupuesto 		<ul style="list-style-type: none"> Control de Costos 	
CALIDAD		<ul style="list-style-type: none"> Planificar la Gestión de calidad 	<ul style="list-style-type: none"> Realizar el Aseguramiento de la Calidad 	<ul style="list-style-type: none"> Ejecutar el Control de Calidad 	
RRHH		<ul style="list-style-type: none"> Planificación la Gestión de los Recursos Humanos 	<ul style="list-style-type: none"> Adquirir el equipo del proyecto Desarrollar el equipo del proyecto Dirigir el equipo del proyecto 		<ul style="list-style-type: none"> Evaluación del equipo de proyecto
COMUNICACIONES		<ul style="list-style-type: none"> Planificación la Gestión de las Comunicaciones 	<ul style="list-style-type: none"> Gestionar las comunicaciones del proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> Controlar las comunicaciones 	
RIESGOS		<ul style="list-style-type: none"> Planificar la gestión de riesgos Identificar los riesgos Analizar 		<ul style="list-style-type: none"> Seguimiento y Control de Riesgos 	

		<ul style="list-style-type: none"> • Analizar cualitativamente los riesgos • Analizar cuantitativamente los riesgos • Planificar la respuesta a los riesgos 			
ADQUISICIONES		<ul style="list-style-type: none"> • Planificar las adquisiciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar las adquisiciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Administrar las adquisiciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Cierre de las adquisiciones
RIESGOS	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de Stakeholders 	<ul style="list-style-type: none"> • Planificar la gestión de los interesados 	<ul style="list-style-type: none"> • Gestionar la participación con los interesados 	<ul style="list-style-type: none"> • Controlar la participación con los interesados 	

Fuente: (PMI, 2013)

El PMI establece que cada área de conocimiento puede verse como un conjunto de subprocesos que tiene fases a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Estos subprocesos se agrupan en 5 grandes grupos (Inicio, planificación, ejecución, seguimiento y control; y cierre) los cuales deben calzar con los objetivos del proyecto considerando el costo, alcance y tiempo.

Figura N° 2.1: Grupos de Subprocesos



Fuente: (PMI, 2013)

Cualquier subproceso está compuesto por unas entradas; técnicas y herramientas; y una salida. En otras palabras las entradas son transformadas mediante las técnicas y herramientas para obtener un resultado o salida.

Tabla N° 2.2: Grupos de subprocesos

	ENTRADAS	TECNICAS Y HERRAMIENTAS	SAIDAS
PLANIFICACION	1.1 Línea Base del Alcance 1.2 Documentación de Requisitos 1.3 Acuerdos para Trabajar en Equipo 1.4 Registro de Riesgos 1.5 Acuerdos Contractuales Relacionados con los Riesgos 1.6 Requisitos de Recursos de la Actividad 1.7 Cronograma del Proyecto 1.8 Estimaciones de Costos de las Actividades 1.9 Línea Base del Desempeño de Costos 1.10 Factores Ambientales de la Empresa 1.11 Activos de los Procesos de la Organización	1.1 Análisis de Hacer o Comprar 1.2 Juicio de Expertos 1.3 Tipos de Contrato	1.1 Plan de Gestión de las Adquisiciones 1.2 Enunciado del Trabajo Relativo a la Adquisición 1.3 Decisiones de Hacer o Comprar 1.4 Documentos de la Adquisición 1.5 Criterios de Selección de Proveedores 1.6 Solicitudes de Cambio
EJECUCION	2.1 Plan para la Dirección del Proyecto 2.2 Documentos de la Adquisición 2.3 Criterios de Selección de Proveedores 2.4 Lista de Vendedores Calificados 2.5 Propuestas de los Vendedores 2.6 Documentos del Proyecto 2.7 Decisiones de Hacer o Comprar 2.8 Acuerdos para Trabajar en Equipo 2.9 Activos de los Procesos de la Organización	2.1 Conferencias de Oferentes 2.2 Técnicas de Evaluación de Propuestas 2.3 Estimaciones Independientes 2.4 Juicio de Expertos 2.5 Publicidad 2.6 Búsqueda en Internet 2.7 Negociación de Adquisiciones	2.1 Vendedores Seleccionados 2.2 Adjudicación del Contrato de Adquisición 2.3 Calendarios de Recursos 2.4 Solicitudes de Cambio 2.5 Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto 2.6 Actualizaciones a los Documentos del Proyecto
SEGUIMIENTO	3.1 Documentos de la Adquisición 3.2 Plan para la Dirección del Proyecto 3.3 Contrato 3.4 Informes de Desempeño 3.5 Solicitudes de Cambio Aprobadas 3.6 Información sobre el Desempeño del Trabajo	3.1 Sistema de Control de Cambios del Contrato 3.2 Revisiones del Desempeño de las Adquisiciones 3.3 Inspecciones y Auditorías 3.4 Informes de Desempeño 3.5 Sistemas de Pago 3.6 Administración de Reclamaciones 3.7 Sistema de Gestión de Registros	3.1 Documentación de la Adquisición 3.2 Actualizaciones a los Activos de los Procesos de la Organización 3.3 Solicitudes de Cambio 3.4 Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto
CIERRE	4.1 Plan para la Dirección del Proyecto 4.2 Documentación de la Adquisición	4.1 Auditorías de la Adquisición 4.2 Acuerdos Negociados 4.3 Sistema de Gestión de Registros	4.1 Adquisiciones Cerradas 4.2 Actualizaciones a los Activos de los Procesos de la Organización

Fuente: (PMI, 2013)

2.2.1. Planificación de las adquisiciones

Es el proceso de enlistar y documentar los requerimientos de compra para el proyecto. Aquí se identifica cómo las necesidades del proyecto pueden satisfacerse de mejor manera ya sea a través de la adquisición de un producto, servicio o resultado fuera de la organización; así mismo cuales de las necesidades del proyecto pueden ser resueltas por el mismo equipo del proyecto.

Tomando como referencia los elementos de entrada que se tiene en el grupo de proceso de la dirección de proyectos (PMBOK) los definiremos de la siguiente manera:

- a. Plan de dirección del proyecto.- se describe la necesidad, requisitos, justificación, y límites del proyecto. Se simplifica en el alcance o enunciado del proyecto.
- b. Documentación de requisitos.- recopila información importante sobre las necesidades del proyecto, ejemplo de ello las implicancias contractuales y legales.
- c. Registro de riesgos.- identifica los posibles riesgos y las respuestas planificadas para reducir estos efectos.
- d. Recursos requeridos para la actividad.- detalla información específica de todos los recursos requeridos para el proyecto tales como humanos, equipamiento, infraestructura.
- e. Cronograma del proyecto.- información importante sobre plazos y fechas hito que son de obligatorio cumplimiento.
- f. Estimaciones de costos de actividades.- se contrasta con otras ofertas calculadas para verificar si los costos se encuentran en rangos aceptables.
- g. Registro de interesados.- enlista a los interesados del proyecto y proporciona detalles de los mismos y sus intereses sobre el proyecto.
- h. Factores ambientales de la empresa.- hace una revisión y análisis de las condiciones del mercado, los productos y servicios, y toda la información disponible para que el proyecto alcance su objetivo.
- i. Activos de procesos de la empresa.- toda la información documentada como procesos, políticas, instructivos que soporten la gestión de adquisiciones.

Las herramientas utilizadas son:

- a. Análisis de hacer o comprar, evalúa si el proyecto está en las posibilidades de hacer o comprar de acuerdo a sus alcances en presupuestos, tiempo y recursos.
- b. Juicio de expertos.- Se puede utilizar para desarrollar o modificar los criterios que se aplicarán en la evaluación de las propuestas de los vendedores.
- c. Investigación de mercados.- haciendo uso de diversas herramientas de investigación el equipo puede identificar diversas capacidades del mercado y los vendedores.
- d. Reuniones del equipo de proyectos.-

Finalmente luego de aplicadas las herramientas obtenemos elementos de salida

- a. Plan de Gestión de adquisiciones: describe cómo serán gestionados los procesos de Adquisición del Proyecto y puede incluir:

- b. Enunciado de trabajo relativo a las adquisiciones.- se detalla el producto que se desea adquirir de forma minuciosa para que los posibles vendedores puedan reconocer si están en las capacidades de ofertar.
- c. Documentos de adquisiciones.- se documentan todos los formatos requeridos para efectuar las adquisiciones. Entre ellos tenemos los RFI, RFQ, RFP entre otros.
- d. Criterios de selección de proveedores.- Establecemos las bases de aceptación y calificación de las propuestas, tanto técnicas como económicas
- e. Decisiones de hacer o comprar.- Decisiones, debidamente documentadas, acerca de qué productos o servicios serán adquiridos o desarrollados por el equipo del Proyecto.
- f. Solicitudes de cambios
- g. Actualizaciones a documentos del proyecto.

En tal sentido se refuerza la importancia de la gestión de adquisiciones para la cadena productiva más aun tratándose de un proyecto al concordar con los objetivos del producto: Costo, Alcance y Tiempo. Así mismo, subyace la importancia de los procesos de compra o adquisición de los productos, servicios o resultados para llevar a cabo el desempeño de las actividades de todo proyecto.

Para llevar el proceso de planificación de las adquisiciones hay que tomar en cuenta ciertas consideraciones que se enlistan a seguir:

- Descripción
- Alcance
- Posibles Proveedores
- Inversión estimada
- Tipo de Contrato
- Fecha de inicio
- Fecha de Fin

2.3. Pensamiento Lean

Lean es una corriente de pensamiento que considera que cualquier tipo de gasto que no tenga relación con agregar valor al cliente, es un desperdicio que debería ser eliminado. Entiéndase por valor todo aquello por lo que el cliente está dispuesto a pagar (Lledó, 2014)

El enfoque de la gestión Lean, trasciende más allá del cómo gestionar las operaciones, busca alcanzar la excelencia operacional como ventaja competitiva y basa las decisiones de gestión en una filosofía de largo plazo (Jones & Womack, 2012).

Esta técnica se originó en la década de los noventa en la industria automotriz japonesa, en la empresa Toyota. Es en sí un sistema de organización del trabajo y de gestión de proyectos, se basa en un principio el de preservar el valor del cliente trabajando menos mediante la eliminación del desperdicio. El pensamiento Lean es en esencia crear valor y eliminar pérdidas, para representarlo de una manera más clara se muestra el triángulo Lean que resume los siguientes aspectos:

Figura: 2.2 Pensamiento Lean



Fuente: (Ponz Tienda, Cerveró Romero, & Alarcón Cárdenas, 2013)

Según (Lledó, 2014) el pensamiento Lean consiste en una serie de métodos y herramientas orientados a prevenir y eliminar fallas; interrupciones de producción, la búsqueda de la mejora continua, eliminación de las pérdidas por demoras e ineficiencias en los procesos de la organización. A su vez, en cuanto al tipo de pérdidas refiere este autor que se pueden clasificar en tres tipos según lo refiere

- Desigualdad: Se refiere a cualquier pérdida causada por una variación en la calidad, los costos o la entrega, para contrarrestarla se utilizan técnicas de reducción de la variabilidad.
- Exceso: Se refiere a la sobrecarga innecesaria en los recursos tales como; materiales, personal, equipos que sobrepasan la capacidad del sistema.
- Desperdicio: Hace referencia a toda actividad que consume recursos sin generar valor para el cliente, se distinguen dos tipos: actividades contributivas, es decir, que no añaden valor pero que son necesarias para la continuidad del flujo. Y las acciones no contributivas, que no añaden valor ni son necesarias para obtener resultados.

La filosofía Lean puede resumirse según (Lledó, 2014) en cinco principios fundamentales que consideran:

- El especificar con precisión el valor de cada proyecto,
- Identificar el flujo de valor del proyecto
- Permitir que el valor fluya sin interrupciones
- Permite que el cliente participe en el valor
- Buscar la mejora continua

2.3.1. Lean Production

Es una filosofía basada en la experiencia del ingeniero Taichi Ohno cuando laborada en Toyota en el escenario post segunda guerra mundial, la cual hace referencia a una producción sin pérdidas. En esa época Toyota se enfrentaba ante una escasa demanda y la que tenía el propio mercado japonés que exigía pequeños lotes pero de muchos modelos. Taichi Ohno después de haber visitado varias plantas americanas de producción

en masa de carros buscó la manera de optimizarla. Este tipo de producción hacía que las máquinas trabajaran al máximo de su capacidad ocasionando desperdicios de sobreproducción que muchas veces derivaban en defectos en los carros fabricados. Mientras que en Estados Unidos apuntaban a minimizar el costo de cada parte, el objetivo de Ohno era entregar un producto en el menor tiempo posible cumpliendo con los requerimientos del cliente y sin inventarios como lo sostienen (Ballard & Howell, 2003)

Para poder conseguir esto, Ohno buscó actuar sobre las causas de variabilidad o desperdicios, es decir, sobre lo que no aumenta el valor percibido por el cliente y sobre las causas de inflexibilidad es decir, todo lo que no se adapta a las exigencias del cliente (WOMACK, 1990) Ohno implementó una serie de medidas tales como:

- Descentralizó la toma de decisiones, es decir los trabajadores paraban la línea de producción si encontraban una parte o producto defectuoso. Asimismo, hizo el proceso más transparente, a todo el personal se les dio información acerca de la producción para que entiendan realmente lo que debían hacer y se comprometían con los objetivos de la organización.
- Reemplazó el sistema centralizado de control de inventario mediante el kanban que consiste en un conjunto de tarjetas y cajas que sirven para jalar los 1 Es uno de los tipos de desperdicio establecidos por Shingo y que consiste en producir más de lo necesario o que se produce a un ritmo más rápido del necesario materiales y partes a través de sistemas de producción según las necesidades de los consumidores.
- Involucró a los proveedores mediante la renovación de sus contratos donde se les incentivaba a reducir el costo de sus productos y participar en el proceso de mejora continua del sistema. En la década de los 80, empresas japonesas, americanas y europeas ya conocían este sistema de producción y lo comenzaron a implantar. Pero no fue hasta el año 1990, cuando J. P. Womack y D. T. Jones publicaron "Te Machine chat changad te Word" un libro que dio a conocer la historia de la manufactura automotriz y presentó un estudio acerca de las plantas de ensamblaje japonesas, estadounidenses y europeas. En este libro documentaron el sistema de producción

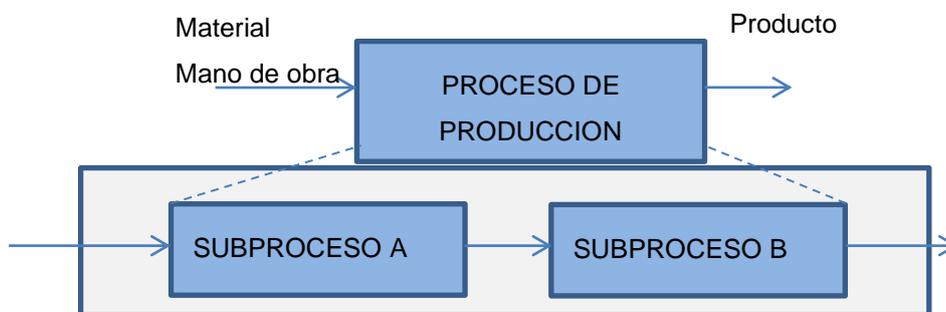
Toyota al que denominaron “Lean Production”. Lean Production se puede entender como una nueva manera de pensar y hacer las actividades en contraposición a la forma tradicional de la producción en masa. Esto se consigue mediante la aplicación de técnicas y principios en el diseño, Abastecimiento y manufactura que son las actividades centrales para esta filosofía según lo definido por (WOMACK, 1990). La conceptualización del proceso de producción ha evolucionado pasando por tres modelos, el primero ve a la producción como transformación (modelo de 21 transformaciones), el segundo adiciona a la transformación el flujo (modelo de transformación y flujo) y el tercero adiciona al modelo anterior el valor (modelo de Transformación, flujo y valor). El primero modelo o llamado también de transformación ve a la producción como un proceso de entradas y salidas. Este proceso se puede dividir en subprocesos de conversión y como lo menciona (Koskela L. , 1992)el costo total del proceso se puede minimizar mediante la disminución del costo de cada subproceso. Las críticas a este modelo son que ignora los flujos como el movimiento, espera, etc., los cuales afectan la eficiencia de los procesos.

2.3.2. Lean Construction

El término Lean Construction fue empleado por el International Group for LeanConstruction (IGLC) que hace referencia a una construcción sin pérdidas, y su primera aplicación relacionada al sector construcción la efectuó (Koskela L. , 1992) quien señala en su publicación el cómo es posible utilizar las herramientas del enfoque Lean Production a este nuevo sector, dado que la industria de la construcción presentaba problemáticas asociadas a la gestión y la forma de cómo optimizar el flujo de procesos que buscan aumentar la certidumbre o confiabilidad en cuanto a la planificación, ejecución y control de los proyectos de construcción.

Se concibe a la industria de la construcción como un conjunto de actividades o flujo de procesos que se originan con un input o entrada; tales como materiales, equipos, trabajo y dirigidos a una salida u output determinado, pasando a través de un proceso de transformación.

Figura: 2.2 Procesos y subprocesos



Fuente: (Koskela L. , 1992)

Es en tanto a estas necesidades, similitudes en el flujo y procesos e iguales metas planteadas por la industria que fueron optimizadas con el uso del Lean Production, que se hace plausible la aplicación del enfoque Lean a la industria de la construcción según lo sostiene (Koskela et al, 2002), quien analiza los principios y las aplicaciones del enfoque Lean Production a este sector. El principal enfoque conocido al respecto es del Last

Planner System que se orienta a la optimización en planificación y gestión de los procesos de construcción, desarrollado por Ballard y Howell en 1998.

2.4. Last Planner System

2.4.1. Introducción

Una de las maneras de optimizarla productividad en un proyecto y en específico en su gestión logística es posible mediante la planificación que constituye un medio eficiente y de bajo costo, cuyo inconveniente se presenta en el bajo nivel de certidumbre que proporciona la planificación convencional, para superar ello se hace uso de la metodología Last Planner System que logra reducir la variabilidad en el proyecto, contribuye a mejorar el flujo-transformación y con un nuevo enfoque de planificación, lo que también permite mejorar la gestión logística.

En relación a la planificación convencional existen diversas razones por las cuales ésta no se cumple Ballard, G. (2000):

- La planificación convencional se basa en la destreza del personal a cargo de la programación de la obra.
- No se mide el desempeño de la habilidad y la destreza para planificar.
- No se analizan los errores de la planificación y sus causas, anulando la posibilidad del aprendizaje.

La planificación según el Last Planner System contempla aspectos clave que le permiten como nuevo enfoque superar las debilidades de la planificación convencional en los proyectos, tales como la variabilidad; entendida como la posibilidad de cambio de los supuestos, el flujo-transformación; que refiere a aquellas actividades que generan transformación directa en el proyecto o de las actividades de flujo, de carácter contributivo, finalmente, el enfoque “debe-puede-se hará” que enfatiza en el análisis previo de lo que en realidad sí se puede hacer para luego realizarlo en obra, en contraposición al enfoque convencional de “debe-se hará-puede”, cuya falencia está en que no es posible hacer todo lo que se pretende hacer, sino solo lo que es posible hacer en efecto para un período

determinado y considerando las posibles restricciones a las que cada actividad puede estar sujeta.

2.4.2. Definición

Al analizar más a profundidad la definición del Last Planner System, creado por los autores Ballard y Howell, quienes en una publicación de su consultora (Lean Project Consulting, 2016) lo definen de la siguiente manera:

“El Last Planner System crea y mejora la predicción del flujo de trabajo en los proyectos. Los resultados son fruto del trabajo en equipo a través de una serie de conversaciones de planificación. Estas conversaciones se encargan de diseñar y activar la red de compromisos indispensables para identificar las necesidades para alcanzar una serie de hitos, para que el trabajo esté terminado, asegurarse de que una persona se compromete a realizarlo, y por un último aprender de la propia experiencia”.

De lo anterior, se desprende que la gestión no se debe centrar tanto en actividades como sí en las personas, puestas éstas son las que van a planificar, ejecutar y dar seguimiento al cumplimiento. Esta metodología genera a un primer nivel general; los compromisos generales, a un segundo nivel; la administración de los flujos por el equipo de trabajo, y a un tercer nivel; la gestión de las promesas. En suma, esta metodología remarca el trabajo en equipo, la colaboración y participación para lograr el éxito mediante la planificación conjunta.

2.4.3. Estructura del Last Planner System

Este sistema parte de una programación maestra convencional de todo el proyecto, la cual toma como un referente de hitos, luego se aterriza a una programación por fases, siendo esta etapa lo que se denomina “Lo que debería hacerse”, posterior a ello, se elabora una programación intermedia con una ventana de tiempo de planificación de cuatro a seis semanas, en la que se analiza lo que realmente “Puede hacerse” denominado Lookahead Windows, en el cual se aplica un análisis de restricciones, y finalmente, culmina con la

elaboración de una planificación semanal que se convierte en “Lo que se hará”, de esta manera se busca aumentar el nivel de certidumbre o confiabilidad puesto que estas actividades del plan semanal están liberadas de restricciones. A su término esta planificación semanal se convierte en pasada y a razón de ello se busca analizar y retroalimentar mediante herramientas o indicadores como son el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) y las Causas de No Cumplimiento (CNC) que facilitan el proceso de planeamiento y seguimiento hasta su culminación (Miranda Casanova, 2012).

2.4.3.1. Planificación Maestra

Todo proyecto suele contar con una planificación o cronograma general, denominado también Master Schedule, en cuya planificación se determinan los hitos necesarios o fechas de cumplimiento para lograr los objetivos propuestos, se elabora a nivel de grupo de actividades o partidas, las fases, de esta manera se continua con la programación para todo el proyecto, así como se elabora el presupuesto del proyecto.

La planificación debe considerar información realista o fidedigna, esto es, aquella que representa el real desempeño que tiene la empresa para el tipo de proyecto que se va a ejecutar, hecho importante que armoniza el control de las actividades que representan la forma y desempeño real de la empresa.

2.4.3.2. Planificación por Fases

Esta planificación denominada Fase Schedule, consiste en detallar las actividades necesarias para ejecutar una fase o etapa del proyecto. Es aquí donde se sugiere la programación de tipo pul o inversa, esto es, se inicia desde la actividad final de una fase hacia la actividad inicial de la fase. Es vital la intervención de todo el equipo de trabajo, que establece las actividades que deben ejecutarse para cumplir un objetivo, se

determina la secuencia de actividades y su duración. El propósito de esta etapa según sostiene Ballard (2000) es:

1. Maximizar la generación de valor.
2. Entendimiento y apoyo de todos los participantes.
3. Especificar la transferencia entre las unidades de trabajo.
4. En donde las actividades programadas se elaboren en base al proceso Lookahead para ser explotada en los detalles operativos y sea preparado para la asignación de los planes de trabajos semanales.

