

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO CIVIL**

**APLICACIÓN DE UN SISTEMA LOGISTICO UTILIZANDO LAST PLANNER  
SYSTEM® INCREMENTANDO LA RENTABILIDAD OPERATIVA DEL EDIFICIO  
MULTIFAMILIAR LOS CLAVELES DE LA EMPRESA CONSTRUCTORA  
REPRESENTACIONES DACA S.A.C.**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: GESTIÓN DE PROYECTOS**

**AUTORES** : Bch. Burga Villanueva, Carlos Eduardo  
Bch. Cuadros Valverde, Tathiana Vanessa

**ASESOR** : Ms. Vargas Cárdenas, Carlos Manuel

**TRUJILLO, DICIEMBRE DEL 2015**

## DEDICATORIAS

*DOY GRACIAS:*

*A DIOS*

*Porque regalarme la vida y darme la oportunidad de poder lograr mis metas, por ser mi guía y mi protector todo el tiempo, y por bendecirme en cada proyecto que empiezo.*

*A MI ABUELITA:*

*Mónica, el angelito que siempre me protege, a la segunda madre, que me inculco muchas cosas valiosas para mi vida y me enseñó a amar a Dios sobre todas las cosas, sé que estas feliz por mí y que siempre estuviste a mi lado, te amo.*

*A MI AMADA MADRE:*

*Marta, eres la mujer más extraordinaria de todas, eres la persona que más admiro en el mundo, la mejor madre que puede existir, gracias por tu apoyo y tu enorme esfuerzo, por la confianza, el respaldo y el inmenso amor que me das. Esto es fruto de tu esfuerzo, es nuestro logro.  
TE AMO.*

*A MI HERMANA:*

*Valeria, por ser partícipe de mis logros, por ser mi motivo para ser mejor persona cada día y darme su cariño incondicional.*

*A MI NOVIO:*

*Jose, gracias por formar parte de mi vida, por tu gran apoyo, paciencia y cariño que siempre me ofreces.*

*A MIS AMIGOS:*

*Gracias por estar siempre conmigo, son mi segunda familia y me siento bendecida por tener amigos como ustedes.*

*Tathiana Vanessa Cuadros Valverde.*

*A MI MADRE:*

*Silvia, que en paz descanse, y que gracias a su amor, trabajo, sacrificio y esfuerzo, han permitido que pueda estudiar esta hermosa carrera, y poder ser profesional y aunque no esté físicamente a mi lado, yo sé que está observándome y orgullosa de lo que estoy logrando.*

*TE AMO MAMÁ*

*A MIS HERMANAS:*

*Cynthia y Katherine, de quienes me han brindado su apoyo y fortaleza cuando más lo necesitaba, y me han servido de ejemplo a seguir para cumplir mis metas,*

*GRACIAS HERMANITAS*

*A MIS ABUELOS Y TIOS:*

*Me apoyaron anímicamente, y que gracias a su cariño no siento que hago esto solo, todas mis metas cumplidas también van dedicadas a ellos,*

*GRACIAS*

*A MIS AMIGOS:*

*Por siempre apoyarme y ayudarme, y por la actitud positiva que me brindan.*

*GRACIAS*

*Burga Villanueva Carlos Eduardo.*

## **A G R A D E C I M I E N T O**

*Al ingeniero Carlos Manuel Vargas Cárdenas, por regalarnos su amistad y brindarnos todo el apoyo posible para realizar esta tesis, por ser parte de nuestra formación universitaria y profesional. Con cariño y mucho respeto esperamos Dios lo bendiga siempre y esperamos que siga brindando su conocimiento y formando personas que sean díganos de llamarse ingenieros civiles Upao.*

*A nuestras amadas familias, que sin el apoyo de ellas esto nunca hubiese sido posible, gracias por su paciencia y apoyo en todo momento, todo lo que somos se lo debemos a ustedes.*