2.4.3.3. Planificación Intermedia

En este nivel de planificación conocido como Lookahead Schedule, se programa con un horizonte o ventana de cuatro a seis semanas, se seleccionan y separan las actividades en asignaciones para efectuar un análisis de restricciones con la finalidad de generar actividades liberadas de restricciones, conocida como “inventario de trabajo ejecutable” o “Workable backlog” por su denominación en inglés, para programarse semanalmente, de esta manera se logra el control del flujo de trabajo como lo sostiene Ballard (2000), a saber:

- Determinar la secuencia y ritmo del flujo de trabajo
- Equilibrar la carga y capacidad de trabajo
- Desglosar las actividades del Master Schedule en paquete de trabajo
- Desarrollar métodos detallados para ejecutar el trabajo
- Conservar una reserva de trabajo listo
- Actualizar la programación de mayor nivel de ser requerido

Con respecto a los factores a tomar en consideración en el análisis de restricciones se tiene algunos principales como son: el cumplimiento de

las tareas previas, la disponibilidad de recursos; mano de obra, equipos, materiales, factores del entorno, mala planificación.

2.4.3.4. Planificación Semanal

En esta planificación conocida también como Weekly Work Plan, que comprende las actividades y asignaciones liberadas se toman todas aquellas que entren en la ventana de programación semanal, esta acción de elegir qué actividades serán ejecutadas en la semana se denomina “asignaciones de calidad” o “quality assignments” por su denominación en inglés. Esto, considerando la secuencia de actividades, la prioridad y la disponibilidad de recursos.

El responsable de realizar esta etapa es denominado el último planificador que puede ser el residente de obra, el maestro de obra, el supervisor de obra, siendo cualquier responsable que este en contacto directo en obra y a su vez con las unidades de trabajo.

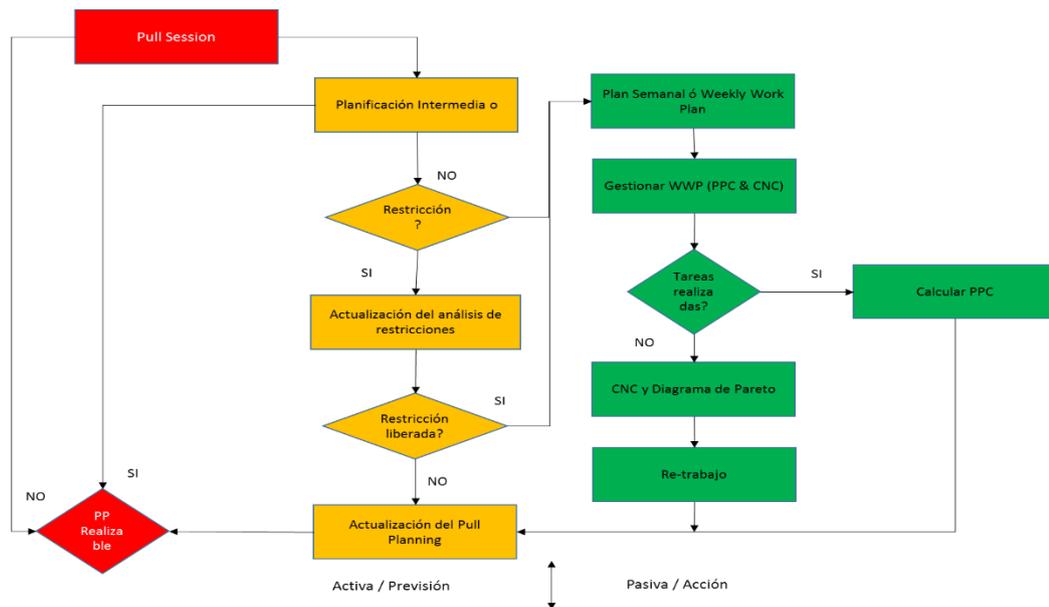
- El Porcentaje de Plan Cumplido (PPC): una herramienta para cuantificar el desempeño del Plan Semanal, es decir, cabalmente medir su cumplimiento, es decir, matemáticamente viene representada por la división del número de tareas completadas que fueron programadas dividido por el total de las tareas programadas para la misma semana.
Esta herramienta permite la retroalimentación para implementar mejoras y aprender de las falencias a la hora de asignar las tareas.
- Causas de No Cumplimiento (CNC): Se enumeran todas aquellas causas que evitan el cumplimiento de las actividades programadas para la semana, y en la cual se recomienda aplicar el análisis de Pareto regla del 80/20, para identificar el veinte por

ciento de las causas que genera el ochenta por ciento de los incumplimientos.

Cada actividad se considera terminada si es que se concluyó en su totalidad y no parcialmente. Esta herramienta de igual forma, permite la retroalimentación para implementar mejoras en cuanto al flujo de actividades y aprender de las falencias a la hora de asignar las tareas para no repetirlas nuevamente.

Todo el proceso de Last Planner System está representado en la figura 2.4 por un diagrama de flujo, que se muestra a continuación:

Figura: 2.4 Diagrama de Flujo del proceso de LPS



Fuente: (Lean Project Consulting, 2016)

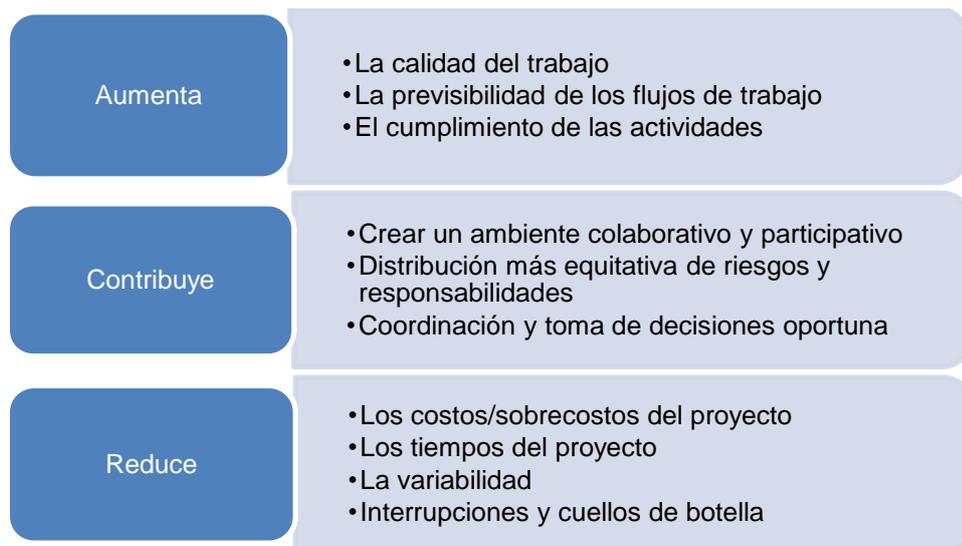
En la figura 2.4 se muestran los tres niveles que constituyen el Last Planner System, diferenciadas por colores. El nivel inicial de color rojo, en el que se destaca el “Pull Session” que representa la sesión donde se lleva a cabo la planificación general del

proyecto, de tipo colaborativa, es decir, que cuenta con la participación del equipo de trabajo incluyendo a los contratistas. El nivel amarillo que representa la planificación intermedia que destaca la programación y control del flujo de actividades, y el nivel verde que muestra una planificación semanal detallada y el respectivo control de su cumplimiento.

2.4.4. Beneficios de implementar LPS

Los principales beneficios de implementar el Last Planner System en general se muestran a continuación en la siguiente figura, a saber:

Figura: 2.5 Beneficios de implementación LPS



Fuente: Propia

La implementación del Last Planner System según lo expuesto presenta beneficios considerables dentro de un proyecto, para el equipo de trabajo y para la mejora en la gestión logística, el cual no precisa de una inversión o adquisiciones cuantiosas sino de un entendimiento en cuanto a su necesidad de implementarlo y el compromiso de los participantes por hacer de este nuevo enfoque parte de su labor diaria.

2.5. Definición de términos básicos

En esta sección se especifica las definiciones de los términos que son propios de la especialidad o de uso general en la presente investigación.

Asignación: Orden o tarea dada a una persona o unidad de trabajo para que ejecute una cantidad de obra determinada.

Acciones Correctivas: Es la actuación o efecto orientado a eliminar las causas de una no conformidad, defecto o situación no deseada con el fin de evitar su repetición.

Causas de No Cumplimiento: Es el motivo por el cual una asignación no fue terminada ya sea por falta de requisitos, disponibilidad, recursos, otros factores.

Carga: Es la cantidad de trabajo asignado a una unidad de trabajo, para que esta la ejecute dentro de un plazo de trabajo corto o semanal.

Curva de Avance: Representa en un proyecto el avance real respecto al planificado en un periodo acumulado hasta la fecha de término del mismo. Se le denomina también curva "S"

Flujos de trabajo: Es el movimiento o circulación de información y materiales mediante una red de unidades de producción, en la que cada una de éstas procesa estos recursos previos a continuar en el ciclo de producción.

ITE: Denominado inventario de trabajo ejecutable, siendo el listado de todas las actividades derivadas de la planificación intermedia cuyas restricciones han sido superadas y cuya realización será tomada en cuenta en la planificación a corto plazo o semanal.

Last Planner System: Es un sistema de planificación que permite asegurar el cumplimiento de la mayor cantidad de actividades de la planificación, reduciendo la

variabilidad de los procesos, enfocándose a aumentar la fiabilidad de la planificación y con ello optimizar los desempeños.

Lean Construction: Es una de las metodologías de apoyo a la gestión de proyectos basada en la gestión de procesos productivos, en lo referente a diseño y construcción. El principio teórico se fundamenta en maximizar el valor y minimizar las pérdidas, a través de la gestión de procesos.

Lean Production: Es una de las metodologías de apoyo a la gestión de proyectos basada en la gestión de procesos productivos, que tuvo sus orígenes en el mejoramiento de los procesos de la industria o manufactura. El principio teórico se fundamenta en maximizar el valor y minimizar las pérdidas, a través de la gestión de procesos. Fue utilizado como modelo base para la creación del enfoque Lean Construction.

Lookahead: Es el tercer nivel en la jerarquía del Last Planner System, en el cual destacan las actividades que deberían realizarse en un futuro inmediato. Su objetivo es control el flujo de trabajo.

Obras Industriales: **(a)** Obras relacionadas con el montaje de equipos e instalaciones de plantas industriales y edificaciones diversas. **(b)** por el área que desarrolla el presupuesto, la ingeniería y ejecución de obras eléctricas de baja, media y alta tensión perteneciente a la empresa CAM.

Plan de Fases: Es el segundo nivel en la jerarquía del Last Planner System. Siendo el plan en el cual se definen, desglosan y programan a detalle el conjunto de procesos o fases sobre la base de su relevancia e incidencia en el proyecto.

Plan Maestro: Es el primer nivel en la jerarquía del Last Planner System. Es el plan en el que se busca trazar las metas generales del proyecto estableciendo fechas definitivas de cumplimiento para cada meta, éstas se pueden definir como hitos del proyecto.

PPC: Porcentaje de asignaciones completadas, siendo el número de asignaciones o tareas de trabajo ejecutadas dividido entre el número de las asignaciones planificadas.

PTS: Denominado plan de trabajo semanal es el conjunto de asignaciones seleccionadas del inventario de trabajo ejecutable que se dará en el marco de una semana de planificación.

Productividad: Se define como relación entre la cantidad de obra producida con respecto a los recursos empleados.

Restricciones: Son todos aquellos eventos que impiden que una asignación o tarea pueda ser ejecutada. Las restricciones pueden ser desde las tareas del plan que son los prerrequisitos, la falta de actividades no previstas,

Variabilidad: Desviación de lo planificado o esperado, puede presentarse ya sea en tiempo o recursos. Se refiere a todo aquello que tiene la posibilidad de cambiar.

DESARROLLO

3.1. Sistema de gestión del área de obras industriales

3.1.1. Generalidades previas

La empresa en estudio CAM Servicios del Perú S.A. especializada en el rubro de servicios eléctricos y telecomunicaciones a nivel nacional, la cual se encuentra organizada en tres divisiones principales; división eléctrica, división de telecomunicaciones y división de montajes. Es en esta última división donde se ubica el área de obras industriales.

En el área de obras industriales de la empresa CAM existe un problema latente en la obtención de ingresos, utilidades y márgenes reales respecto de los esperados, esto se debe a la falta de una metodología de planificación y seguimiento que logre los objetivos iniciales deseados que formaron parte del presupuesto meta y que al término del proyecto deben cumplirse o mejorarse, esto depende de la gestión logística, como lo evidencian las Figuras 4.9 en la que se muestran los ingresos y utilidades en convenio con Edelnor y la Figura 4.10 en la que se muestran los otros trabajos que no guardan relación con el cliente Edelnor y también muestran diferencias considerables entre lo real y lo presupuestado.

Los servicios que se presentan dentro del área de obras industriales son:

- a. Montaje y mantenimiento de subestaciones.
- b. Sistemas de Distribución en media tensión y baja tensión.
- c. Instalaciones eléctricas en media tensión y baja tensión.
- d. Sistemas de Utilización Industrial
- e. Instalaciones de redes aéreas y subterráneas
- f. Proyectos de Ingeniería
- g. Instalación de Alumbrado público
- h. Mantenimiento eléctrico preventivo y correctivo

En la presente investigación una de las limitaciones es no poder aplicar el Last Planner System en alguno de los proyectos en ejecución debido principalmente a que no está en potestad del investigador cambiar la forma de trabajo, en tal sentido se utilizará un proyecto culminado con la planificación convencional y analizaremos como mejoraría los costos logísticos aplicando el LPS.

En este caso nos enfocaremos en un proyecto del servicio de Sistemas de Utilización Industrial, denominado edificio Lima Central Tower, en adelante también conocido como proyecto LCT, por sus siglas respectivas. El servicio a desarrollar pertenece al Sistema de Utilización Industrial, que implica la implementación de la red aérea y subterránea, subestación y tableros generales para clientes industriales y corporativos, esto forma parte de un proyecto relacionada a instalaciones eléctricas de media tensión que ejecuta la empresa CAM dentro del alcance del proyecto.

Por la naturaleza del servicio y el proyecto en cuestión es posible diferenciar el proyecto según el manejo en la gestión en dos etapas de la siguiente manera:

- a. Donde la ejecución del proyecto es por gestión directa de la empresa CAM, es decir, está es la responsable del suministro de materiales, servicios, equipos y mano de obra y en la supervisión para la ejecución de trabajos específicos contemplados dentro del presupuesto general.
- b. Donde existe la tercerización de los trabajos en mano de obra. La empresa CAM lleva a cabo el proyecto con la participación de una empresa subcontratista, a la cual se le delega el servicio de mano de obra en la ejecución del proyecto, en tal caso la responsabilidad principal se delimita o simplifica a la supervisión del cumplimiento del contrato de la subcontrata, esto no aminora el grado de complejidad, todo lo contrario, agrega nuevas variables a considerar, lo cual deviene en un control de plazos, de costos, calidad en obra, y coordinaciones externas que coadyuve a su cumplimiento.

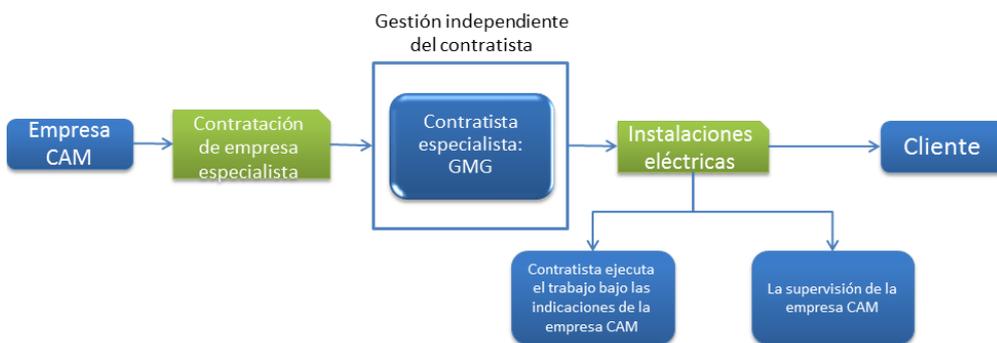
El proyecto Lima Central Tower lleva a cabo ambos aspectos, es decir, existe la participación directa y de una contratista en el segundo frente de trabajo del proyecto, lo cual agrega un nivel de dificultad mayor ya que el grado de coordinación y gestión para la implementación del Last Planner System, esto por la intervención de un agente externo que cuenta con su propio sistema de planificación y control.

3.1.2. Sistema de gestión convencional

En este apartado se evidencia el sistema de gestión actual que estuvo llevando a cabo la empresa CAM, el cual evidencio falencias durante su gestión logística que dan lugar a proponer una nueva propuesta que mejora la planificación y control en la gestión logística a través del uso del Last Planner System.

El sistema de gestión convencional expresado como flujo de proceso tuvo su punto de inicio en la obtención de un nuevo proyecto en el servicio de sistemas de utilización de parte de la empresa CAM, a seguir se subcontrató a la empresa especialista para el servicio de mano de obra para instalar la red eléctrica subterránea de media tensión, el montaje de subestación y los tableros generales, quien intervino al inicio, durante y al final del proyecto. Que contó con el soporte del área de automatización de la empresa CAM para el montaje de bandejas porta-cables en interiores del edificio del proyecto LCT.

Figura N° 3.1: Diagrama de flujo de sistema de gestión convencional para un proyecto de obras industriales



Fuente: Propia

En la Figura N° 3.1 se evidencia la mínima interacción entre la empresa CAM y la subcontrata en cuestión, y es durante algunas interacciones que se presentan ciertas falencias dentro del servicio instalaciones eléctricas de sistema de utilización industrial que es posible dividir en:

- Instalación o canalización de red eléctrica subterránea
- Instalación de media tensión en sótano
- Instalación de media tensión en azotea
- Equipamiento de media tensión en sótano
- Equipamiento de media tensión en azotea

A continuación, se muestra el cronograma general del proyecto presentado en el contrato de adjudicación a suma alzada ganado por la empresa CAM.

Figura N° 3.2 Cronograma general de instalaciones eléctricas de media tensión

CRONOGRAMA DE INSTALACIONES ELECTRICAS - MEDIA TENSION											
ITEM	DESCRIPCION	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	
INSTALACIONES ELECTRICAS - MEDIA TENSION											
001	CONTRATOS										
001	INICIO DE CONTRATO	22/02/2014									
001	OPERACIONES EJECUCION										
001	OBRAS PROVISIONALES			01/04/2014							
002	INSTALACIONES DE MEDIA TENSION EN SOTANOS			01/04/2014					30/09/2014		
003	INSTALACIONES DE MEDIA TENSION EN AZOTEA			01/04/2014					30/09/2014		
004	EQUIPAMIENTO DE MEDIA TENSION EN SOTANOS						01/07/2014		30/09/2014	30/10/2014	
005	EQUIPAMIENTO DE MEDIA TENSION EN AZOTEA						01/07/2014		30/09/2014	30/10/2014	
006	FUNCIONAMIENTO Y ENTREGA FINAL										30/10/2014

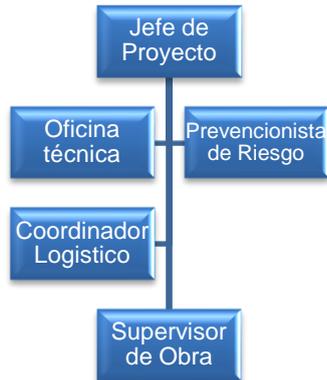
Fuente: Empresa CAM

Elaboración: Propia

Las actividades mostradas en la Figura N° 3.2 del proyecto LCT no contemplaron actividades en paralelo, esto significó actividades secuenciadas de alta dependencia una de otra, un bajo nivel de coordinación, demoras en la ejecución del servicio de mano de obra propia de la subcontrata, incumplimiento de plazos fijados por la demora de suministro de materiales y equipos.

Por otra parte, respecto al organigrama que conformó el equipo de la empresa CAM para la ejecución del proyecto, se tuvo:

Figura N° 3.3 Organigrama del proyecto de obras industriales



Fuente: Empresa CAM

Elaboración: Propia

El organigrama de la Figura N°3.3, no se considera a otros miembros del proyecto para su ejecución, lo que reduce el nivel de participación del equipo y no consideró la inclusión de la empresa subcontratista, quien ayudaría a reducir el tiempo de ejecución mediante la coordinación en paralelo de actividades.

3.1.3. Sistema de gestión propuesto con LPS

El sistema de gestión propuesto con Last Planner System permitirá la participación directa de la supervisión de la empresa CAM en conjunto con la contratista, esto implica la mayor exigencia y responsabilidad del Jefe de Proyecto y Supervisor a cargo de la obra, siendo los encargados de implementar el Last Planner System, su gestión será participativa y extensiva, puesto que contarán con accesos y comunicación con la contratista que intervenga en el proyecto, de esta manera se puede trasladar los procesos y procedimientos. Para ello, como primer punto se elabora un flujograma para esquematizar el sistema propuesto.

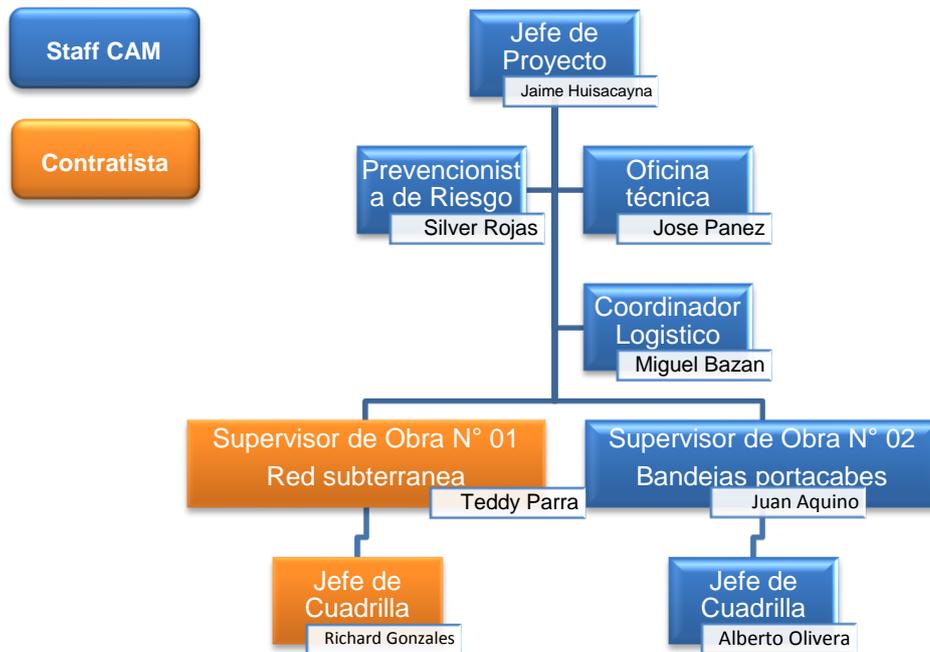
Figura N° 3.4 Diagrama de flujo de Sistema de gestión con participación directa para un proyecto de obras industriales



Fuente: Propia

Y como parte del enfoque Last Planner System que busca la participación y compromiso sistémico, por tanto se desarrolla un nuevo organigrama al añadir a los nuevos responsables de la empresa contratista con el objetivo de hacer la gestión participativa mediante equipos multidisciplinarios y a su vez garantizar un mayor control en la ejecución del proyecto.

Figura N° 3.5. Organigrama de obra propuesto para proyectos de obras industriales

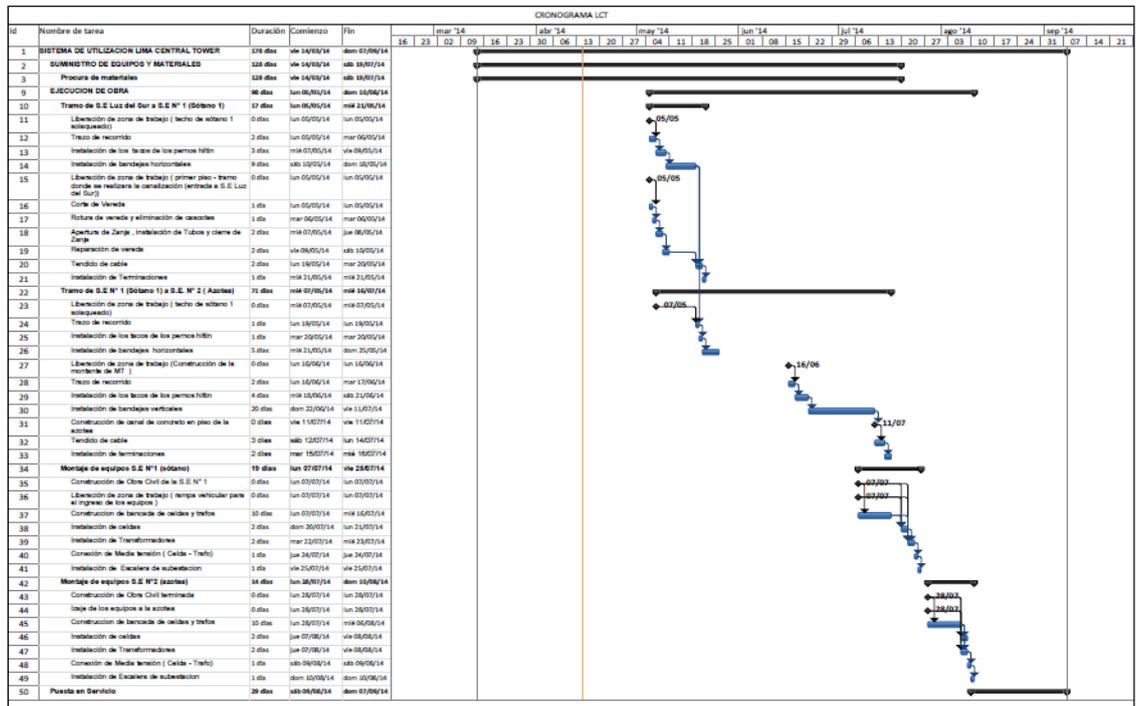


Fuente: Empresa CAM

Elaboración: Propia

De esta manera con la participación inclusiva y la coordinación se busca reducir los tiempos de ejecución en determinadas actividades durante el proyecto LCT, ya que las actividades de la contratista también son consideradas e identificadas en el Master Schedule y Lookahead Schedule.

Figura N° 3.6 Cronograma general para un proyecto de obras industriales usando el sistema participativo de LPS



Fuente: Empresa CAM

Elaboración: Propia

En tanto definido lo anterior, como parte de la gestión contractual que debe ejercer la empresa se debió proponer la elaboración de un contrato en el que adicionalmente a las cláusulas habituales pactadas dentro de un acuerdo de subcontratación, se considere y plantee sobre la base del enfoque LPS cláusulas específicas de obligación de la contratada, es decir, obligaciones a exigir por parte de la empresa para con las contratistas que intervengan en la ejecución del proyecto. A saber:

- La empresa contratante dispone la carga de trabajo para las unidades de producción sobre la base a los rendimientos que la contratista ha presentado previamente.

- La empresa contratante dispone de la cantidad y períodos de ingreso del personal operativo cuando lo precise.
- El supervisor de obra tiene la autoridad de coordinar e indicar las locaciones donde se iniciará el trabajo o deba liberarse.
- La empresa contratada informe sobre la gestión logística atribuida para tener en consideración los tiempos de entrega de la cual es responsable.

Estas cláusulas otorgan facultades a la empresa que le permitirán establecer un sistema de gestión de participación directa y de manejo en cada uno de los procesos que involucra la implementación del Last Planner System en la gestión logística. Otro aspecto vital para tener participación y control en cada uno de los procesos al implementar LPS es el mapeo y estandarización de éstos, que a través de formatos, diagramas de flujo y procedimientos documentados es que se logra llevar a cabo su implementación exitosa.

3.2. Metodología de implementación

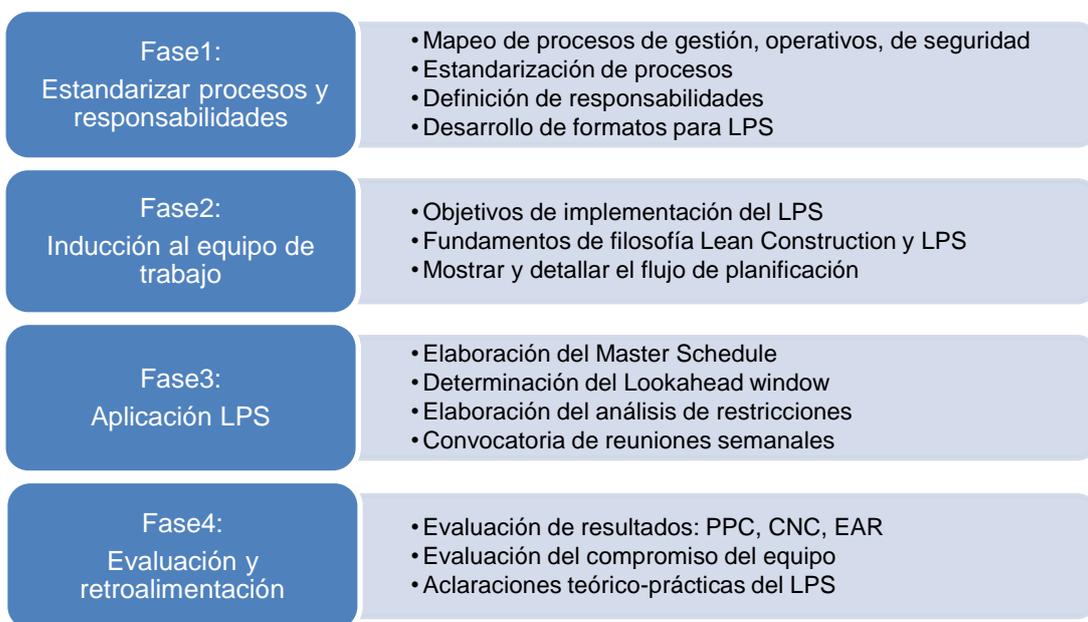
La metodología de implementación que se utilizó para el Last Planner System se basó en los artículos presentados en los congresos anuales del International Group Lean Construction, también conocido por IGLC. Las propuestas de implementación son de tipo escalonadas y por fases, iniciando por talleres de capacitación respecto de los fundamentos Lean Construction y de Last Planner System, para luego ahondar en el uso de las herramientas del LPS, como son el Master Schedule, Lookahead Planning, Weekly Plan y los análisis de resultados como PPC y Causas de No Cumplimiento, desarrollo por los autores (Alarcón, 2002) y (Koskela, Alsehaimi,, & Tzortzopoulos, 2009).

La propuesta de implementación de la presente tesis se basa en las etapas propuestas por los estudios presentados en los congresos anuales del International Group Lean Construction, por (Alarcón, 2002), (Koskela, Alsehaimi,, & Tzortzopoulos, 2009), de igual forma en los desarrollos y recomendaciones propuestos por (Miranda Casanova, 2012). Esta implementación busca empezar con el adecuado mapeo de procesos y

responsabilidades, luego con la inducción y aplicación directa de las herramientas del Last Planner System al equipo de trabajo para luego evaluar sus resultados de rendimiento logrados, puesto que en la empresa en estudio existen procesos generales y responsabilidades no definidas totalmente lo que brinda requisitos previos para considerar una etapa de estandarización de procesos y responsabilidades, luego inducción al equipo de trabajo, aplicación del LPS y finalmente la evaluación y retroalimentación.

A continuación se muestra la figura N° 3.6 que detalla la propuesta de implementación para el Last Planner System a utilizar en la empresa CAM.

Figura N° 3.9 Propuesta de implementación para el Last Planner System en la empresa CAM.



Fuente: (Alarcón, 2002) y (Koskela et al, 2009)

3.2.1. Fase 1: Estandarización de procesos y responsabilidades

La implementación del Last Planner System conlleva a un entendimiento cabal de los procesos y las personas responsables involucradas en su ejecución. Para el logro de tal fin, se toma como referencia la primera fase de la metodología de implementación

señalada en el apartado anterior que está orientado al proyecto del área de obras industriales para el suministro e instalación del Sistema de Utilización en Media Tensión denominado proyecto Edificio Empresarial Lima Central Tower. El estandarizar los procesos mediante el mapeo de las etapas y flujo de actividades dentro del proyecto es de suma importancia, de esta manera es posible lograr la eficiencia operativa, evitar errores u omisiones y aumentar las probabilidades de cumplimiento de los resultados esperados. Para ello se organiza y agenda las reuniones con el personal involucrado lo que permite recabar la información necesaria para establecer flujos de trabajo, y así diagramarlos permitiendo conocer todas las actividades a realizar y las personas que participan en cada uno de estos procesos.

Posterior a ello, se definen las responsabilidades del equipo de obra y se propone el nuevo organigrama integrado para la adecuada implementación del LPS. Finalmente, esto deriva en establecer formatos y reportes necesarios para el seguimiento y control de los avances en la ejecución.

3.2.2. Fase 2: Inducción

Para una adecuada implementación del Last Planner System se debe previamente dar a conocer los fundamentos teóricos y operativos necesarios al equipo de obra, tales fundamentos como Lean, Lean Construction, Last Planner System, con la finalidad de facilitar la comprensión de la necesidad y propósito de su uso. De lo anterior, se enuncian a continuación los puntos a tratar en la inducción al personal que participe en el proyecto, a saber: los objetivos de la inducción, situación del proyecto, nuevos paradigmas, flujo de planeamiento y seguimiento, aplicación del Last Planner System, uso de herramientas del LPS.

- **Objetivos:**
 - Dar a conocer la actual forma de gestionar los proyectos en el área de obras industriales previo a la implementación del Last Planner System.

- Modificar el paradigma de gestión existente en el personal participante mediante el enfoque Lean y LPS.
- Presentar el flujo de actividades que se seguirá con el uso del Last Planner System.

▪ **Situación actual de los proyectos en obras industriales:**

Para iniciar la inducción, se mostró cómo se han llevado la planificación y control de otros proyectos en el área de obras industriales, situación caracterizada por:

- Deficiente planificación por baja participación e involucramiento del equipo de obra.
- Gestión logística reactiva.
- Restricciones de costos ocultos, tipo de cambio, especificaciones técnicas no contempladas.
- Falta de reuniones semanales de avance internas y con la contratista.
- Restricciones supeditadas al avance del cliente para la culminación de los trabajos.
- Frecuente postergaciones y reprogramaciones que derivan en sobrecostos y penalidades en los trabajos.

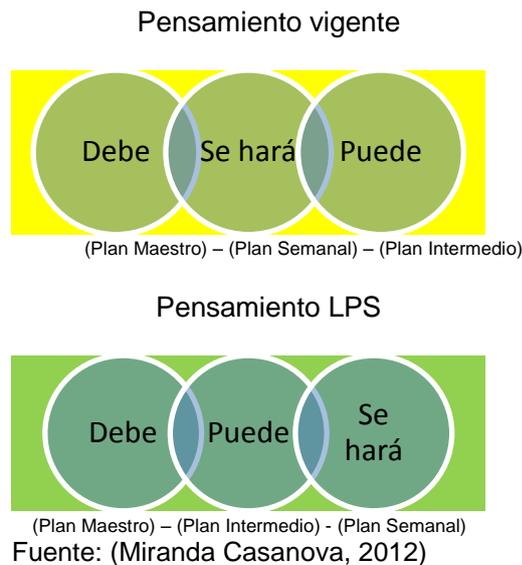
Como conclusión de lo expuesto anteriormente, se evidencia aquellas acciones que impiden la realización de las actividades y dificultan su culminación, esto con el afán de concientizar al personal involucrado en la inducción y lograr la toma de decisiones oportunas y sobre la base de este instaurar un nuevo enfoque en el área de obras industriales.

▪ **Nuevos paradigmas:**

Al dar a conocer las deficiencias halladas, se hace pertinente tomar alguna acción que contrarreste este hecho, para ello se propone una nueva manera de gestionar la

planificación y control de las actividades cuya metodología Last Planner System se denota en la siguiente gráfica, a saber:

Figura N° 3.10 Nuevo paradigma LPS



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

La finalidad de la herramienta LPS es “pull” conocido como “jalar las actividades” del cronograma maestro para que estas puedan ejecutarse, para ello la planificación se inicia primero con lo que “se puede” ejecutar que viene circunscrito en lo que “se debe” ejecutar, con la confluencia de ambos mediante el proceso de planeamiento del Last Planner System, se tiene lo que “se hará”, de esta forma aseguramos que ejecutaremos lo que estamos planeando, como lo sostiene (Miranda Casanova, 2012).

▪ **Flujo para la planificación y el seguimiento:**

En este punto se desarrolla la forma como se logra llevar a cabo la implementación mediante el Last Planner System, cuyo flujo propuesto se detalla a continuación:

Figura N° 3.11 Flujo para planificación y seguimiento del LPS



Elaboración: (Miranda Casanova, 2012)

Como se puede ver en la figura N° 3.11, se plantea el flujo para el planeamiento en cuatro etapas, las cuales se describieron al equipo de la siguiente manera:

- **Cronograma Maestro o Master Schedule:** denominado cronograma general de obra que comprende actividades desde el inicio del proyecto hasta la fecha de entrega final de éste, que contempla las actividades principales que señalan los hitos importantes en la ejecución del proyecto.
- **Planificación Intermedia o Lookahead Planning:** Se le conoce como tal a la programación general con una previsión o ventana de cuatro a seis semanas (Lookahead Window), en donde se desglosa las actividades del cronograma maestro en partidas o asignaciones, a un nivel de detalle de ejecución por cada unidad de trabajo.

- **Reunión semanal o Weekly meeting:** Es una reunión de suma importancia cuya frecuencia es semanal en la que se desarrollan puntos medulares de la metodología Last Planner System, tales como: el análisis de restricciones de la ventana del Lookahead, se calcula el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) de la semana anterior, se determinan las Causas de No Cumplimiento (CNC) de las actividades programadas y finalmente se obtiene el Plan de Trabajo Semanal (Weekly Work Plan) de la siguiente semana.
- **Plan de Trabajo Semanal o Weekly Work Plan:** Se le denomina a la planificación obtenida de la reunión semanal y que cada contratista deberá hacer seguimiento con su propio supervisor de obra. La característica de esta planificación es que las asignaciones o tareas están libres de restricciones y está equilibrado la capacidad y carga para la unidad de trabajo que lo va a ejecutar.

▪ **Uso de herramientas para la implementación LPS**

En este punto de la inducción se desarrolla cual es la forma de llenado adecuada para el manejo de los documentos o herramientas que forman parte del proceso de implementación, éstos son generados en documentos virtuales Project y Excel de fácil acceso y presentados de forma resumida para que posibiliten las reuniones del equipo de trabajo y permitan efectuar los registros y las modificaciones pertinentes según sea el caso al inicio, durante y al final del proyecto.

3.2.3. Fase 3: Aplicación del LPS

Una vez efectuada la inducción al equipo de trabajo y esclarecidos los puntos clave del flujo de planificación y seguimiento propuesto, se procede con la aplicación del sistema LPS que consiste en:

- La elaboración del Cronograma Maestro o Master Schedule y los hitos dentro de éste.
- La definición con el equipo de trabajo el período de la ventana de Lookahead
- Convocar a la primera reunión semanal en la que participan todo el personal presente en el organigrama de obra propuesto para proyectos de obras industriales.
- Se realiza el desglose de actividades del cronograma maestro que se convierte en las partidas o asignaciones que ejecuten las unidades de trabajo, se definen aspectos tales como cantidad de materiales, equipos, secuencia de trabajos, entre otros.
- Luego, se determinan las potenciales restricciones de las asignaciones que se identifiquen para el período del Lookahead.
- Se planifica a detalle la primera semana del Lookahead, en el cual se define con la mayor precisión posible cada asignación, esto permite la posterior constatación de su cumplimiento con la herramienta del PPC.
- Se programa la siguiente reunión semanal en la que se deben desarrollar los siguientes aspectos clave: a) calcular el PPC y determina las CNC de la semana anteriormente planificada, b) definir las acciones a tomar para reducir el nivel de incumplimientos y prever potenciales restricciones c) añadir una semana más en el horizonte de trabajo de la ventana del Lookahead, realizar el desglose de actividades del cronograma maestro, analizar las potenciales restricciones e) determinar el inventario de trabajo ejecutable o Workable backlog, y f) desarrollar el plan de trabajo para la siguiente semana.

Para lograr la eficaz implementación de la metodología Last Planner System se cuenta con agentes implementadores, estas posiciones son de coordinador (que puede ser el jefe del proyecto, el coordinador logístico); y de último planificador (que puede ser el supervisor de obra, jefe de cuadrilla) quienes llevan a cabo funciones específicas, tales como:

Tabla N° 3.1: Funciones Last Planner System según roles

Coordinador	Ultimo Planificador
<ul style="list-style-type: none"> • Dar seguimiento al cronograma maestro • Dar seguimiento al Lookahead • Actualizar el inventario de trabajo ejecutable 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar y presentar los resultados en cada reunión semanal • Levantar restricciones asignadas • Prever las actividades de la semana a incluir en la venta del Lookahead

Fuente: (Miranda Casanova, 2012)

A ello debe sumarse que para una implementación exitosa del LPS es trascendente generar buenos hábitos en cuanto a la organización de reuniones, su frecuencia permanente, el cumplimiento de los horarios y que la planificación es conjunta ya que cada miembro que conforma el equipo aporta de manera significativa en el logro de la meta de proyecto, tal como lo señala (Miranda Casanova, 2012).

3.2.4. Fase 4: Evaluación y retroalimentación

La evaluación comprende el análisis de resultados, la búsqueda de mejoras en el proceso de implementación y la participación del equipo de trabajo. En cuanto a resultados a evaluarse considera el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC) acumulado y las causas de No Cumplimiento (CNC) acumuladas del proyecto, con la finalidad de determinar cuáles fueron las posibles falencias al momento de implementar el Last Planner System, sobre la base de estos resultados se obtiene un retroalimentación para la mejora continua. Es en esta fase de evaluación donde es posible establecer las bases de la mejora continua para el perfeccionamiento de la implementación LPS.

En cuanto a la participación del equipo de trabajo se pueden evaluar determinados aspectos tales como:

- Conocimiento, en cuanto al entendimiento del enfoque Lean.
- Compromiso, en cuanto cumplimiento de entregables, monitoreando el llenado de los formatos solicitados en las reuniones, tanto en contenido y su presentación en fecha.
- Gestión y coordinaciones, identificar si las actividades llevadas durante las reuniones semanales cumplen con los puntos necesarios para dar continuidad y lograr los objetivos para los hitos establecidos y del proyecto.

3.3. Instrumentos para la aplicación del Last Planner System

Los instrumentos básicos a utilizar para la implementación del Last Planner System son señalados en las fases del flujo de planeamiento y seguimiento del LPS. Estos instrumentos deben ser de fácil manejo y de uso frecuente por parte del equipo de trabajo del proyecto Lima Central Tower (LCT) durante toda su ejecución.

Se desarrollan herramientas en formato Project y Excel como parte de los archivos virtuales para una mayor accesibilidad y fácil control. Su llenado y adecuado uso son explicados en la etapa de inducción como se ha hecho mención anteriormente.

Tabla N° 3.2: Herramientas para la implementación LPS

Formato	Documento
Master Schedule (ver Figura 4.4)	Project
Lookahead Schedule (ver Figura 4.5)	Excel
Plan Semanal de Trabajo (ver Figura 4.6)	Excel
Análisis de Restricciones ver Figura 4.8)	Excel
Porcentaje de Plan Cumplido (ver Figura 4.3)	Excel
Causas de No Cumplimiento (ver Figura 4.7)	Excel

Elaboración: Propia

Así también se puede ver los beneficios que trae el usar estas herramientas de este sistema que facilitan el análisis de resultados al inicio, en el proceso y al final de éste, que forman

parte de la mejora continua en el proceso de planeamiento y control de un proyecto en el área de obras industriales de la empresa CAM mostrados en el anexo N° 2.

3.4. Descripción de un proyecto de obras industriales – Lima Centra Tower LCT

El proyecto Lima Central Tower es uno de los proyectos de mayor impacto económico en los últimos semestres en el área de obras industriales de la empresa CAM el cual se tomó como referente para la implementación del Last Planner System, el que consiste en la adjudicación de un contrato para el suministro e instalación del Sistema de Utilización en Media Tensión para el proyecto Edificio Empresarial Lima Central Tower ubicado en el distrito de Surco de la ciudad de Lima Metropolitana.

La inversión para este proyecto tiene el monto de S/. 790,087.80 (Setecientos Noventa Mil Ochenta y Siete con 80/100 nuevos soles) más el impuesto general a las ventas, con un plazo de ejecución de 157 días calendario o 22 semanas. La ejecución de la obra está a cargo de la empresa CAM que fue contratada por un cliente corporativo del sector inmobiliario.

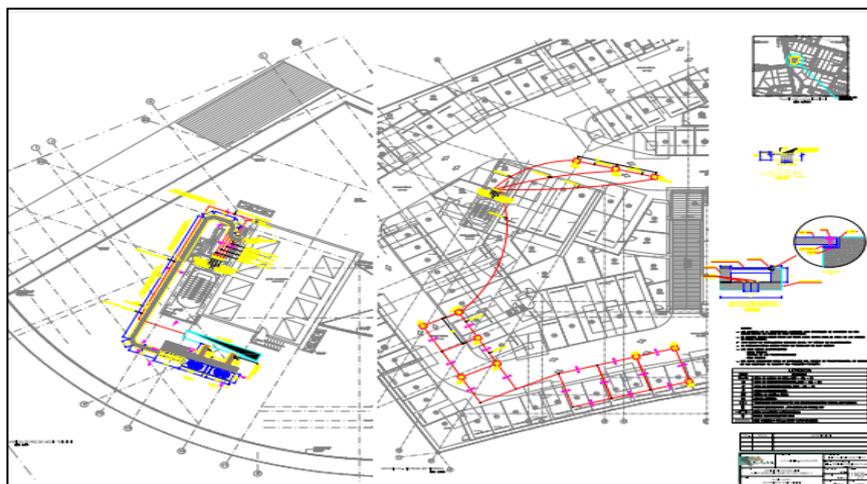
Figura N° 3.7: Plano de Sótano 10, Sótano 1 y Piso 1 Recorrido de MT



Fuente: Propia

La ejecución del proyecto LCT se dividió en dos frentes, el primero es ejecutado por personal de la empresa, específicamente efectuado por la división de Automatización, el cual ejecuta las siguientes actividades generales; instalación de bandejas horizontales en el sótano, bandejas verticales a los largo de los 26 pisos, y el segundo frente cuenta con la intervención de una contratista denominada GMG, que fue seleccionada para la ejecución de los trabajos que considera la canalización exterior, construcción de las bancada para la subestación de la azotea y sótano, tendido de cable de media tensión así como el montaje de los equipos en cada subestación eléctrica,

Figura N° 3.8: Plano de Planta Azotea Recorrido de MT



Fuente: Propia

Es posible observar, dos grandes etapas o frentes, considerando el plazo de ejecución el cual es de un corto periodo de tiempo, lo que implica una ágil coordinación de los agentes intervinientes, tomando en cuenta que ciertas actividades deben ejecutarse y coordinarse en paralelo para cumplir con los plazos deseados en cuanto al inicio de ejecución de obra, entrega de equipamiento, entrega del sistema de canalización y cableado, y puesta en funcionamiento de los sistemas y equipos. Para ello es fundamental el adecuado seguimiento a las actividades y la anticipación a los potenciales incidentes o restricciones

durante la ejecución de cada uno de los procesos de la obra, allí radica la importancia de la implementación del sistema Last Planner System.