**Los Autores.**

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIAS.....	I
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE GENERAL .....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE CUADROS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	VIII
RESUMEN .....	IX
SUMMARY .....	X
I. INTRODUCCION.....	1
1.1. Antecedentes y Justificación .....	4
1.1.1. Antecedentes: .....	4
1.1.2. Justificación .....	8
1.2. Formulación del problema .....	8
1.3. Objetivos .....	9
1.3.1. Objetivos Generales .....	9
1.3.2. Objetivos Específicos.....	9
1.4. Hipótesis:.....	9
1.4.1. Variable Independiente: .....	9
1.4.2. Variable Dependiente: .....	9
1.5. MARCO TEÓRICO .....	10
1.5.1. La Logística y su Evolución: .....	10
1.5.2. La Cadena Logística y su Estructura .....	11
1.5.3. Gestión Logística: .....	13
1.5.4. La Logística en la Construcción .....	13
1.5.5. Abastecimiento: .....	14
1.5.6. Suministro .....	15
1.5.7. Ciclo Logístico.....	18
1.5.8. Valor Agregado.....	19
1.5.9. Herramientas para la Selección de Insumos .....	19
1.5.10. Lean Construction (LC) (Construcción sin Pérdidas).....	19
1.5.11. Lean Production (Producción sin pérdidas):.....	20

1.5.12. Lean Construction Institute (Instituto De La construcción Lean) .....	25
1.5.13. Lean Supply (Abastecimiento Sin Pérdidas) .....	28
1.5.14. El Last Planner System .....	31
1.5.15. Rentabilidad .....	40
1.5.16. Lead Time (Tiempo De Entrega).....	41
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>43</b>
2.1. Tipo de Investigación .....	43
2.2. Población y Muestra.....	43
2.3. Metodología .....	43
2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos .....	44
2.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos .....	44
2.6. Procedimiento.....	44
2.6.1. Recolección de información .....	44
2.6.2. Características del Proyecto .....	44
2.6.3. Procesamiento de información.....	56
2.6.4. Análisis de la información .....	56
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>58</b>
3.1. Resultados Cualitativos .....	58
3.1.1. Entrevista a Profundidad.....	58
3.1.2. Observación Directa.....	62
3.2. Resultados Cuantitativos de la Tesis .....	62
3.2.1. Planificación según Lean Construction .....	62
<b>IV. DISCUSION DE RESULTADOS.....</b>	<b>78</b>
4.1. Lead Time .....	78
4.2. Rutas de Proceso Logístico: .....	79
4.3. Propuesta de Mejora.....	87
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>95</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>97</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>98</b>
<b>VIII. ANEXOS .....</b>	<b>99</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Ilustración 1 Logística de la Construcción</i>	14
<i>Ilustración 2 Cadena de Suministro</i>	17
<i>Ilustración 3 Triángulo del Proceso de la Logística</i>	18
<i>Ilustración 4 Ciclo Logístico</i>	18
<i>Ilustración 5 Clasificación de las actividades según Lean Production</i>	21
<i>Ilustración 6 Modelo de flujo de procesos</i>	21
<i>Ilustración 7 Lean Project Delivery System</i>	27
<i>Ilustración 8 Lean Project Delivery System</i>	30
<i>Ilustración: 9 application of the new Production Philosophy to Construction</i>	32
<i>Ilustración 10: Esquema del procedimiento del Sistema Last Planner</i>	34
<i>Ilustración 11: Programa de Construcción de Vivienda por Barras</i>	36
<i>Ilustración 12: Rentabilidad Operativa o Rentabilidad del Activo</i>	41
<i>Ilustración 13: Evaluación del Proyecto</i>	45
<i>Ilustración 14: Corte del Proyecto</i>	46
<i>Ilustración 15: Secciones del Proyecto</i>	48
<i>Ilustración 16: (Planta Típica)</i>	49
<i>Ilustración 17</i>	52
<i>Ilustración 18: Organigrama de empresa Representaciones DACA S.A.C.</i>	59
<i>Ilustración 19: Organigrama de la Obra Los Claveles</i>	61
<i>Ilustración 20: Proceso logístico de Inversiones DACA S.A.C.</i>	62
<i>Ilustración 21: Concreto en Verticales</i>	63
<i>Ilustración 22: Encofrado de Verticales</i>	63
<i>Ilustración 23: Acero de verticales</i>	64
<i>Ilustración 24: Concreto en Vigas</i>	64
<i>Ilustración 25: Encofrado en vigas</i>	65
<i>Ilustración 26: Acero en vigas</i>	65
<i>Ilustración 27: Concreto en losas y escalera</i>	66
<i>Ilustración 28: Encofrado en losa y escalera</i>	66
<i>Ilustración 29: Acero en losa y escaleras</i>	67
<i>Ilustración 30: Ruta 1</i>	81
<i>Ilustración 31: Ruta 2</i>	82
<i>Ilustración 32: Ruta 3</i>	83
<i>Ilustración 33: Ruta 4</i>	84
<i>Ilustración 34: Ruta 5</i>	85
<i>Ilustración 35: Ruta 6</i>	86
<i>Ilustración 36: Rentabilidad por piso</i>	93
<i>Ilustración 37: Diferencial</i>	93

-



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Cuadro de Áreas .....	48
Cuadro 2: Rendimiento de Acero en Muros .....	50
Cuadro 3; Rendimiento de Encofrado de Muros .....	50
Cuadro 4: Rendimiento de Concreto en Muros .....	50
Cuadro 5: Rendimiento de Acero en Columnas .....	51
Cuadro 6: Rendimiento de Encofrado de Columnas.....	51
Cuadro 7: Rendimiento de Concreto en Columnas.....	51
Cuadro 8: Rendimiento de Acero en Vigas .....	52
Cuadro 9: Rendimiento de Encofrado de Vigas .....	53
Cuadro 10: Rendimiento de Concreto en Columnas.....	53
Cuadro 11: Rendimiento de acero de losa maciza .....	53
Cuadro 12: Rendimiento de encofrado de losa maciza.....	54
Cuadro 13: Rendimiento de concreto en losa maciza .....	54
Cuadro 14: Rendimiento de acero de escalera.....	55
Cuadro 15: Rendimiento de encofrado de escalera.....	55
Cuadro 16: Rendimiento de contreto en escalera .....	55
Cuadro 17: Metrado por Sectoren Verticales .....	64
Cuadro 18: Metrado por sector en vigas .....	65
Cuadro 19: Metrado por sector en losas .....	67
Cuadro 20: Metrado por sector en escaleras.....	67
Cuadro 21: Datos de la empresa .....	78
Cuadro 22: Datos de la empresa .....	79
Cuadro 23: Costo de cada Procedimiento Logístico .....	79
Cuadro 24: Rutas de cada Procedimiento Logístico .....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Producción Convencional y Producción Lean .....	33
Tabla 2: Cálculo de trenes de trabajo para un día de un sector .....	68
Tabla 3: Tren de actividades de Planta Típica (3er a 6to piso) .....	71
Tabla 4: Lookahead de Producción.....	72
Tabla 5: Planta Típica Lookahead de Materiales (Suministro a Obra) .....	73
Tabla 6: Cuadro de Recursos Críticos.....	75
Tabla 7: Cuadro de Recursos Alta Rotación .....	76
Tabla 8: Cantidad de Uso según tipo de Recurso .....	77
Tabla 9: Pedido de material para planta típica.....	87
Tabla 10: Costo de pedidos de la Empresa sin Cotización ni Selección de Proveedores .....	87
Tabla 11: Pedido de material para planta típica Escenario 1.....	88
Tabla 12: Costo de pedidos de la Empresa sin Cotización ni Selección de Proveedores .....	88
Tabla 13: Pedido de material para planta típica Escenario 2.....	89
Tabla 14: Costo de pedidos de la Empresa sin Cotización ni Selección de Proveedores .....	89
Tabla 15: Cuadro Comparativo entre la Empresa y la Propuesta de mejora .....	89
Tabla 16: Rendimiento de Encofrado.....	90
Tabla 17: Rentabilidad por Método Last Planner System® .....	91
Tabla 18: Rentabilidad por Método Tradicional .....	92
Tabla 19: Rentabilidad Operativa.....	92