Esta implementación es realizada ex post la ejecución del proyecto LCT, es decir, se lleva cabo la implementación Last Planner System una vez finalizado el proyecto para extraer conclusiones útiles producto de su uso para llevar a cabo intervenciones futuras con esta metodología.

3.4.1. Información económica Proyecto LCT

La utilidad presupuestada para este proyecto fue el 17% de margen como se detalla a continuación:

Pero al igual que muchos de los proyectos del área este cerró con un margen de utilidad del 6,31%, como indica a continuación:

Tabla N° 3.3: Resumen de Resultados Acumulados proyecto LCT

	PPTO	2014*	2015**	ACUMULADO
Ingreso (S/.)	790,088	766,517	23,570	790,088
Costo Directo (MO + Sum+Tr)	609,130	655,987	22,326	678,313
MO	198,974	164,119	21,543	185,662
Suministro	410,155	491,868	783	492,651
Transporte		-	-	
GG	47,699	47,176	14,723	61,898
Imprevistos		-	-	
Total Costo	656,829	703,163	37,049	740,212
Utilidad	133,259	63,355	-13,478	49,876
Margen (%)	17%	8%	-57%	6.31%

* 2014 Cifras relacionadas al arranque y desarrollo del proyecto.

** 2015 Cifras relacionadas al cierre del proyecto.

Fuente: Propia

Como se puede observar en la Tabla N° 3.3, las causas principales por las que no se logró la utilidad esperada radica principalmente en los costos de suministro de materiales,

asimismo tenemos la siguiente información del responsable de Oficina Técnica respecto a las causas principales:

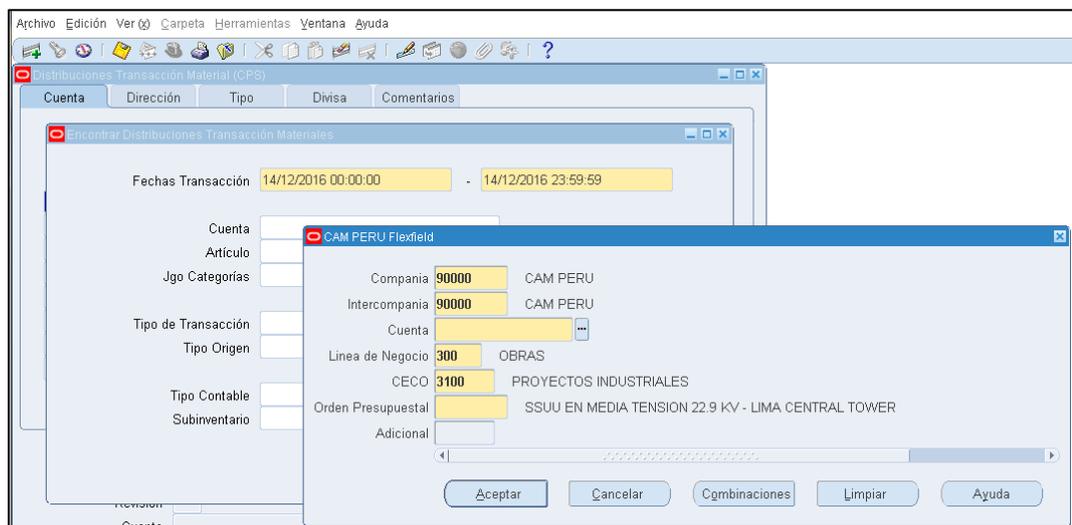
- Falta de planificación constante
- Falta de sinergia y comunicación entre los integrantes del proyecto
- Falta de reuniones semanales
- Pedidos de materiales a destiempo entre otros

3.4.2. Análisis de las causas de resultados negativos

Para profundizar mejor en las causas y sabiendo que ellas se encuentran en los costos de los materiales aplicaremos el principio de Pareto con su respectiva clasificación ABC. Para ello realizaremos los siguientes pasos:

3.4.2.1. Análisis de Materiales Consumidos

Figura N° 3.9: Data de consumos ERP – Proyecto LCT



Fuente: Propia

Figura N° 3.10: BD Excel de consumos ERP – Proyecto LCT

Fecha Transac	Cuenta	Valor Trc	Precio U	Precio u	Artículo	Descripción	Cat	OP	LLAN	MLLAN
05/12/2014 12:26	30000.300	5163.24	28.83		0 00C3.00CC.00	CABLE N2XSY XLPE 18/30KV. 1x 50MM2	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
04/12/2014 08:48	30000.300	353.33	353.33		0 00C3.00CC.00	CUANTE DIELECTRICO CLASE 3 (26500	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
04/12/2014 08:48	30000.300	677.21	677.21		0 00C1.00GA.006	DETECTOR DE TENSION 15-122KV AUD	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
04/12/2014 08:48	30000.300	265.8	265.8		0 00C1.00GB.003	PERTIGA MANIOBRA 40KV. 1.8M. DE LO	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
04/12/2014 08:48	30000.300	287.71	287.71		0 00C8.00AA.001	BANQUETA AISLADA MOLDEADA 24KV	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
25/11/2014 23:16	30000.300	596	36.625		0 00C5.00CL.001	ANGULO DE FIERRO DE 316" X 1" X 6"	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
25/11/2014 23:16	30000.300	1535.39	53.31215		0 00C1.00AH.000	BANDEJA TIPO ESCALEPILLA DE 350 x	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
12/11/2014 08:53	30000.300	75.69	4.730625		0 00C1.00AB.006	TERMINAL COMPRESION BARRIL LARG	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
12/11/2014 08:53	30000.300	1618.25	809.125		0 00C1.00AF.006	TERMINACION N2XSY 400MM 25KV. 1x 7	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
12/11/2014 08:53	30000.300	2323.27	776.4233		0 00C1.00AF.003	TERMINACION N2XSY 420MM 25KV 3x5	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
12/11/2014 08:53	30000.300	2412.2	804.0667		0 00C1.00AF.005	TERMINACION USO INT. PICAB. N2XSY	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
03/11/2014 16:31	30000.300	447.82	27.99		0 00C3.00CC.00	CABLE N2XSY XLPE 18/30KV. 1x 50MM2	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
03/11/2014 11:24	30000.300	10775.74	27.99		0 00C3.00CC.00	CABLE N2XSY XLPE 18/30KV. 1x 50MM2	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
09/10/2014 10:36	30000.300	60714.5	60714.5		0 00C4.00CA.000	ENVOLVENTES (ENCLOSURE) NEMA 3P,	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
06/10/2014 18:33	30000.300	1127	281.75		0 00C5.00CF.000	CANAL ESTRUCTURAL A36 TIPO "U" DE	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
01/10/2014 09:13	30000.300	190.87	190.87		0 00C8.00CD.000	CUANTE DIELECTRICO CLASE 3 (26500	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
01/10/2014 09:13	30000.300	6416	6416		0 00C1.00GA.006	DETECTOR DE TENSION 15-122KV AUD	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
01/10/2014 09:13	30000.300	265.8	265.8		0 00C1.00GB.003	PERTIGA MANIOBRA 40KV. 1.8M. DE LO	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
01/10/2014 09:13	30000.300	287.71	287.71		0 00C8.00AA.001	BANQUETA AISLADA MOLDEADA 24KV	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
08/09/2014 11:34	30000.300	14274.35	27.99		0 00C3.00CC.00	CABLE N2XSY XLPE 18/30KV. 1x 50MM2	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
01/09/2014 10:55	30000.300	3643.73	1821.865		0 00C1.00GA.006	TERMOCONTROLADOR PARA TRANSF	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
01/09/2014 09:58	30000.300	4001.67	666.945		0 00C1.00AF.003	TERMINACION N2XSY 420MM 25KV 3x5	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
01/09/2014 09:58	30000.300	3358.67	27.99		0 00C3.00CC.00	CABLE N2XSY XLPE 18/30KV. 1x 50MM2	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
19/08/2014 13:21	30000.300	95309.44	47654.72		0 00C4.00BB.001	TRANSFORMADOR TRIFASICO SECO EF	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
19/08/2014 13:21	30000.300	7787.83	3893.915		0 00C4.00CA.000	CELDA DE REMONTE - MEDIA TENSION	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
19/08/2014 13:21	30000.300	16550.76	8275.38		0 00C4.00CA.000	CELDA DE SALIDA PROTECCION 24KV.	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
19/08/2014 13:21	30000.300	30103.24	30103.24		0 00C4.00CA.000	CELDA DE PROTECCION CON INTERRUPT	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
15/08/2014 10:19	30000.300	4405.44	45.41691		0 00C1.00AH.000	BANDEJA TIPO ESCALEPILLA DE 350 x	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
15/08/2014 10:19	30000.300	318.14	3.1814		0 00C3.00CB.001	CABLE 0.6KV THW 10MM2 AMARILLO	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
08/08/2014 11:36	30000.300	65980.39	32990.2		0 00C4.00BB.001	TRANSFORMADOR TRIFASICO SECO EF	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
08/08/2014 11:36	30000.300	16233.71	8146.855		0 00C5.00DC.000	CAJUELA METALICA PARA TRANSFORM	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
08/08/2014 11:36	30000.300	16550.76	8275.38		0 00C4.00CA.000	CELDA DE SALIDA PROTECCION 24KV.	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
08/08/2014 11:36	30000.300	60206.48	30103.24		0 00C4.00CA.000	CELDA DE PROTECCION CON INTERRUPT	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
08/08/2014 11:36	30000.300	6857.4	3428.7		0 00C4.00CA.000	CELDA DE REMONTE - MEDIA TENSION	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
08/08/2014 11:36	30000.300	3643.73	1821.865		0 00C1.00GA.006	TERMOCONTROLADOR PARA TRANSF	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA
01/08/2014 09:25	30000.300	462.92	231.46		0 00C5.00CF.000	CANAL ESTRUCTURAL A36 TIPO "U" DE	3100	IS055	SSUJ en Media Tensión 22.3KV - Lima Central Tower	GERENCIA

Fuente: Propia

3.4.2.2. Análisis según Clasificación ABC

Se aplica la clasificación según Pareto o también denominada clasificación ABC para identificar el impacto de los materiales según su importe en el proyecto. Para ellos se detallan los pasos a seguir:

- En primer lugar se orden de forma decreciente respecto al valor.
- Luego se calcula el porcentaje relativo de cada línea respecto al total.
- Posteriormente, se calcula línea por línea el porcentaje acumulado.
- Se identifica por la clasificación ABC de acuerdo al porcentaje acumulado.
- Finalmente, se identifica el 20% de los artículos que generan el 80% del impacto o gasto en materiales y el análisis se enfoca en revisar cada línea de este 20% de materiales.

Tabla N° 3.4: Análisis Consolidado de Materiales – Proyecto LCT

CONSOLIDADO DE MATERIALES DEL PROYECTO LCT							
Descripción	Precio Unitario	UDM	Cantidad	Costo sin LPS	% Sobre Total	Acumulado	Clase
TRANSFORMADOR ENCAPSULADO 22.9KV / 0.38KV NYny6 1250KVA	51,500.46	UND	2	103,000.91	21%	21%	A
TRANSFORMADOR ENCAPSULADO 22.9KV / 0.38KV NYny6 630KVA	35,652.50	UND	2	71,305.01	14%	35%	A
CELDA DE PROTECCION CON INTERRUPTOR MEDIA TENSION "ITI"	32,532.57	UND	2	65,065.14	13%	49%	A
ENVOLVENTES (ENCLOSER) NEMA 3R, PARA USO EXTERIOR PARA 2 TRANSFORMADORES DE 1250kVA y CELDAS DE 22.9kv	60,714.50	UND	1	60,714.50	12%	61%	A
CELDA DE PROTECCION CON INTERRUPTOR MEDIA TENSION "ITI"	32,532.57	UND	1	32,532.57	7%	68%	A
CELDA DE SALIDA PROTECCION 24KV. 630A. 20KA. "TM-KP"	8,943.20	UND	2	17,886.41	4%	71%	A
CELDA DE SALIDA PROTECCION 24KV. 630A. 20KA. "TM-KP"	8,943.20	UND	2	17,886.41	4%	75%	A
CAJUELA METALICA PARA TRANSFORMADOR DE 630 KVA DE 1600MM x 1150MM x 1900MM	8,804.31	UND	2	17,608.61	4%	78%	A
CABLE N2XSY XLPE 18/30KV.1x 50MM2	27.99	MT	510	14,274.35	3%	81%	A
CABLE N2XSY XLPE 18/30KV.1x 50MM2	27.99	MT	385	10,715.74	2%	84%	A
CELDA DE REMONTE - MEDIA TENSIÓN "RS"	4,208.15	UND	2	8,416.31	2%	85%	B
CELDA DE REMONTE - MEDIA TENSIÓN "AS"	3,705.40	UND	2	7,410.79	2%	87%	B
CABLE N2XSY XLPE 18/30KV.1x 50MM2	28.83	MT	180	5,189.24	1%	88%	B
BANDEJA LISA RANURADA DE 350 x 100 x 2400 MM CON TAPA	58.04	MT	85	4,933.55	1%	89%	B
BANDEJA LISA RANURADA DE 350 x 100 x 2400 MM CON TAPA	58.04	MT	85	4,933.55	1%	90%	B
BANDEJA TIPO ESCALERILLA DE 350 x 100 MM CON TAPA	45.42	MT	97	4,405.44	1%	91%	B
BANDEJA TIPO ESCALERILLA DE 350 x 100 MM CON TAPA	45.42	MT	94	4,269.19	1%	92%	B
TERMINACION N2XSY 420MM 25KV 3x50MM2 INTERIOR	666.95	JGO	6	4,001.67	1%	92%	B
TERMOCONTROLADOR PARA TRANSFORMADOR DE RESINA (SECO)	1,968.89	UND	2	3,937.78	1%	93%	B
TERMOCONTROLADOR PARA TRANSFORMADOR DE RESINA (SECO)	1,968.89	UND	2	3,937.78	1%	94%	B
CABLE N2XSY XLPE 18/30KV.1x 50MM2	27.99	MT	120	3,358.67	1%	95%	B
TERMINACION LFO INT. R/CAB. N2XSY DE 3.1x130MM2 25KV	804.07	JGO	3	2,412.20	0%	95%	B
SOPORTE PARA BANDEJA PORTACABLE DE 350MMX100MM	24.33	JGO	96	2,335.73	0%	96%	B
SOPORTE PARA BANDEJA PORTACABLE DE 350MMX100MM	24.33	JGO	96	2,335.73	0%	96%	C
TERMINACION N2XSY 420MM 25KV 3x50MM2 INTERIOR	776.42	JGO	3	2,329.27	0%	97%	C
BANDEJA LISA RANURADA DE 350 x 100 x 2400 MM CON TAPA	58.04	MT	36	2,089.50	0%	97%	C
BANDEJA LISA RANURADA DE 350 x 100 x 2400 MM CON TAPA	58.04	MT	36	2,089.50	0%	97%	C
TERMINACION N2XSY 400MM.25KV.1x 70MM2. INTERIOR	809.13	JGO	2	1,618.25	0%	98%	C
BANDEJA TIPO ESCALERILLA DE 350 x 100 MM CON TAPA	53.31	MT	28.8	1,535.39	0%	98%	C
SOPORTE PARA BANDEJA PORTACABLE DE 350MMX100MM	24.33	JGO	48	1,167.86	0%	98%	C

El 20% de los artículos generan el 80% del impacto en materiales

20%

30%

50%

SOPORTE PARA BANDEJA PORTACABLE DE 350MMX100MM	24.33	JGO	48	1,167.86	0%	99%	C
CANAL ESTRUCTURAL A36 TIPO "U" DE 4" x 2" x 1/4 x 6M.	281.75	UND	4	1,127.00	0%	99%	C
DEFLECTOR DE TENSION 1.5-122KV AUDIBLE/VISUAL MODELO TIC-300 PRO	677.21	UND	1	677.21	0%	99%	C
DEFLECTOR DE TENSION 1.5-122KV AUDIBLE/VISUAL MODELO TIC-300 PRO	641.60	UND	1	641.60	0%	99%	C
ANGULO DE FIERRO DE 3/16" X 1" X 6 MT DE LARGO	36.63	UND	16	586.00	0%	99%	C
CANAL ESTRUCTURAL A36 TIPO "U" DE 4" x 2" x 1/4 x 6M.	231.46	UND	2	462.92	0%	99%	C
CABLE N2XSXLPE 18/30KV.1x 50MM2	27.99	MT	16	447.82	0%	99%	C
GIANTE DIELECTRICO CLASE 3 (26500V) reemplazo con 00C8.00CD.002407 - 00C8.00CD.002410	359.33	PAR	1	359.33	0%	99%	C
CABLE 0.6KV.THW 10MM2.AMARILLO	3.18	MT	100	318.14	0%	100%	C
BANQUETA AISLADA MOLDEADA 24KV. PARA MANIOBRAS EN MEDIA TENSIÓN	287.71	UND	1	287.71	0%	100%	C
BANQUETA AISLADA MOLDEADA 24KV. PARA MANIOBRAS EN MEDIA TENSIÓN	287.71	UND	1	287.71	0%	100%	C
PERITIGA MANIOBRA 40KV. 1.8M. DE LONG.	265.80	UND	1	265.80	0%	100%	C
PERITIGA MANIOBRA 40KV. 1.8M. DE LONG.	265.80	UND	1	265.80	0%	100%	C
CURVA HORIZONTAL ¿ 90 ° de 350 x 100 MM CON TAPA	45.96	UND	5	229.79	0%	100%	C
GIANTE DIELECTRICO CLASE 3 (26500V) reemplazo con 00C8.00CD.002407 - 00C8.00CD.002410	190.87	PAR	1	190.87	0%	100%	C
CURVA HORIZONTAL ¿ 90 ° de 350 x 100 MM CON TAPA	45.96	UND	3	137.87	0%	100%	C
BANDEJA TIPO ESCALERILLA DE 350 x 100 MM CON TAPA	45.42	MT	3	136.25	0%	100%	C
CURVA HORIZONTAL ¿ 90 ° de 350 x 100 MM CON TAPA	45.96	UND	2	91.92	0%	100%	C
CURVA HORIZONTAL ¿ 90 ° de 350 x 100 MM CON TAPA	45.96	UND	2	91.92	0%	100%	C
CURVA HORIZONTAL ¿ 90 ° de 350 x 100 MM CON TAPA	45.96	UND	2	91.92	0%	100%	C
EXTINTOR PORTATIL ABC 6KG. CON POLVO QUIMICO SECO	87.45	UND	1	87.45	0%	100%	C
CURVA VERTICAL 90° DE 350 x 100 MM CON TAPA	41.10	UND	2	82.19	0%	100%	C
TERMINAL COMPRESION BARRIL ABCO CUYEE 70MM2 41.3/016	4.73	UND	16	75.69	0%	100%	C
				491,867.82	100%		

Fuente: Propia

De esta manera, el análisis se enfoca en la revisión del 20% que genera el 80% del impacto según el análisis de Pareto. A continuación, se presenta la tabla

Tabla N° 3.5: Análisis del 20/80 Pareto – Proyecto LCT

Descripción	Precio Unitario	UDM	Cantidad	Costo sin LPS	% Sobre Total	Acumulado	Clase	El 20% de los artículos generan el 80% del gasto en materiales
TRANSFORMADOR ENCAPSULADO 22.9KV / 0.38KV NYny6 1250KVA	51,500.46	UND	2	103,000.91	21%	21%	A	
TRANSFORMADOR ENCAPSULADO 22.9KV / 0.38KV NYny6 630KVA	35,652.50	UND	2	71,305.01	14%	35%	A	
CELDA DE PROTECCION CON INTERRUPTOR MEDIA TENSION "ITI"	32,532.57	UND	2	65,065.14	13%	49%	A	
ENVOLVENTES (ENCLOSER) NEMA 3R, PARA USO EXTERIOR PARA 2 TR	60,714.50	UND	1	60,714.50	12%	61%	A	
CELDA DE PROTECCION CON INTERRUPTOR MEDIA TENSION "ITI"	32,532.57	UND	1	32,532.57	7%	68%	A	
CELDA DE SALIDA PROTECCION 24KV. 630A. 20KA. "TM-KP"	8,943.20	UND	2	17,886.41	4%	71%	A	
CELDA DE SALIDA PROTECCION 24KV. 630A. 20KA. "TM-KP"	8,943.20	UND	2	17,886.41	4%	75%	A	
CAJUELA METALICA PARA TRANSFORMADOR DE 630 KVA DE 1600MM	8,804.31	UND	2	17,608.61	4%	78%	A	
CABLE N2XSY XLPE 18/30KV.1x 50MM2	27.99	MT	510	14,274.35	3%	81%	A	
CABLE N2XSY XLPE 18/30KV.1x 50MM2	27.99	MT	385	10,775.74	2%	84%	A	

Fuente: Propia

Precisamente en la Tabla 3.5, se muestra que la gran mayoría de equipos son de Importación que al compararlo con los costos del presupuesto se verifica que se ha gastado un 10% adicional debido a que se optó por importarlo vía aérea en vez de vía marítima que es como estaba presupuestado, esto para no incurrir en penalidad con el cliente por retraso ya que el área operativa representada por el jefe de obra no solicitó con la debida anticipación los equipos, es decir, desde el arranque del proyecto, sino que lo hizo con un mes de retraso.

El análisis del sobrecosto es calculado en la Tabla N° 3.6, presentada a continuación con el detalle respectivo, a saber:

Tabla N° 3.6: Análisis del sobrecosto – Proyecto LCT

ANÁLISIS DE SOBRECOSTOS CON PRESUPUESTO					
Fecha	Tipo de compra	Factores de sobrecosto	Costo presupue	Sobrecosto	% Sobrecosto
01/09/2014	Importación	TRANSFORMADOR ENCAPSULADO 22.9KV / 0.38KV NYny6 1250KVA	92,700.82	10,300.09	10%
08/08/2014	Importación	TRANSFORMADOR ENCAPSULADO 22.9KV / 0.38KV NYny6 630KVA	64,174.51	7,130.50	10%
08/08/2014	Importación	CELDA DE PROTECCION CON INTERRUPTOR MEDIA TENSION "ITI"	58,558.63	6,506.51	10%
09/10/2014	Nacional	ENVOLVENTES (ENCLOSER) NEMA 3R, PARA USO EXTERIOR PARA 2 TRANSFOR	56,464.49	4,250.02	7%
19/08/2014	Importación	CELDA DE PROTECCION CON INTERRUPTOR MEDIA TENSION "ITI"	29,279.31	3,253.26	10%
19/08/2014	Importación	CELDA DE SALIDA PROTECCION 24KV. 630A. 20KA. "TM-KP"	16,097.77	1,788.64	10%
08/08/2014	Importación	CELDA DE SALIDA PROTECCION 24KV. 630A. 20KA. "TM-KP"	16,097.77	1,788.64	10%
08/08/2014	Importación	CAJUELA METALICA PARA TRANSFORMADOR DE 630 KVA DE 1600MM x 1150M	15,847.75	1,760.86	10%
08/09/2014	Nacional	CABLE N2XSY XLPE 18/30KV.1x 50MM2	13,917.49	356.86	3%
03/11/2014	Nacional	CABLE N2XSY XLPE 18/30KV.1x 50MM2	10,506.35	269.39	3%

Fuente: Propia

De igual forma, se detalla a seguir los ítems que generaron el sobrecosto y a su vez se precisa las causas respectivas para cada caso, tal cual lo detalla la Tabla N° 3.7 expuesta a continuación:

Tabla N° 3.7: Causas de Sobre costo – Proyecto LCT

CAUSAS DE SOBRECOSTO		
<p>Importación TESAR – SAREL (Italia) Transformadores Eléctricos y Celdas MT</p>	<p>Se presupuestó con travesía marítima pero se compró con travesía aérea, por la mala planificación del jefe de proyecto no se pidió a inicios del proyecto sino con retraso de un mes y por no incurrir en penalidades se optó por la vi aérea incrementando la compra en un 10%</p>	<p>SCB 变压器</p>
<p>Compra Local J&W Cia. Envolvente Encloser</p>	<p>Hubo un retraso en la coordinación entre jefe del proyecto y la supervisión del cliente para definir la norma de la subestación (NEMA3R) por lo que al no tener mucho tiempo solo se tuvo que definir la compra con un solo proveedor J&W CIA incrementando la compra en un 7%</p>	
<p>Compra Local INDECO Cable de MT</p>	<p>Se realizaron 3 compras en fechas distintas de cable debido a un mala coordinación con nuestro contratista y la liberación de frente de trabajo para realizar el replanteo, si se hubiera realizado una compra global se hubiese obtenido un 2.5% de descuento por precio global.</p>	<p>CABLES DE ENERGÍA CABLES DE MEDIA TENSION</p> <p>Pueden ser unipolares o trifásicos</p> <p>Conductor Semicon. sobre el conductor Aislamiento Semicon. sobre el aislamiento Cubierta Pantalla metálica</p> <p>NZXSJY 8.7/15 kV 25 mm²</p>

Fuente: Propia

A seguir se expone el factor de importación vía aérea Figura N° 3.11, al cual se incurrió debido a la mala planificación y pedido a destiempo en el proyecto. Por otro lado, se muestra el detalle de un factor de importación vía marítima el cual fue el presupuestado inicialmente y el cuál se utilizaría en la propuesta de mejora con el Last Planner System.

Figura N° 3.11: Cálculo del Factor de Importación Aéreo – Proyecto LCT

Orden de Compra	9000020011060										
INCOTERM	EXWORK LODI										
Proveedor	SAREL	AEREA									
Valor OC	\$ 96,611.89										
Tipo de Cambio	2.800	14-dic									
Concepto	Proveedor	Documento	Nro	Moneda	IG	Importe SC	Importe U	Observaciones	Fecha Rec	Fecha Vct	
Flete	DSV	Recibo	001-0011905	USD	No	32,687.20	11674		09/07/2014	08/08/2014	
Gastos de origen	DSV	Recibo	001-0011905	USD	No	3,723.72	1329.9		09/07/2014	08/08/2014	
Handling	DSV	Factura	001-0031097	USD	SÍ	711.20	254		09/07/2014	08/08/2014	
Seguro	Mapfre	Comprobante de Pago	0030-0131456	USD	SÍ	304.95	108.91	cancelado con anticipo	cancelado	cancelado	
Derecho de Emisión Seguro	Mapfre	Comprobante de Pago	0030-0131456	USD	SÍ	304.95	108.91	cancelado con anticipo	cancelado	cancelado	
ALMACENAJE	CONTRANS	Factura	009-0023023	USD	SÍ	8,307.60	2,967.00	con NC 001-0129329	11/07/2014	10/08/2014	
Gastos de Nacionalización	UNIVERSO SAC	Factura	001-0086595	USD	SÍ	579.60	207.00		11/07/2014	10/08/2014	
Transporte	DIFERCA SRL	Factura	003-0090116	Nuevos Soles	SÍ	480.00	171.43		09/07/2014	08/08/2014	
Derechos de Aduana	Sunat	DUA	118-2014-10-258706	USD	No	25.20	9.00	DAM \$19345 (IGV \$17188 - IPM \$2148)	02/07/2014	garantizado con fianza	
TOTAL						\$/. 47,124.42	\$16,830.15				
							Factor de Importación Aérea	1.17			

Fuente: Propia

Figura N° 3.12: Cálculo del Factor de Importación Marítimo – Proyecto LCT

Orden de Compra	9000020011060										
INCOTERM	EXWORK LODI										
Proveedor	SAREL	MARITIMA									
Valor OC	\$ 96,611.89										
Tipo de Cambio	2.800	14-dic									
Concepto	Proveedor	Documento	Nro	Moneda	IG	Importe SC	Importe U	Observaciones	Fecha Rec	Fecha Vct	
Flete	DSV	Recibo	001-0011905	USD	No	10,570.56	3775.2		09/07/2014	08/08/2014	
Gastos de origen	DSV	Recibo	001-0011905	USD	No	3,723.72	1329.9		09/07/2014	08/08/2014	
THC	DSV	Factura	001-0031097	USD	SÍ	238.00	85		09/07/2014	08/08/2014	
Seguro	Mapfre	Comprobante de Pago	0030-0131456	USD	SÍ	304.95	108.91	cancelado con anticipo	cancelado	cancelado	
Derecho de Emisión Seguro	Mapfre	Comprobante de Pago	0030-0131456	USD	SÍ	304.95	108.91	cancelado con anticipo	cancelado	cancelado	
ALMACENAJE	CONTRANS	Factura	009-0023023	USD	SÍ	380.80	136.00	con NC 001-0129329	11/07/2014	10/08/2014	
SERVICIO INTEGRAL	CONTRANS	Factura	009-0023023	USD	SÍ	1,092.00	390.00	con NC 001-0129329	11/07/2014	10/08/2014	
Devolucion de contenedor	IMUPESA	Factura	004-0380764	Nuevos Soles	SÍ	422.00	150.71	con NC 001-0129330	11/07/2014	10/08/2014	
gastos administrativos	IMUPESA	Factura	004-0380764	Nuevos Soles	SÍ	56.00	20.00	con NC 001-0129330	11/07/2014	10/08/2014	
delivery documentation	AGUNSA	Factura	011-0030169	Nuevos Soles	SÍ	942.00	336.43	con NC 001-0129330	11/07/2014	10/08/2014	
Gastos de Nacionalización	UNIVERSO SAC	Factura	001-0086595	USD	SÍ	579.60	207.00		11/07/2014	10/08/2014	
Transporte	DIFERCA SRL	Factura	003-0090116	Nuevos Soles	SÍ	480.00	171.43		09/07/2014	08/08/2014	
Derechos de Aduana	Sunat	DUA	118-2014-10-258706	USD	No	25.20	9.00	DAM \$19345 (IGV \$17188 - IPM \$2148)	02/07/2014	garantizado con fianza	
TOTAL						\$/. 19,119.78	\$6,828.49				
							Factor de Importación Marítima	1.07			

Fuente: Propia

Al realizar la comparativa del cálculo mostrado en las Figuras N° 3.11 y Figura N° 3.12, respectivamente, se evidencia que el cálculo del factor de importación aéreo es de 1.17% frente al factor de importación vía marítima de 1.07%, ello incrementa significativamente los costos en perjuicio del proyecto Lima Central Tower dada la falta de planificación y coordinación sobre los materiales críticos.

3.5. Descripción de un proyecto de obras industriales – Hotel IBIS

El proyecto Hotel Ibis del grupo TyC fue adjudicado en Mayo del año 2015 al área de obras industriales de la empresa CAM, el que consiste en la adjudicación de un contrato para el suministro e instalación del Sistema de Utilización en Media Tensión para el proyecto Edificio Hotel IBIS ubicado en el distrito de Miraflores de la ciudad de Lima Metropolitana.

La inversión para este proyecto tiene el monto de S/. 335,507 (Trescientos Treinta y Cinco Mil Quinientos Siete con 00/100 nuevos soles) más el impuesto general a las ventas, con un plazo de ejecución de 151 días calendario o 21 semanas. La ejecución de la obra está a cargo de la empresa CAM que fue contratada por un cliente corporativo del sector inmobiliario.

3.5.1. Información económica Proyecto Hotel Ibis

La utilidad presupuestada para este proyecto fue el 16,23% de margen como se detalla a continuación:

Pero al igual que muchos de los proyectos del área este cerró con un margen de utilidad del 10,93%, como indica a continuación:

Tabla N° 3.8: Resumen de Resultados Acumulados proyecto HOTEL IBIS

	PPTO	REAL OBRA
Ingreso (S/.)	335,507	335,507
Costo Directo	253,307	275,171
MO	112,300	121,262
Suministro	141,006	153,909
GG	27,752	23,671
Total Costo	281,058	298,842
Utilidad	54,449	36,665
Margen (%)	16.23%	10.93%

Fuente: Propia

Como se puede observar en la Tabla N° 3.8, las causas principales por las que no se logró la utilidad esperada radica principalmente en los costos de suministro de materiales, asimismo tenemos la siguiente información del responsable de Oficina Técnica respecto a las causas principales:

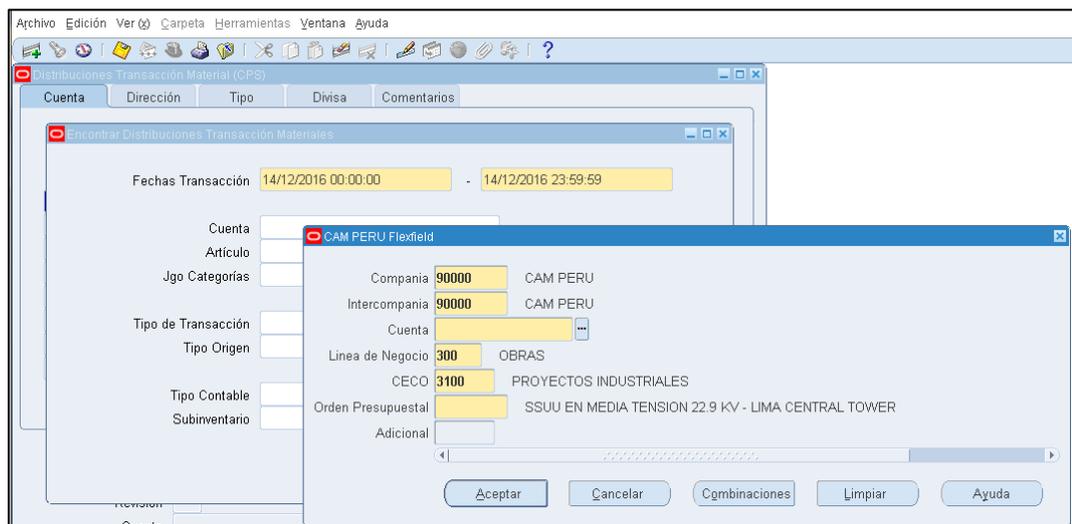
- Falta de planificación constante
- Falta de sinergia y comunicación entre los integrantes del proyecto
- Falta de reuniones semanales
- Pedidos de materiales a destiempo entre otros

3.5.2. Análisis de las causas de resultados negativos

Para profundizar mejor en las causas y sabiendo que ellas se encuentran en los costos de los materiales aplicaremos el principio de Pareto con su respectiva clasificación ABC. Para ello realizaremos los siguientes pasos:

3.5.2.1. Análisis de Materiales Consumidos

Figura N° 3.13: Data de consumos ERP – Proyecto HOTEL IBIS



Fuente: Propia

Tabla N° 3.9: Análisis Consolidado de Materiales – Proyecto HOTEL IBIS

Fecha	Descripción	Precio Unitario	UD M	Cantida d	Costo sin LPS	% Sobre Total	Acumulado	Clas e
23/02/2016	CABLE N2XSXLPE 18/30KV.1x 70MM2	33.95	MT	1557	52,864.24	34%	34%	A
25/09/2015	TRANSFORMADOR SECO ENCAPSULADO 800KVA. 10-22.9/0.40-0.23KV.	43,364.36	UND	1	43,364.36	28%	63%	A
24/07/2015	CELDA DE PROTECCION CON SECCIONAMIENTO Y RELE MEDIA TENSION	16,118.50	UND	1	16,118.50	10%	73%	A
25/09/2015	CAJUELA METALICA PARA TRANSFORMADOR DE 800 KVA DE 1800MM x 1350MM x 2100MM	11,252.54	UND	1	11,252.54	7%	80%	A
27/08/2015	TUBO DE PVC 6" DIAMETRO - CLASE 5	21.37	MT	330	7,051.45	5%	85%	B
25/09/2015	TERMOCONTROLADOR PARA TRANSFORMADOR DE RESINA (SECO)	3,620.61	UND	1	3,620.61	2%	87%	B
24/07/2015	CELDA DE REMONTE - MEDIA TENSION "AS"	3,434.38	UND	1	3,434.38	2%	89%	B
05/02/2016	TERMINACION N2XSXLPE 420MM 25KV 3x50MM2 INTERIOR	954.15	JGO	3	2,862.46	2%	91%	B
13/04/2016	BANCO DE BATERIA Y CARGADOR PARA 24VCC	2,384.94	JGO	1	2,384.94	2%	93%	B
08/09/2015	DUCTO MORTERO 4 VIAS CONCRETO ARMADO VIBRADO 90MM DIAMETRO x 1M	25.00	UND	70	1,750.00	1%	94%	B
03/03/2016	TERMINACION N2XSXLPE 420MM 25KV 3x50MM2 INTERIOR	720.24	JGO	2	1,440.49	1%	95%	B
12/08/2015	BOTIN DE CUERO CON PLANTA DIELECTRICA DE UN SOLO CUERPO, CON PUNTA REFORZADA DE BAQUELITA O POLICARBONATO	182.94	UND	6	1,097.61	1%	96%	C
24/07/2015	TUBO DE PVC 6" DIAMETRO - CLASE 5	19.39	MT	55	1,066.49	1%	96%	C
13/04/2016	DETECTOR DE TENSION 1.5-122KV AUDIBLE/VISUAL MODELO TIC-300 PRO	1,015.91	UND	1	1,015.91	1%	97%	C
12/08/2015	BOTIN DE CUERO CON PLANTA DIELECTRICA DE UN SOLO CUERPO, CON PUNTA REFORZADA DE BAQUELITA O POLICARBONATO	182.94	UND	4	731.75	0%	97%	C
12/04/2016	TERMINACION N2XSXLPE 420MM 25KV 3x50MM2 INTERIOR	720.25	JGO	1	720.25	0%	98%	C
05/02/2016	CONDUCTOR CABLEADO TIPO TW DE COBRE RECOCIDO 750V 1x70MM2 AMARILLO	23.06	MT	30	691.88	0%	98%	C
13/04/2016	PERTIGA MANIOBRA 40KV. 1.8M. DE LONG.	393.39	UND	1	393.39	0%	99%	C
13/04/2016	BANQUETA AISLADA MOLDEADA 24KV. PARA MANIOBRAS EN MEDIA TENSION	357.20	UND	1	357.20	0%	99%	C
15/04/2016	GUANTE DIELECTRICO CLASE 3 (26500V) TALLA 10	302.29	PAR	1	302.29	0%	99%	C
27/08/2015	SELLO ELASTOM TDP 6"	3.69	UND	55	202.89	0%	99%	C
17/02/2016	TERMINAL TIPO PIN SIN AISLAR P/CABLE DE 35MM2 (2AWG)	3.75	UND	48	180.00	0%	99%	C
08/08/2015	CINTA SEÑALIZADORA CELESTE MEDIA TENSION (HASTA 30KV)	0.35	MT	500	176.96	0%	99%	C
11/03/2016	BANDEJA TIPO ESCALERILLA DE 300 x 100 MM CON TAPA	63.22	MT	2.4	151.74	0%	100%	C
05/02/2016	TUBO CORRUGADO METALICO CON REVESTIMIENTO PVC 3/4"Ø	5.38	MT	20	107.68	0%	100%	C
08/08/2015	CINTA SEÑALIZADORA ROJO MEDIA TENSION 125MM. DE ANCHO	0.28	MT	360	99.99	0%	100%	C
22/03/2016	PERNO ACERO INOXIDABLE CABEZA HEXAGONAL 3/8"Ø X 1 1/2" INC. TUERCA, ARANDELA Y CONTRATUERCA	2.38	UND	25	59.56	0%	100%	C

El 20% de los artículos generan el 80% del impacto en

22/03/2016	RIEL UNISTRUT DE 2.4 MTS .	54.69	UND	1	54.69	0%	100%	C
17/02/2016	CABLE VULCANIZADO 3X16 AWG .	2.50	MT	19	47.50	0%	100%	C
14/09/2016	PARANTE DE MADERA CON BASE CEMENTO DE 250x250x100MM x 1.15M. DE ALTURA PARA SEÑALIZACION	11.32	UND	4	45.29	0%	100%	C
14/09/2016	MALLA DE PROTECCION (SEGURIDAD) DE PVC EN ROLLO DE 50 YARDAS	42.55	UND	1	42.55	0%	100%	C
08/08/2015	CINTA SEÑALIZADORA ROJO MEDIA TENSIÓN 125MM. DE ANCHO	0.28	MT	140	38.89	0%	100%	C
17/02/2016	TERMINAL COMPRESION BARRIL LARGO CU/ES. 70MM2 1H 3/8"Ø	6.01	UND	6	36.09	0%	100%	C
22/03/2016	TACO DE EXPANCIÓN DE 3/8" x 1"	0.73	UND	25	18.26	0%	100%	C
22/03/2016	ARANDELA REDONDA DE PRESION DE ACERO GALV. PARA PERNO DE 1/4"Ø	0.30	UND	50	15.00	0%	100%	C
05/02/2016	ABRAZADERA ACERO GALVANIZADO 36MMD.PARA CABLE .N2XS Y 1x25MM2	4.65	UND	3	13.95	0%	100%	C
17/02/2016	ABRAZADERA ACERO GALVANIZADO 36MMD.PARA CABLE .N2XS Y 1x25MM2	4.65	UND	3	13.95	0%	100%	C
17/02/2016	TORNILLO AUTORROSCANTE DE CABEZA HEXAGONAL 1/4" X 3/4"	0.38	UND	36	13.50	0%	100%	C
05/02/2016	TARUGO PLASTICO 3/8"	0.25	UND	36	9.00	0%	100%	C
05/02/2016	SOPORTE DE MADERA 100x700MM PARA CABLE N2XS Y	8.63	UND	1	8.63	0%	100%	C
22/03/2016	ARANDELA REDONDA DE PRESION DE ACERO INOX. PARA PERNO DE 3/8"Ø	0.32	UND	25	8.03	0%	100%	C
22/03/2016	PERNO ACERO GALVANIZADO CABEZA HEXAGONAL 1/4"Øx1" CON TUERCA	0.31	UND	25	7.80	0%	100%	C
17/02/2016	CINTILLO DE AMARRE PLASTICO 250x3.6 MM NEGRO	0.06	UND	100	6.25	0%	100%	C
17/02/2016	CINTILLO DE AMARRE PLASTICO 300 X 7.6 MM NEGRO	0.13	UND	50	6.25	0%	100%	C
05/02/2016	CINTA AISLANTE VINILICA 3/4" (19MM) x 20M 600V 80°C ROJO	5.96	RLL	1	5.96	0%	100%	C
22/03/2016	ARANDELA REDONDA PLANA DE ACERO GALV. PARA PERNO DE 1/4"Ø	0.10	UND	50	5.09	0%	100%	C
05/02/2016	CINTA AISLANTE VINILICA 3/4" (19MM) x 20M 600V 80°C BLANCO	5.00	RLL	1	5.00	0%	100%	C
05/02/2016	CINTA AISLANTE VINILICA 3/4" (19MM) x 20M 600V 80°C VERDE	4.61	RLL	1	4.61	0%	100%	C
12/04/2016	ANTEOJOS O LENTES DE SEGURIDAD DE POLICARBONATO CON LUNA OSCURA	3.58	UND	1	3.58	0%	100%	C
						153,909.39	100%	

Fuente: Propia

De esta manera, el análisis se enfoca en la revisión del 20% que genera el 80% del impacto según el análisis de Pareto. A continuación, se presenta la tabla

Tabla N° 3.10: Análisis del 20/80 Pareto – Proyecto HOTEL IBIS

Fecha	Descripción	Precio Unitario	UD M	Cantidad	Costo sin LPS	% Sobre Total	Acumulado	Clase
23/02/2016	CABLE N2XSY XLPE 18/30KV.1x 70MM2	33.95	MT	1557	52,864.24	34%	34%	A
25/09/2015	TRANSFORMADOR SECO ENCAPSULADO 800KVA. 10-22.9/0.40-0.23KV.	43,364.36	UND	1	43,364.36	28%	63%	A
24/07/2015	CELDAS DE PROTECCION CON SECCIONAMIENTO Y RELE MEDIA TENSION	16,118.50	UND	1	16,118.50	10%	73%	A
25/09/2015	CAJUELA METALICA PARA TRANSFORMADOR DE 800 KVA DE 1800MM x 1350MM x 2100MM	11,252.54	UND	1	11,252.54	7%	80%	A

El 20% de los artículos generan el 80% del impacto en

Fuente: Propia

Precisamente en la Tabla 3.10, se muestra que la gran mayoría de equipos son de Importación que al compararlo con los costos del presupuesto se verifica que se ha gastado un 8% adicional debido a que se compraron equipos localmente a un Distribuidor debido a que el requerimiento se solicitó muy atrasado y no hubo tiempo de importarlo

El análisis del sobrecosto es calculado en la Tabla N° 3.6, presentada a continuación con el detalle respectivo, a saber:

Tabla N° 3.11: Análisis del sobrecosto – Proyecto HOTEL IBIS

ANALISIS DE SOBRECOSTOS CON PRESUPUESTO					
Fecha	Tipo de compra	Factores de sobrecosto	Costo presupuestado	Sobrecosto	% Sobrecosto
09/10/2014	Nacional	CABLE N2XSY XLPE 18/30KV.1x 70MM2	51,278.31	1,585.93	3%
08/08/2014	Nacional	TRANSFORMADOR SECO ENCAPSULADO 800KVA. 10-22.9/0.40-0.23KV.	39,895.21	3,469.15	8%
08/08/2014	Nacional	CELDAS DE PROTECCION CON SECCIONAMIENTO Y RELE MEDIA TENSION	14,829.02	1,289.48	8%
08/08/2014	Nacional	CAJUELA METALICA PARA TRANSFORMADOR DE 800 KVA DE 1800MM x 1350MM x 2100MM	10,352.33	900.20	8%

Fuente: Propia

De igual forma, se detalla a seguir los ítems que generaron el sobre costo y a su vez se precisa las causas respectivas para cada caso, tal cual lo detalla la Tabla N° 3.11 expuesta a continuación:

Tabla N° 3.12: Causas de Sobre costo – Proyecto HOTEL IBIS

CAUSAS DE SOBRECOSTO		
<p>Compra Local INDECO Cable de MT</p>	<p>Se realizó la compra a última hora, sin dar tiempo para cotizar un mejor precio en el mercado ya que este cable es fabricación y solo Indeco tenía Stock.</p>	<p>CABLES DE ENERGÍA CABLES DE MEDIA TENSION</p>
<p>Compra Local I&T Transformadores Eléctricos y Celdas MT</p>	<p>Se presupuestó equipos de importación pero se compraron equipos localmente a un Distribuidor debido a que el requerimiento se solicitó muy atrasado y no hubo tiempo de importarlo</p>	

Fuente: Propia

3.6. Descripción de un proyecto de obras industriales – Edificio ICHMA

El proyecto Edificio ICHMA fue adjudicado en Julio del año 2016 al área de obras industriales de la empresa CAM, el que consiste en la adjudicación de un contrato para el suministro e instalación del Sistema de Utilización en Media Tensión para el proyecto Edificio ICHMA ubicado en el distrito de San Isidro de la ciudad de Lima Metropolitana.

La inversión para este proyecto tiene el monto de S/. 340,564 (Trescientos Cuarenta Mil Quinientos Sesenta y cuatro con 00/100 nuevos soles) más el impuesto general a las ventas, con un plazo de ejecución de 151 días calendario o 21 semanas. La ejecución de la obra está a cargo de la empresa CAM que fue contratada por un cliente corporativo del sector inmobiliario.

3.6.1. Información económica Proyecto Edificio ICHMA

La utilidad presupuestada para este proyecto fue el 17,42% de margen como se detalla a continuación:

Pero al igual que muchos de los proyectos del área este cerró con un margen de utilidad del 10,93%, como indica a continuación:

Tabla N° 3.13: Resumen de Resultados Acumulados proyecto EDIFICIO ICHMA

	PPTO	REAL OBRA
Ingreso (S/.)	340,564	340,564
Costo Directo	255,463	282,766
MO	29,076	30,465
Suministro	226,387	252,301
Transporte		
GG	25,777	22,184
Imprevistos		0
Total Costo	281,240	304,950
Utilidad	59,324	35,614
Margen (%)	17.42%	10.46%

Fuente: Propia

Como se puede observar en la Tabla N° 3.13, las causas principales por las que no se logró la utilidad esperada radica principalmente en los costos de suministro de materiales, asimismo tenemos la siguiente información del responsable de Oficina Técnica respecto a las causas principales:

- Falta de planificación constante
- Falta de sinergia y comunicación entre los integrantes del proyecto
- Falta de reuniones semanales
- Pedidos de materiales a destiempo entre otros

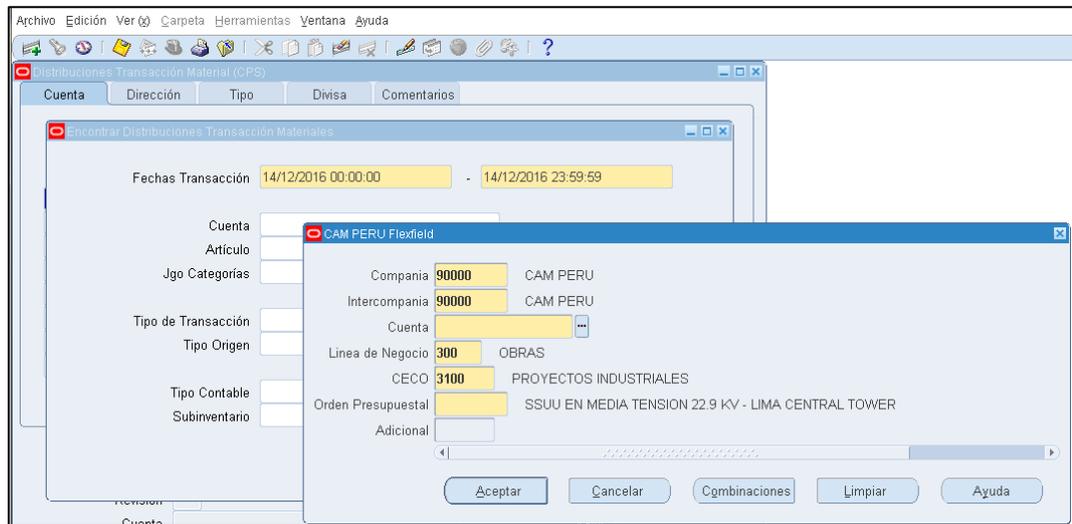
3.6.2. Análisis de las causas de resultados negativos

Para profundizar mejor en las causas y sabiendo que ellas se encuentran en los costos de los materiales aplicaremos el principio de Pareto con su respectiva clasificación ABC.

Para ello realizaremos los siguientes pasos:

3.6.2.1. Análisis de Materiales Consumidos

Figura N° 3.15: Data de consumos ERP – Proyecto EDIFICIO ICHMA



Fuente: Propia

Figura N° 3.16: BD Excel de consumos ERP – Proyecto EDIFICIO ICHMA

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Fecha Transac.	Cuenta	Valor Tré.	Precio U.	Artículo	Descripción	Ce	OP	LLNN		LLNN
05/12/2014 12:26	90000.300	5189.24	28.83	0 00C3.00CC.00'	CABLE N2XSY XLPE 18/30KV. 1x 50MM2	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
04/12/2014 08:48	90000.300	353.33	353.33	0 00C8.00CD.00'	GUANTE DIELECTRICO CLASE 3 (26500)	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
04/12/2014 08:48	90000.300	677.21	677.21	0 00C1.00GA.00'	DETECTOR DE TENSION 1.5-12KV AUD	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
04/12/2014 08:48	90000.300	265.8	265.8	0 00C1.00GB.00'	PERTIGA MANIOBRA 40KV. 1.8M. DE LO	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
04/12/2014 08:48	90000.300	287.71	287.71	0 00C8.00AA.00'	BANQUETA AISLADA MOLDEADA 24KV	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
25/11/2014 23:15	90000.300	586	36.625	0 00C5.00GL.00'	ANGULO DE FIERRO DE 3/16" X 1" X 6'	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
25/11/2014 23:15	90000.300	1535.39	53.31215	0 00C1.00AH.00'	BANDEJA TIPO ESCALERILLA DE 350 x	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
12/11/2014 08:53	90000.300	75.69	4.730625	0 00C1.00AF.00'	TERMINAL COMPRESION BARRIL LARG	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
12/11/2014 08:53	90000.300	1618.25	809.125	0 00C1.00AF.00'	TERMINACION N2XSY 420MM 25KV. 3x5'	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
12/11/2014 08:53	90000.300	2329.27	776.4233	0 00C1.00AF.00'	TERMINACION N2XSY 420MM 25KV. 3x5'	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
12/11/2014 08:53	90000.300	2412.2	804.0667	0 00C1.00AF.00'	TERMINACION USD INT. PICAB. N2XSY	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
03/11/2014 16:31	90000.300	447.82	27.99	0 00C3.00CC.00'	CABLE N2XSY XLPE 18/30KV. 1x 50MM2	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
03/11/2014 11:24	90000.300	10775.74	27.99	0 00C3.00CC.00'	CABLE N2XSY XLPE 18/30KV. 1x 50MM2	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
03/10/2014 10:36	90000.300	60714.5	60714.5	0 00C4.00CA.00'	ENVOLVENTES (ENCLOSURE) NEMA 3R,	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
06/10/2014 10:33	90000.300	1127	281.75	0 00C5.00GF.00'	CANAL ESTRUCTURAL A36 TIPO "U" DE	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
01/10/2014 09:13	90000.300	190.87	190.87	0 00C8.00CD.00'	GUANTE DIELECTRICO CLASE 3 (26500)	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
01/10/2014 09:13	90000.300	6416	6416	0 00C1.00GA.00'	DETECTOR DE TENSION 1.5-12KV AUD	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
01/10/2014 09:13	90000.300	265.8	265.8	0 00C1.00GB.00'	PERTIGA MANIOBRA 40KV. 1.8M. DE LO	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
01/10/2014 09:13	90000.300	287.71	287.71	0 00C8.00AA.00'	BANQUETA AISLADA MOLDEADA 24KV	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
08/09/2014 11:34	90000.300	14274.35	27.99	0 00C3.00CC.00'	CABLE N2XSY XLPE 18/30KV. 1x 50MM2	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
01/09/2014 10:55	90000.300	3643.73	1821.865	0 00C1.00GA.00'	TERMOCONTROLADOR PARA TRANSF	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
01/09/2014 09:58	90000.300	4001.67	666.945	0 00C1.00AF.00'	TERMINACION N2XSY 420MM 25KV. 3x5'	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
01/09/2014 09:58	90000.300	3358.67	27.99	0 00C3.00CC.00'	CABLE N2XSY XLPE 18/30KV. 1x 50MM2	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
19/08/2014 13:21	90000.300	95309.44	47654.72	0 00C4.00BB.00'	TRANSFORMADOR TRIFASICO SECO EF	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
19/08/2014 13:21	90000.300	7787.83	3893.915	0 00C4.00CA.00'	CELDA DE REMONTE - MEDIA TENSION	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
19/08/2014 13:21	90000.300	16550.76	8275.38	0 00C4.00CA.00'	CELDA DE SALIDA PROTECCION 24KV.	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
19/08/2014 13:21	90000.300	30103.24	30103.24	0 00C4.00CA.00'	CELDA DE PROTECCION CON INTERRUPT	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
15/08/2014 10:19	90000.300	4405.44	45.41891	0 00C1.00AH.00'	BANDEJA TIPO ESCALERILLA DE 350 x	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
15/08/2014 10:19	90000.300	318.14	3.1814	0 00C3.00CB.00'	CABLE 0.8KV. THW 10MM2 AMARILLO	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
08/08/2014 11:36	90000.300	65980.39	32390.2	0 00C4.00BB.00'	TRANSFORMADOR TRIFASICO SECO EF	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
08/08/2014 11:36	90000.300	16293.71	8146.855	0 00C5.00DC.00'	CAJUELA METALICA PARA TRANSFOR	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
08/08/2014 11:36	90000.300	16550.76	8275.38	0 00C4.00CA.00'	CELDA DE SALIDA PROTECCION 24KV.	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
08/08/2014 11:36	90000.300	60206.48	30103.24	0 00C4.00CA.00'	CELDA DE PROTECCION CON INTERRUPT	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
08/08/2014 11:36	90000.300	6857.4	3428.7	0 00C4.00CA.00'	CELDA DE REMONTE - MEDIA TENSION	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
08/08/2014 11:36	90000.300	3643.73	1821.865	0 00C1.00GA.00'	TERMOCONTROLADOR PARA TRANSF	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA
01/08/2014 09:25	90000.300	462.92	231.48	0 00C5.00GF.00'	CANAL ESTRUCTURAL A36 TIPO "U" DE	3100	IS055	SSUU en Media Tensión 22.9KV - Lima Central Tower		GERENCIA

Fuente: Propia

3.6.2.2. Análisis según Clasificación ABC

Se aplica la clasificación según Pareto o también denominada clasificación ABC para identificar el impacto de los materiales según su importe en el proyecto. Para ellos se detallan los pasos a seguir:

- En primer lugar se orden de forma decreciente respecto al valor.
- Luego se calcula el porcentaje relativo de cada línea respecto al total.
- Posteriormente, se calcula línea por línea el porcentaje acumulado.
- Se identifica por la clasificación ABC de acuerdo al porcentaje acumulado.
- Finalmente, se identifica el 20% de los artículos que generan el 80% del impacto o gasto en materiales y el análisis se enfoca en revisar cada línea de este 20% de materiales.

Tabla N° 3.14: Análisis Consolidado de Materiales – Proyecto EDIFICIO ICHMA

Descripción	Precio Unitario	UD M	Cantida d	Costo sin LPS	% Sobre Total	Acumulad o	Clas e
CELDA DE PROTECCIÓN CON INTERRUPTOR TPS-ICB 24KV 630A 20KA	52516.05123	UND	1	52,516.05	21%	21%	A
TRANSFORMADOR SECO ENCAPSULADO TRIFASICO 22.9 / 0.40 - 0.23KV 1000KVA	37027.74183	UND	1	37,027.74	15%	35%	A
TRANSFORMADOR SECO ENCAPSULADO TRIFASICO 22.9 / 0.40 - 0.23KV 500KVA	30822.63791	UND	1	30,822.64	12%	48%	A
CELDA DE PROTECCIÓN CON FUSIBLES TPS-FS 24KV 200A	12749.36386	UND	2	25,498.73	10%	58%	A
CELDA ENVOLVENTE PARA TRANSFORMADOR DE 1000KVA USO EXTERIOR	23428.35629	UND	1	23,428.36	9%	67%	A
CELDA DE PROTECCIÓN CON FUSIBLES TPS-FS 24KV 200A	12821.63054	UND	1	12,821.63	5%	72%	A
CABLE N2XSY XLPE 18/30KV.1x 50MM2	19.1937413	MT	620	11,900.12	5%	77%	A
CELDA ENVOLVENTE PARA 05 CELDAS COMPACTAS EN ESTRUCTURA ANGULAR 1 1/2 X 1 1/2	11144.95996	UND	1	11,144.96	4%	81%	A
CELDA DE REMONTE TPS-IOC 24kv 630A	4692.8	UND	2	9,385.60	4%	85%	B
BANDEJA TIPO ESCALERILLA DE 300 x 100 MM CON TAPA	152.8842105	UND	38	5,809.60	2%	87%	B
CELDA DE REMONTE TPS-IOC 24kv 630A	4719.4	UND	1	4,719.40	2%	89%	B
TUBO CORRUGADO METALICO CON REVESTIMIENTO PVC 3/4"Ø	916.08	MT	5	4,580.40	2%	91%	B
TERMINACION N2XSY 420MM 25KV 3x50MM2 INTERIOR	545.026	JGO	5	2,725.13	1%	92%	B
CONECTOR TERMINAL COMPRESION COBRE 70MM2	157.71	UND	16	2,523.36	1%	93%	B
TERMINACION N2XSY 420MM 25KV 3x50MM2 INTERIOR	545.025	JGO	4	2,180.10	1%	94%	B
BANDEJA LISA PERFORADA DE 300 x 100 x 2400 MM CON TAPA	144.9893333	UND	15	2,174.84	1%	95%	C
CONECTOR PERNO PARTIDO DE BRONCE SIN SEPARACION 120/10-120MM	157.71	UND	12	1,892.52	1%	96%	C
ABRAZADERA ACERO GALVANIZADO 2 OREJA PARA TUBO DE 3/4"Ø	328.37	UND	5	1,641.85	1%	96%	C
VARILLA ROSCADA ZINCADA 1/2"Ø X 3 MTS .	22.45767857	UND	56	1,257.63	0%	97%	C
CONDUCTOR CABLEADO TIPO TW DE COBRE RECOCIDO 750V 1x70MM2 AMARILLO	74.335	MT	15	1,115.03	0%	97%	C
CABLE COBRE TW 0.6KV. 1x50MM2 AMARILLO	17.7	MT	60	1,062.00	0%	98%	C
MANGA (TUBO) TERMOCONTRAIBLE 50MMØ 35KV EN FRIO HASTA 20MMØ CON APLICACION DE CALOR	830.385	MT	1	830.39	0%	98%	C
TACO ANCLAJE DE EXPANSION ZINCADO DE 1/2"	2.966106557	UND	244	723.73	0%	98%	C
CONDUCTOR COBRE DESNUDO TEMPLE BLANDO 7HILOS 25MM2	6.016916667	MT	120	722.03	0%	98%	C
UNION PARA BANDEJA A BANDEJA DE 300MM X 100 MM	8.241	UND	70	576.87	0%	99%	C
RIEL UNISTRUT DE 4"x 2"x 2.4M	17.46545455	UND	22	384.24	0%	99%	C
#N/A	30.955	UND	9	278.60	0%	99%	C
CONECTOR SPLIT BOLT BIMETALICO PARA CABLE 25MM2	4.277333333	UND	60	256.64	0%	99%	C
CURVA HORIZONTAL DE 90° DE 300 x 100 MM CON TAPA	85.01666667	UND	3	255.05	0%	99%	C

CONECTOR PERNO PARTIDO DE BRONCE SIN SEPARACION 70/6-70	8.64	UND	22	190.08	0%	99%	C	
PINTURA SPRAY ZINC PARA GALVANIZAR EN FRIO DE 14 OZ(397GR).	37.698	UND	5	188.49	0%	99%	C	
RIEL UNISTRUT DE 4"x 2"x 2.4M	17.465	UND	10	174.65	0%	99%	C	
#N/A	82.745	UND	2	165.49	0%	99%	C	
CURVA HORIZONTAL 45° de 300 x 100 MM - RADIO:300 - CON TAPA	82.745	UND	2	165.49	0%	100%	C	
TUBO CORRUGADO METALICO CON REVESTIMIENTO PVC 3/4"Ø	3.894	MT	34	132.40	0%	100%	C	
MATRICULA LIBRE	0.038	UND	3400	129.20	0%	100%	C	
ABRAZADERA ACERO GALVANIZADO 1 OREJA PARA TUBO DE 3/4"Ø	6.4049	UND	18	115.29	0%	100%	C	
TERMINAL COMPRESION BARRIL LARGO CU/ES. 50MM2 1H 1/2"Ø	5.2	UND	16	83.20	0%	100%	C	
CURVA VERTICAL DE 90° DE BADEJA 300X100MM - CON TAPA	82.74	UND	1	82.74	0%	100%	C	
PERNO CAB. COCHE G-2 GALV. EN CALIENTE DE 1/4"Ø(6.3MM) x 3/4"(19MM) CON TUERCA	0.0484	UND	1700	82.28	0%	100%	C	
TACO ANCLAJE DE EXPANSION ZINCADO DE 1/2"	0.8136	UND	100	81.36	0%	100%	C	
CARGADOR RECTIFICADOR 24VDC 460W	60	UND	1	60.00	0%	100%	C	
RIEL UNISTRUT DE 2.4 MTS .	27.12	UND	2	54.24	0%	100%	C	
CONECTOR RECTO HERMETICO LIQUID TIGHT 3/4"	26.72	UND	2	53.44	0%	100%	C	
CINTILLO DE AMARRE PLASTICO 550x8.0 MM NEGRO	0.4402	UND	100	44.02	0%	100%	C	
TUERCA HEXAGONAL DE ACERO ZINC. DE 1/4"Ø	0.0237	UND	1700	40.29	0%	100%	C	
TUERCA HEXAGONAL DE ACERO ZINC. DE 1/2"Ø	0.1177	UND	300	35.31	0%	100%	C	
CONECTOR RECTO HERMETICO LIQUID TIGHT 3/4"	4.202	UND	8	33.62	0%	100%	C	
ARANDELA DE PLANA DE ACERO INOXIDABLE PARA PERNO DE 1/2"Ø AISI 316 / A4	0.0922	UND	300	27.66	0%	100%	C	
DETECTOR DE TENSION 1.5-122KV AUDIBLE/VISUAL MODELO TIC-300 PRO	9.408	UND	2	18.82	0%	100%	C	
GUANTE DIELECTRICO CLASE 3 (26500V) TALLA 10	8.87	PAR	2	17.74	0%	100%	C	
CINTA AISLANTE VINILICA 3/4" (19MM) x 20M 600V 80°C ROJO	4.04865956	3	UND	3	12.15	0%	100%	C
CINTA AISLANTE VINILICA 3/4" (19MM) x 20M 600V 80°C ROJO	5.4	RLL	2	10.80	0%	100%	C	
CINTA AISLANTE VINILICA 3/4" (19MM) x 20M 600V 80°C BLANCO	5.4	RLL	2	10.80	0%	100%	C	
CINTA AISLANTE VINILICA 3/4" (19MM) x 20M 600V 80°C NEGRO	5.16	RLL	2	10.32	0%	100%	C	
CINTA AISLANTE VINILICA 3/4" (19MM) x 20M 600V 80°C VERDE	3.51	RLL	2	7.02	0%	100%	C	
TERMINACION N2XS Y 420MM 25KV 3x50MM2 INTERIOR	6.806	JGO	1	6.81	0%	100%	C	
CARGADOR RECTIFICADOR 24VDC 1200W	4.92	UND	1	4.92	0%	100%	C	
PERTIGA MANIOBRA 40KV. 1.8M. DE LONG.	1.00333333	3	UND	2	2.01	0%	100%	C
ALFOMBRA CAUCHO AISLANTE 1Mx1Mx3MM CLASE 3 (26500V)	0.85	UND	2	1.70	0%	100%	C	

CINTILLO DE AMARRE PLASTICO 340x7.6 MM NEGRO	0.3775	UND	4	1.51	0%	100%	C
CONECTOR SPLIT BOLT BIMETALICO PARA CABLE 25MM2	0.1274	UND	10	1.27	0%	100%	C
TERMINACION N2XSY 420MM 25KV 3x50MM2 INTERIOR	0.85	JGO	1	0.85	0%	100%	C
				252,301.17		100%	

Fuente: Propia

De esta manera, el análisis se enfoca en la revisión del 20% que genera el 80% del impacto según el análisis de Pareto. A continuación, se presenta la tabla

Tabla N° 3.15: Análisis del 20/80 Pareto – Proyecto EDIFICIO ICHMA

Descripción	Precio Unitario	UD M	Cantidad	Costo sin LPS	% Sobre Total	Acumulado	Clase
CELDA DE PROTECCIÓN CON INTERRUPTOR TPS-ICB 24KV 630A 20KA	52516.05123	UND	1	52,516.05	21%	21%	A
TRANSFORMADOR SECO ENCAPSULADO TRIFASICO 22.9 / 0.40 - 0.23KV 1000KVA	37027.74183	UND	1	37,027.74	15%	35%	A
TRANSFORMADOR SECO ENCAPSULADO TRIFASICO 22.9 / 0.40 - 0.23KV 500KVA	30822.63791	UND	1	30,822.64	12%	48%	A
CELDA DE PROTECCIÓN CON FUSIBLES TPS-FS 24KV 200A	12749.36386	UND	2	25,498.73	10%	58%	A
CELDA ENVOLVENTE PARA TRANSFORMADOR DE 1000KVA USO EXTERIOR	23428.35629	UND	1	23,428.36	9%	67%	A
CELDA DE PROTECCIÓN CON FUSIBLES TPS-FS 24KV 200A	12821.63054	UND	1	12,821.63	5%	72%	A
CABLE N2XSY XLPE 18/30KV.1x 50MM2	19.1937413	MT	620	11,900.12	5%	77%	A
CELDA ENVOLVENTE PARA 05 CELDAS COMPACTAS EN ESTRUCTURA ANGULAR 1 1/2 X 1 1/2	11144.95996	UND	1	11,144.96	4%	81%	A

Fuente: Propia

Precisamente en la Tabla 3.15, se muestra que la gran mayoría de equipos son de Importación que al compararlo con los costos del presupuesto se verifica que se ha gastado un 8% adicional debido a que se compraron equipos localmente a un Distribuidor debido a que el requerimiento se solicitó muy atrasado y no hubo tiempo de importarlo

El análisis del sobrecosto es calculado en la Tabla N° 3.16, presentada a continuación con el detalle respectivo, a saber:

Tabla N° 3.16: Análisis del sobrecosto – Proyecto EDIFICIO ICHMA

ANÁLISIS DE SOBRECOSTOS CON PRESUPUESTO					
Fecha	Tipo de compra	Factores de sobrecosto	Costo presupuestado	Sobrecosto	% Sobrecosto
09/10/2014	Importación	CELDA DE PROTECCIÓN CON INTERRUPTOR TPS-ICB 24KV 630A 20KA	48,314.77	4,201.28	8%
08/08/2014	Importación	TRANSFORMADOR SECO ENCAPSULADO TRIFASICO 22.9 / 0.40 - 0.23KV 1000KVA	34,065.52	2,962.22	8%
08/08/2014	Importación	TRANSFORMADOR SECO ENCAPSULADO TRIFASICO 22.9 / 0.40 - 0.23KV 500KVA	28,356.83	2,465.81	8%
08/08/2014	Importación	CELDA DE PROTECCIÓN CON FUSIBLES TPS-FS 24KV 200A	23,458.83	2,039.90	8%
08/08/2014	Importación	CELDA ENVOLVENTE PARA TRANSFORMADOR DE 1000KVA USO EXTERIOR	21,554.09	1,874.27	8%
08/08/2014	Importación	CELDA DE PROTECCIÓN CON FUSIBLES TPS-FS 24KV 200A	11,795.90	1,025.73	8%
08/08/2014	Nacional	CABLE N2XS Y XLPE 18/30KV.1x 50MM2	11,543.12	357.00	3%
08/08/2014	Importación	CELDA ENVOLVENTE PARA 05 CELDAS COMPACTAS EN ESTRUCTURA ANGULAR 1 1/2 X 1 1/2	10,253.36	891.60	8%

Fuente: Propia

De igual forma, se detalla a seguir los ítems que generaron el sobrecosto y a su vez se precisa las causas respectivas para cada caso, tal cual lo detalla la Tabla N° 3.11 expuesta a continuación:

Tabla N° 3.17: Causas de Sobrecosto – Proyecto EDIFICIO ICHMA

CAUSAS DE SOBRECOSTO		
<p>Compra Local INDECO Cable de MT</p>	<p>Se realizó la compra a última hora, sin dar tiempo para cotizar un mejor precio en el mercado ya que este cable es fabricación y solo Indeco tenía Stock.</p>	<p style="text-align: center;">CABLES DE ENERGÍA <u>CABLES DE MEDIA TENSION</u></p> <p style="text-align: center;">Pueden ser unipolares o trifásicos</p> 
<p>Compra Local MANELSA Transformadores Eléctricos y Celdas MT</p>	<p>Se presupuestó equipos de importación pero se compraron equipos localmente a un Distribuidor debido a que el requerimiento se solicitó muy atrasado y no hubo tiempo de importarlo</p>	

Fuente: Propia

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

8.1. Resultados

8.1.1. Análisis de Porcentaje de Plan Cumplido

El proyecto Lima Central Tower fue ejecutado en su totalidad con un sistema de gestión convencional en el período 2014, los resultados de la implementación del sistema LPS mostrados a continuación fueron calculados sobre la base de data histórica y fuentes primarias de consulta proporcionadas por el área de obras industriales de la empresa CAM cuyo uso es en la mayor parte de carácter confidencial, estos cálculos han sido determinados de forma posterior al cierre del proyecto Lima Central Tower. Este análisis puede clasificarse de dos formas; de tipo cuantitativo a través del indicador del PPC y el análisis de las CNC ó Causas de No Cumplimiento y la evaluación económica comparativa del sistema LPS. Y a su vez, de tipo cualitativo que está conformado por el propio análisis por parte del investigador durante el proceso de estudio y que forman parte de las conclusiones y recomendaciones expuestas al final de la presente tesis.

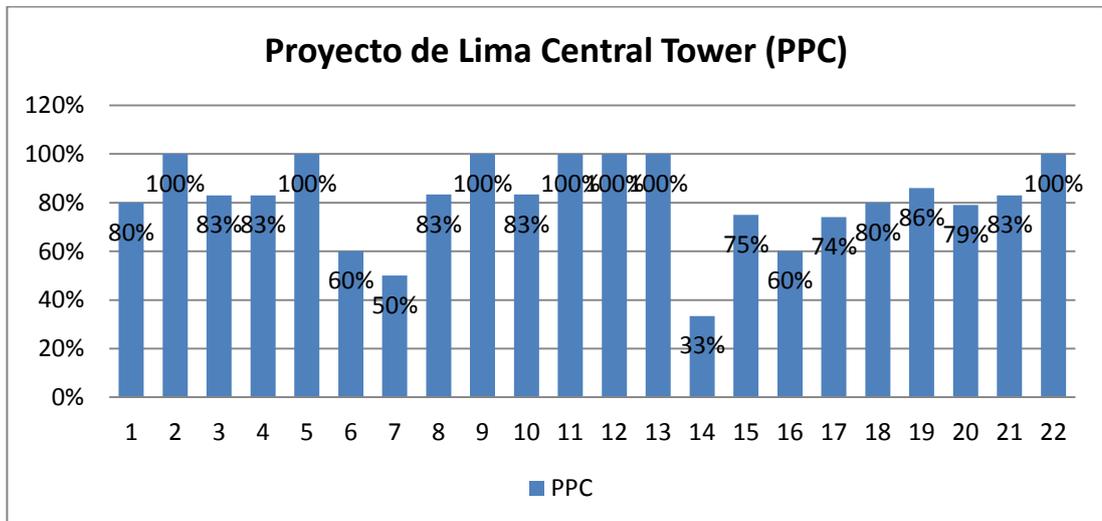
La implementación del LPS se aplicó a las 22 semanas de un proyecto específico del área de obras industriales denominado Lima Central Tower o LCT, en el cual se tuvo a una contratista denominada GMG, ejecutando trabajos de forma secuencial durante el proyecto. En lo que respecta al análisis cuantitativo, en primera instancia se tiene el Porcentaje de Plan Cumplido o PPC que hace referencia a la medición de la efectividad de la programación efectuada. Este indicador se debe presentar durante las reuniones semanales, cuando se está analizando los resultados de la programación de la semana anterior, y además se considera que una asignación o actividad se considera que ha sido culminada si solo si es que se ejecutó en su totalidad, no de forma parcial y tal como fue programada.

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

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

Los resultados estimados de las 22 semanas de la evolución del proyecto LCT se presentan en el siguiente Figura 4.1, a saber:

Figura 4.1 Evolución del PPC: Proyecto LCT



Fuente: Propia

Sobre la base de los resultados obtenidos por el investigador respecto al cálculo y estimación del PPC con el equipo de trabajo, se tienen las siguientes observaciones:

- 1) Al evaluar en conjunto los resultados de las 22 semanas, podemos concluir que hubo alzas y bajas marcadas en semanas como semana 6 y 7, luego hubo regularidad en la ejecución de los trabajos, posterior a ello una caída en la semana 14, y a continuación un aumento del PPC de la semana 15 a la 22, luego una caída en la semana 16 con una recuperación creciente hasta la última semana. Esto es explicado por una falta de planificación a nivel de Lookahead Window, es decir, con un previsión de 04 a 06 semanas, por el bajo nivel de coordinación y retroalimentación a nivel diario y semanal, y por ciertas falencias en cuanto el seguimiento de lo planificado mediante formatos o plantillas de control que faciliten dicha labor. Adicionalmente a ello, se tiene que:
- 2) Al iniciar con la implementación en la primera semana, se obtuvo un PPC alto de 80% debido a la experiencia del equipo trabajo y una leve carga de asignaciones con poca o mínimas restricciones, es así como se le denominaría dentro de la metodología LPS.
- 3) Para las semanas 6,7 y 14 no se llevó a cabo un adecuado análisis de restricciones y planificado con la suficiente previsión para dichas semanas al no hacer uso de metodología LPS, puesto que hubo una baja considerable en el cumplimiento del PPC debido al retraso de los equipos importados, falta de coordinación interna, postergaciones del cliente e inconvenientes en los pagos con la contratista a la que se le adjudicó los trabajos de mano de obra, hechos que en su mayoría pudieron preverse en dicho contexto.
- 4) Es a partir de la semana 15 que se mantiene y mejora este PPC que se debe a un adecuado análisis de restricciones y seguimiento de liberaciones, esto fue posible debido a que el supervisor del proyecto y coordinador logístico enfatizaron el uso de reuniones semanales para cerrar las últimas etapas del proyecto, indirectamente aplicaron la metodología LPS, sin embargo hubo mucha presión para la finalización y

poco seguimiento formal a las actividades por falta de indicadores de control adecuados.

8.1.2. Análisis de Causas de No Cumplimiento

La recopilación de las Causas de No cumplimiento de las 22 semanas del proyecto LCT dio como resultado la siguiente tabla 4.1, compuesta de 59 actividades con 6 causas de incumplimiento de mayor ocurrencia, según la metodología LPS:

Tabla 4.1 Causas de No Cumplimiento

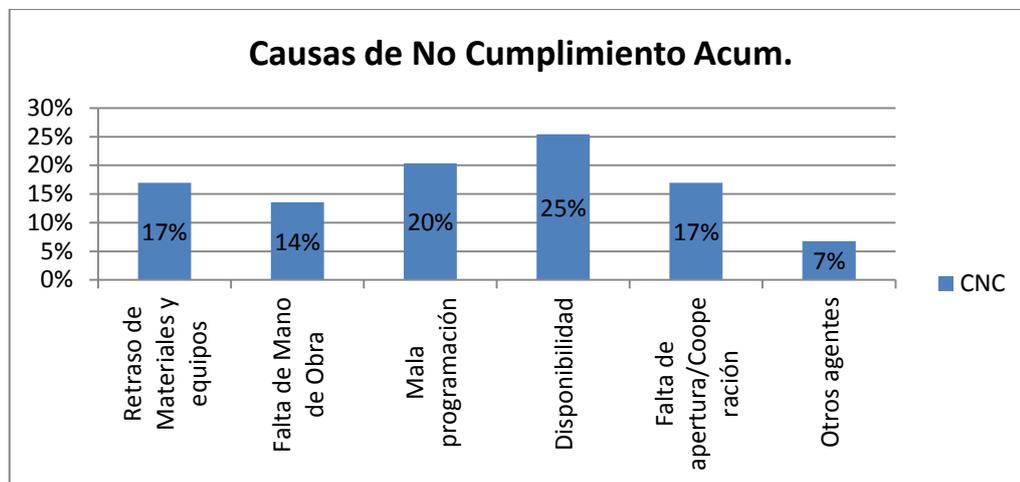
Semana	Retraso de Materiales y equipos	Falta de Mano de Obra	Mala programación	Disponibilidad	Falta de apertura/Cooperación	Otros agentes
1	0	0	0	2	0	0
2	0	1	0	0	0	0
3	1	0	3	1	3	0
4	0	0	2	2	2	0
5	0	0	0	0	0	0
6	2	3	3	1	2	1
7	3	1	0	3	0	1
8	0	0	0	1	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
13	0	1	2	2	0	2
14	3	2	1	2	3	0
15	0	0	0	0	0	0
16	0	0	2	0	0	0
17	1	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0

22	0	0	0	0	0	0
ACUM.	10	8	12	15	10	4
%	17%	14%	20%	25%	17%	7%

Fuente: Propia

De forma ilustrativa se presenta la siguiente figura resumen, a saber:

Figura 4.2 Causas de No Cumplimiento Proyecto LCT



Fuente: Propia

Las observaciones que se pueden concluir al evaluar las causas de No Cumplimiento del proyecto LCT son:

- 1) El proyecto Lima Central Tower ha presentado incumplimientos debidos a su alto nivel de disponibilidad de las actividades, esto es, a la no conclusión oportuna en su ejecución con un 25%, explicado por la falta de coordinación en cada estamento del organigrama, seguido de mala programación de las actividades con un 20%, esto debido a la poca o mínima planificación de carácter Lookahead y semanal con análisis de restricciones, luego por retraso de materiales y equipos en fechas de entrega previstas pero no cumplidas con un 17%, así sucesivamente.

- 2) La razón por la cual es importante conocer la finalidad de la recopilación de las CNC o Causas de No Cumplimiento es aprender de los errores para evitar cometerlos y preverlos, el tener un registro de estos datos para tomar en cuenta en futuros proyectos.
- 3) En muchos casos si hacen un buen análisis de las causas de no cumplimiento se puede detectar el origen del por qué no se pudo ejecutar un trabajo, y más aún puede surgir causas que repercuten en la baja productividad del equipo de trabajo, esto forma parte de la metodología LPS.

Se concluye que mediante este análisis de las causas de no cumplimiento, el aporte que proporcionaría la implementación del LPS es de carácter premonitor de fallas o rupturas en la ejecución de las actividades ya que las causas de incumplimiento están estrechamente relacionadas al proceso de planificación y seguimiento que son explicadas por un 76% que comprende fallas en la planificación del suministro, la mano de obra, a la mala programación y disponibilidad de actividades, al superarse estas falencias le otorgaría la fluidez necesaria a cada etapa y flujo de actividades para culminarse dentro del plazo o mejorar las fechas pactadas.

8.1.3. Análisis comparativo con/sin uso del LPS

En la presente investigación se llevó a cabo un análisis comparativo para tres proyectos del mismo tipo muy similares que se desarrollaron entre los años 2014 al 2016, a continuación mostraremos los cuadros comparativos de los resultados reales Vs los resultados con la propuesta de Implementación del Last Planner System

Tabla N° 4.2: Resultados con/sin el uso del sistema LPS respecto del presupuesto - LCT

COMPARATIVO							
	PPTO	SIN LPS			CON LPS		
		2014*	2015**	REAL ACUMULADO	2014*	2015**	REAL ACUMULADO
Ingreso (S/.)	790,088	766,517	23,570	790,088	766,517	23,570	790,088
Costo Directo (MO +	609,130	655,987	22,326	678,313	618,713	22,326	641,039
MO	198,974	164,119	21,543	185,662	164,119	21,543	185,662
Suministro	410,155	491,868	783	492,651	454,594	783	455,377
Transporte		-	-		-	-	
GG	47,699	47,176	14,723	61,898	47,176	14,723	61,898
Imprevistos		-	-		-	-	
Total Costo	656,829	703,163	37,049	740,212	665,889	37,049	702,937
Utilidad	133,259	63,355	-13,478	49,876	100,629	-13,478	87,150
Margen (%)	17%	8%	-57%	6.31%	13%	-57%	11%
* 2014 Cifras relacionadas al arranque y desarrollo del proyecto.							
** 2015 Cifras relacionadas al cierre del proyecto.							

Fuente: Propia

En la tabla N° 4.2, se puede observar que se mejora el margen de utilidad real de 6,31% a un 11%, si bien en cierto no se logra el margen de utilidad ideal que fue el presupuestado, sin embargo, se logra aproximadamente el doble del margen real obtenido al final del proyecto, gracias a la mejor planificación a detalle y sesiones de coordinación logística producto del trabajo en equipo que promueve el Last Planner System.

Estas estimaciones con el sistema LPS se efectuaron sobre la base de modificaciones en el presupuesto meta, los resultados reales y el análisis de las causas de incremento de costos en los suministros de materiales los cuales pudieron evitarse durante la ejecución real del proyecto mediante una oportuna planificación según la metodología expuesta.

A modo de especificar el análisis en los hitos más relevantes en el proyecto Lima Central Tower encontrados de la propuesta de implementación del Sistema Las Planner System pudo haber mejorado los siguientes aspectos detallados en la Tabla N° 4.3, a saber:

Tabla N° 4.3: Mejoras potenciales con el sistema LPS

Oportunidades de Mejora aplicando el sistema LPS	
Importación	Al realizar un plan maestro con la PULL Sesión, la planificación intermedia (LOOKAHEAD) y los planes semanales se hubiera detectado de inmediato los puntos críticos, como realizar la compra de Importación de equipos a tiempo, se hubiese ahorrado ese 10% del factor de Importación
Envolvente Encloser	Aplicando el LPS se hubiera incluido esta validación del supervisión en el AER (Análisis y evaluación de restricciones) y se hubiera liberado para generar actividades libres de restricciones a fin de generar flujo de trabajo y al pedirse esto con tiempo se hubiera podido comparar y negociar descuento con más proveedores especialistas.
Cable de MT	Aplicando el LPS y el AER e identificando y levantando las CNC, se hubiera podido liberar frente de trabajo para no tener interferencias con otros contratistas a fin de realizar un solo replanteo general para consolidar un solo metrado de cable de MT, con ello se hubiera tenido mayor descuento con el fabricante por ser un compra de volumen mayor.

Fuente: Propia

Tabla N° 4.4: Resultados con/sin el uso del sistema LPS respecto del presupuesto –IBIS

COMPARATIVO			
	PPTO	SIN LPS	CON LPS
		REAL ACUMULADO	REAL ACUMULADO
Ingreso (S/.)	335,507	335,507	335,507
Costo Directo	253,307	275,171	267,926
MO	112,300	121,262	121,262
Suministro	141,006	153,909	146,665
Transporte		0	0
GG	27,752	23,671	23,671
Imprevistos		0	0
Total Costo	281,058	298,842	291,597
Utilidad	54,449	36,665	43,910
Margen (%)	16.23%	10.93%	13.09%

Fuente: Propia

En la tabla N° 4.4, se puede observar que se mejora el margen de utilidad real de 10,93% a un 13,09%, si bien en cierto no se logra el margen de utilidad ideal que fue el presupuestado, sin embargo, se logra aproximadamente el doble del margen real obtenido al final del proyecto, gracias a la mejor planificación a detalle y sesiones de coordinación logística producto del trabajo en equipo que promueve el Last Planner System.

Estas estimaciones con el sistema LPS se efectuaron sobre la base de modificaciones en el presupuesto meta, los resultados reales y el análisis de las causas de incremento de costos en los suministros de materiales los cuales pudieron evitarse durante la ejecución real del proyecto mediante una oportuna planificación según la metodología expuesta.

A modo de especificar el análisis en los hitos más relevantes en el proyecto Lima Central Tower encontrados de la propuesta de implementación del Sistema Las Planner System pudo haber mejorado los siguientes aspectos detallados en la Tabla N° 4.5, a saber:

Tabla N° 4.5: Mejoras potenciales con el sistema LPS

Oportunidades de Mejora aplicando el sistema LPS	
Importación	Al realizar un plan maestro con la PULL Sesión, la planificación intermedia (LOOKAHEAD) y los planes semanales se hubiera detectado de inmediato los puntos críticos, como realizar la compra de Importación de equipos a tiempo, se hubiese ahorrado ese 10% del factor de Importación
Cable de MT	Aplicando el LPS y el AER e identificando y levantando las CNC, se hubiera podido liberar frente de trabajo para no tener interferencias con otros contratistas a fin de realizar un solo replanteo general para consolidar un solo metrado de cable de MT, con ello se hubiera tenido mayor descuento con el fabricante por ser un compra de volumen mayor.

Fuente: Propia

Tabla N° 4.6: Resultados con/sin el uso del sistema LPS respecto del presupuesto –
EDIFICIO ICHMA

COMPARATIVO			
	PPTO	SIN LPS	CON LPS
Ingreso (S/.)	340,564	340,564	335,507
Costo Directo	255,463	282,766	266,949
MO	29,076	30,465	30,465
Suministro	226,387	252,301	236,483
Transporte			0
GG	25,777	22,184	22,184
Imprevistos		0	0
Total Costo	281,240	304,950	289,132
Utilidad	59,324	35,614	46,375
Margen (%)	17.42%	10.46%	13.82%

Fuente: Propia

En la tabla N° 4.6, se puede observar que se mejora el margen de utilidad real de 10,46% a un 13,82%, si bien en cierto no se logra el margen de utilidad ideal que fue el presupuestado, sin embargo, se logra aproximadamente el doble del margen real obtenido al final del proyecto, gracias a la mejor planificación a detalle y sesiones de coordinación logística producto del trabajo en equipo que promueve el Last Planner System.

Estas estimaciones con el sistema LPS se efectuaron sobre la base de modificaciones en el presupuesto meta, los resultados reales y el análisis de las causas de incremento de costos en los suministros de materiales los cuales pudieron evitarse durante la ejecución real del proyecto mediante una oportuna planificación según la metodología expuesta.

A modo de especificar el análisis en los hitos más relevantes en el proyecto Lima Central Tower encontrados de la propuesta de implementación del Sistema Las Planner System pudo haber mejorado los siguientes aspectos detallados en la Tabla N° 4.7, a saber:

Tabla N° 4.7: Mejoras potenciales con el sistema LPS

Oportunidades de Mejora aplicando el sistema LPS	
Importación	Al realizar un plan maestro con la PULL Sesión, la planificación intermedia (LOOKAHEAD) y los planes semanales se hubiera detectado de inmediato los puntos críticos, como realizar la compra de Importación de equipos a tiempo, se hubiese ahorrado ese 10% del factor de Importación
Cable de MT	Aplicando el LPS y el AER e identificando y levantando las CNC, se hubiera podido liberar frente de trabajo para no tener interferencias con otros contratistas a fin de realizar un solo replanteo general para consolidar un solo metrado de cable de MT, con ello se hubiera tenido mayor descuento con el fabricante por ser un compra de volumen mayor.

Fuente: Propia

8.2. Conclusiones

8.2.1. Conclusiones finales

Se lograr evidenciar en los tres proyectos que tomamos de muestra que mediante la implementación del sistema Last Planner System es posible la mejora en la gestión logística en el área de Obras Industriales de la empresa CAM, esto a razón de generar una mejor utilidad al final del proyecto, para el proyecto LCT pasando de un 6,31% obtenido mediante la planificación convencional de la empresa frente a un 11% con la propuesta de Last Planner System como lo muestra la Tabla N° 4.2.

Para el proyecto IBIS pasando de un 10,93% obtenido mediante la planificación convencional de la empresa frente a un 13,09% con la propuesta de Last Planner System como lo muestra la Tabla N° 4.4.

Para el proyecto ICHMA pasando de un 10,46% obtenido mediante la planificación convencional de la empresa frente a un 13.82% con la propuesta de Last Planner System como lo muestra la Tabla N° 4.6

De igual forma, el sistema LPS contribuye al cumplimiento de los plazos de entrega si es que se utilizan los niveles de planificación señalados, el oportuno análisis de riesgos y restricciones dentro de cada fase, y efectúa el respectivo análisis de las causas de no cumplimiento para evitar interrupciones en el flujo de actividades.

Se concluye que el sistema LPS puede influir positivamente en las adquisiciones de bienes y servicios de un proyecto del área de obras industriales, evitando sobrecostos al anticipar los requerimientos y al evitar sobrecostos en la ejecución.

En cuanto al cumplimiento de los plazos, el sistema LPS estima una reducción de plazos de entrega de bienes y servicios significativa para el proyecto analizado puesto que el 76% de sus causas de incumplimiento están estrechamente relacionadas a procesos de planificación y seguimiento de las actividades como lo muestra la Figura 4.2, a pesar de ello el proyecto LCT terminó dentro del plazo señalado, no obstante se incurrió en costos mayores de suministro como se observa en la Tabla N° 3.6.

El sistema LPS mejora la gestión logística puesto que supera falencias notorias del sistema de gestión convencional, el cual no planifica adecuadamente, no hace uso de reuniones participativas ni fomenta el compromiso de los miembros.

Finalmente, se puede concluir que es factible aplicar el sistema LPS en los proyectos del área de obras industriales puesto que la metodología expuesta así lo permite, ésta ofrece un número de herramientas que facilitan su entendimiento y aplicación, y a modo de viabilizar su fácil implementación se ha diseñado formatos (ver Anexo N°2) que permiten cumplir con este objetivo. A la vista de los resultados económicos alcanzados se pone de manifiesto su importancia, y propicia su pronta implementación en próximos proyectos, esto es posible mediante una asimilación total del enfoque por parte de los equipos de trabajo, jefaturas y gerencias que contribuirá a elevar sus márgenes económicos y a la competitividad de la empresa CAM en su sector.

8.3. Recomendaciones

8.3.1. Recomendaciones finales

Sobre la base de la investigación realizada aún quedan temas vinculados a profundizar y también aspectos por ampliar en la implementación del sistema Last Planner System. Las propuestas para futuras investigaciones que se presentan son:

- Poner en práctica cada una de las fases y actividades expuestas a la pronta adjudicación de un proyecto por parte del área de obras industriales u otra área de la empresa CAM, de esta manera se logra evidenciar la adaptabilidad o las restricciones que podría presentar la metodología del Last Planner System en un rubro como el de servicios de ingeniería eléctrica y telecomunicaciones.
- Hacer uso de las herramientas expuestas que facilitan su implementación y generar sesiones para revisar la metodología y éstas herramientas de manera que se inicie un ciclo interno de mejora continua respecto del uso del sistema LPS para los proyectos ejecutados por el área de obras industriales y otras áreas pertenecientes a la empresa CAM.
- Otra forma de validar la aplicabilidad del sistema LPS en la empresa es mediante la medición de su impacto en la productividad de las unidades de trabajo, realizando cálculos de rendimientos, ratios de productividad y evaluar mejoras respecto de un sistema de trabajo tradicional a través del uso de cartas balance y hojas resumen de indicadores de productividad.

REFERENCIAS

Alarcón, L. (2002). *Collaborative Implementation of Lean Planning Systems in Chilean Construction Companies*. Gramado – Brasil: IGLC-10.

Aoyama, R., & Schwarz, G. (2005). *Modeling the impact of business-to-business electronic commerce on the organization of logistics industry*.

Ballard, G., & Howell, G. . (2004). *An Update on Last Planner. Proceeding For the 11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-11)*, Blacksburg, USA: Blacksburg, VA.

Ballard, G., & Howell, G. (2003). *Lean Project Management, Building Research & Information*.

Cuatrecasas Arbós, L. (2012). *Logística. Gestión de la Cadena de Suministros*. Madrid: Díaz de Santos.

Escudero Serrano, M. J. (2013). *Gestión Logística y Comercial*. España: Paraninfo.

Jones, D., & Womack, J. (2012). *Lean Thinking*. España: Gestión 2000.

Koskela, L. (1992). *Aplication of the New Production Philosophy to Construction*. Universidad de Standford EE.UU. : CIFE Technical Report # 72.

Koskela, L., Alsehaimi,, A., & Tzortzopoulos, P. (2009). *Last Planner System: Experiences From Pilot Implementation In The Middle East*. Taipen - Taiwan: IGLC-17.

Lean Project Consulting. (27 de abril de 2016). *Think Productivity*. Obtenido de Think Productivity: <https://www.youtube.com/watch?v=L9bnhq1e2xY>

Lledó, P. (2014). *Gestión Lean y Ágil de Proyectos*. Estados Unidos: Pablo Lledó.

Miranda Casanova, D. (2012). *Implementación del Sistema Last Planner en una habilitación urbana*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

PMI. (2013). A Guide to the Project Management Body of Knowledge. En P. M. Institute, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge* (págs. Tabla 3-1, 61). PMOBK Guide.

Ponz Tienda, J., Cerveró Romero, F., & Alarcón Cárdenas, L. (2013). *Last Planner System Un caso de estudio*. España: Escuela Técnica Superior Ingeniería de Edificación.

2000*The Last Planner System of Production Control*BirminghamA PhD, School of Civil Engineering, University of Birmingham, 3-1.

Villacorta Chirinos, L. H. (2015). *Impacto de la logística en la reducción de tiempos operativos y costos en proyectos en BISA Construcción S.A*. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte.

WOMACK, J. J. (1990). *The Machine That Changed The World: The Story Of Lean Production*. New York, EE.UU.

ANEXOS

Anexo N.º 1: Imágenes del Proyecto Lima Central Tower

Áreas de Trabajo en LCT	Imágenes
<p>Inicio del proyecto</p>	
<p>Azotea</p>	

<p>Bancada sótano</p>	
<p>Conexión de celdas sótano</p>	

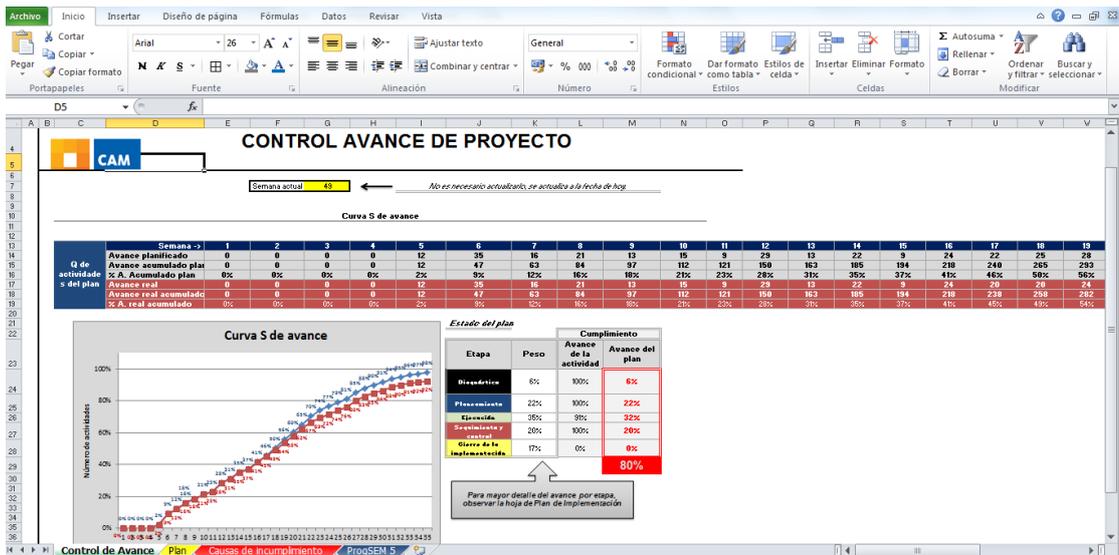
<p>Ingreso de equipos a sótano</p>	
<p>Interferencia Azotea</p>	

<p>Modelo azotea</p>	
<p>Montaje de bandejas</p>	
<p>Montaje de equipos en azotea</p>	

<p>Montaje de equipos en sótano</p>	
<p>Sótano final</p>	

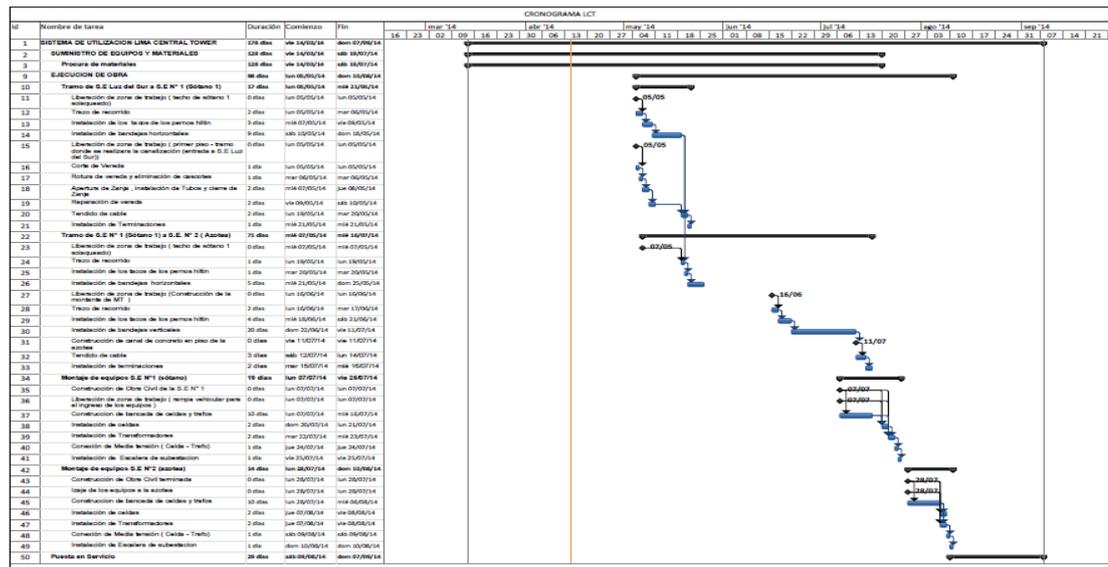
Anexo N.º 2: Formatos útiles para uso del sistema LPS

Figura N.º 4.3: Formato de PPC de Proyecto LPS en MS Excel



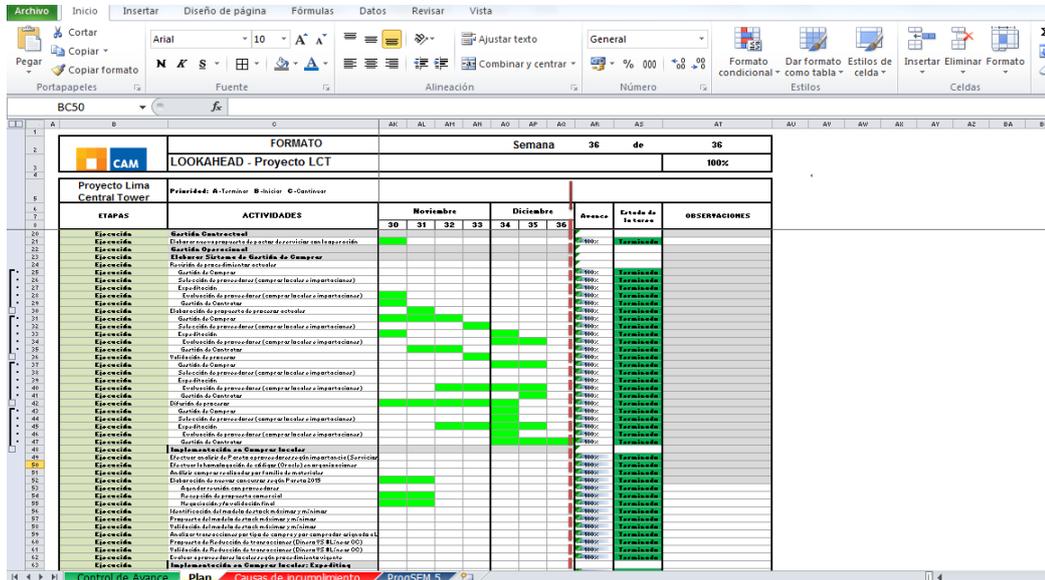
Fuente: Propia

Figura N.º 4.4: Formato de Plan Maestro de Proyecto LPS en MS Project



Fuente: Propia

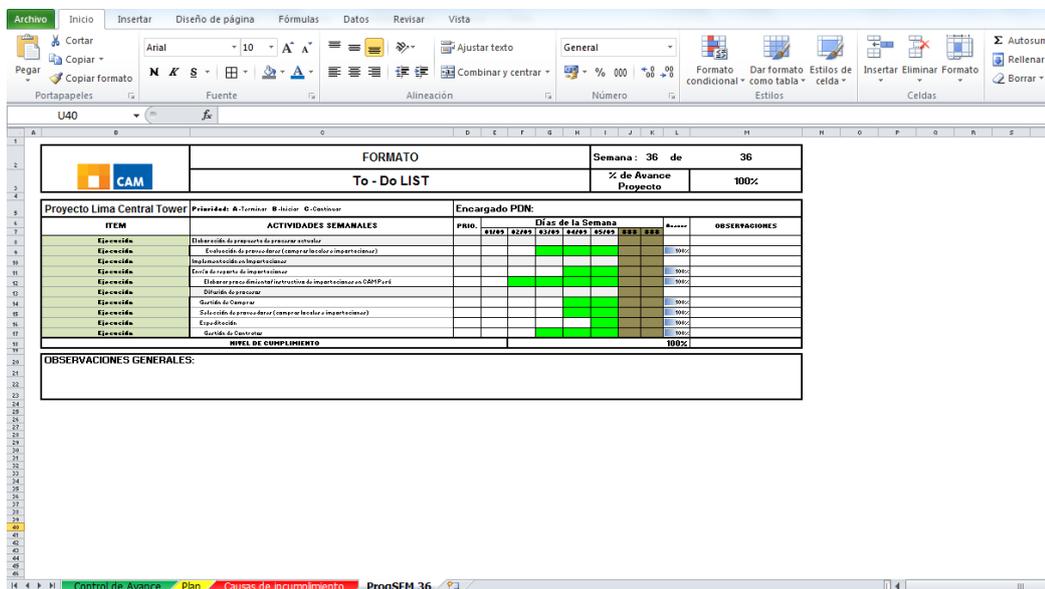
Figura N° 4.5: Formato de Lookahead Planning de Proyecto LPS en MS Excel



The screenshot shows an Excel spreadsheet with a Gantt chart for 'Proyecto Lima Central Tower'. The chart displays activities from November 30 to December 31. The status is 100% complete. The interface includes the standard Excel ribbon and a taskbar at the bottom with 'Control de Avance', 'Plan', 'Causas de incumplimiento', and 'ProgSEM 5'.

Fuente: Propia

Figura N° 4.6: Formato de Weekly Planning o To Do List en MS Excel

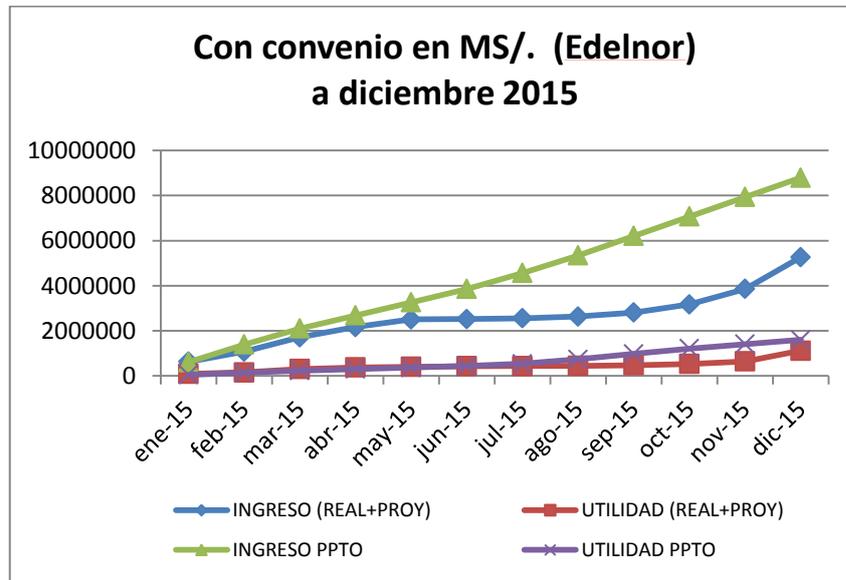


The screenshot shows an Excel spreadsheet with a 'To-Do List' for 'Proyecto Lima Central Tower'. It lists weekly activities with columns for priority (P1-P5) and completion status. The status is 100% complete. The interface includes the standard Excel ribbon and a taskbar at the bottom with 'Control de Avance', 'Plan', 'Causas de incumplimiento', and 'ProgSEM 36'.

Fuente: Propia

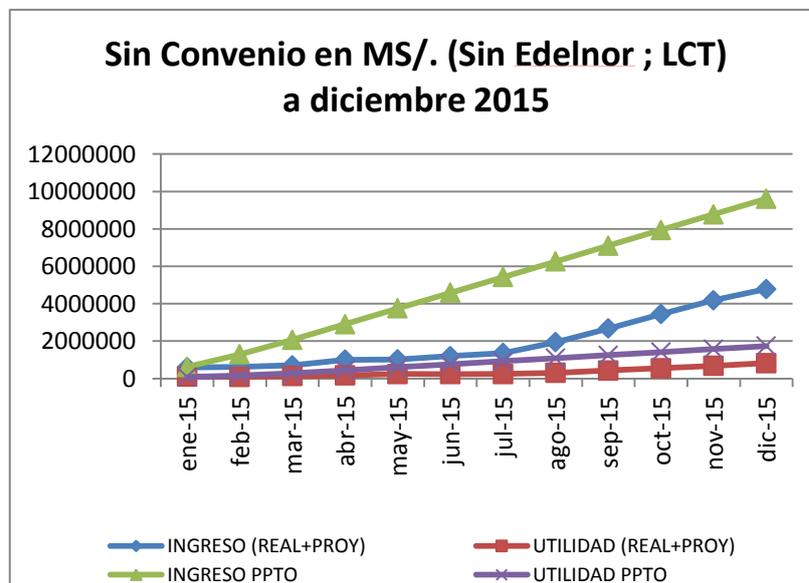
Fuente: Propia

Figura N°4.9 : Resultados con convenio al cierre 2015



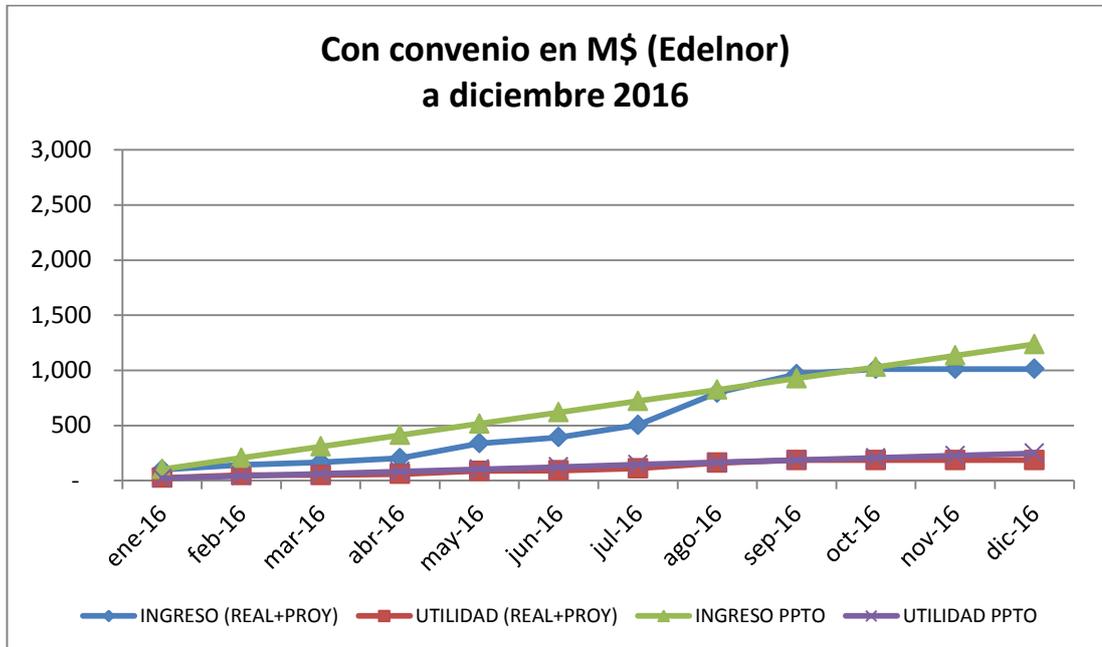
Fuente: Propia

Figura N° 4.10: Resultados sin convenio al cierre 2015



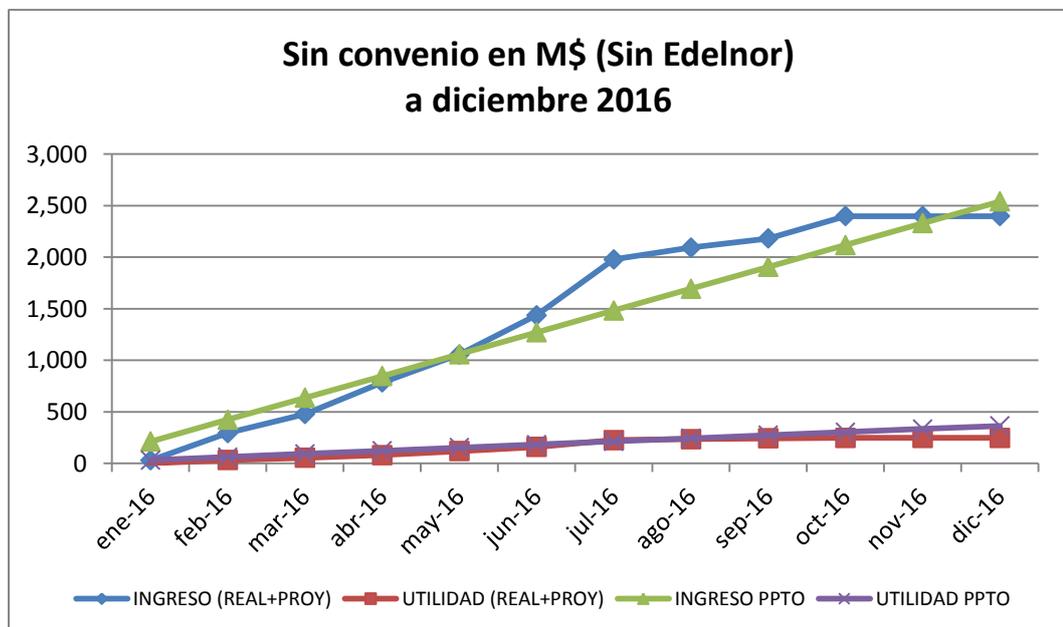
Fuente: Propia

Figura N° 4.11: Resultados con convenio al cierre 2016



Fuente: Propia

Figura N° 4.12: Resultados sin convenio al cierre 2016



Fuente: Propia