## RESUMEN

Esta Tesis tiene como propósito fundamental ayudar a mejorar el Sistema Logístico elaborando una propuesta para Incrementar la Rentabilidad Operativa del edificio multifamiliar los claveles de la empresa Constructora Representaciones Daca S.A.C. A partir de entrevistas a profundidad realizadas a los encargados de área logística y al residente de obra del “Edificio multifamiliar Los Claveles”, se recolectó los datos necesarios para determinar el proceso logístico que realizaba la empresa antes mencionada; también se realizó observaciones directas en obra, en la que se pudo observar todo el proceso constructivo que realiza la empresa.

Para el desarrollo de la tesis se usó la metodología Last Planner System<sup>®</sup> (Sistema del Último Planificador) de la filosofía Lean Construction (Construcción sin Pérdida), realizando una sectorización del 3 hasta la azotea del Edificio los Claveles, para luego elaborar los trenes de actividades y en base a esto se elaboró los Lookahead de materiales y de Producción. Teniendo como base estos resultados y los datos obtenidos de la empresa, se elaboraron los Lead Time (Plazo de abastecimiento), con los que se puede saber las fechas en la que se puede hacer los pedidos de materiales y evitar el incremento de los costos del proyecto y la empresa.

El resultado obtenido para la mejora de los procesos logístico, producto de la aplicación del Last Planner System (Sistema del Último Planificar), significó un ahorro del 45% comparado los costos del proceso Logístico tradicional de la empresa en estudio con los costos del proceso Logístico de nuestra propuesta.

Con la implementación de la propuesta y una adecuada gestión, se garantiza un mejor control de los materiales, y la disminución de los costos logísticos, y con una correcta aplicación la Empresa Constructora Representaciones Daca S.A.C. Tendrán mayores beneficios, generando así, una ventaja competitiva.

## SUMMARY

This thesis has as main purpose to help improve the logistics system working on a proposal to increase the operating profitability Empresa Constructora Representaciones Daca S.A.C. From depth interviews logisticians to the area and the building supervisor of the "Edificio Multifamiliar Los Claveles", the necessary data was collected to determine the logistics process being conducted by the aforementioned company, direct observations were also made on site, in which I ask to observe the whole construction process undertaken by the company.

For the development of the thesis the Last Planner System<sup>®</sup> (Last Planner System) methodology Lean Construction philosophy (Construction lossless) was used, making a segmentation of 3 to 7 floor of Edificio Los Claveles , and then formulate trains activities and based on this the Lookahead of materials and production was developed. On the basis of these results and the data obtained from the company they developed the Lead Time (time supply), with which you can know the dates on which orders can be made of materials and avoid increased project costs and the company.

The results for the improvement of logistics processes resulting from the application of the Last Planner System (Last Planning System), mean a saving of 45% compared to the costs of traditional enterprise logistics process in studio with logistics costs of our process proposal.

With the implementation of the proposal and appropriate management ensures better control of materials, and reduced logistics costs, and proper application Empresa Constructora Representaciones Daca S.A.C will have higher profits, thus creating a competitive advantage.

## I. INTRODUCCION

Ya es frase obligada resaltar la importancia económica de la industria de la construcción y su incidencia en el crecimiento mismo de un país, pero en general la percepción es que la construcción es un sector poco productivo y de calidad dudosa dada la baja especialización que poseen los trabajadores del sector.

Es por eso que a través de la construcción se satisface las necesidades de la infraestructura de la mayoría de las actividades económicas y sociales de un país, como los requerimientos de vivienda de la población. Este sector consume una cantidad importante de recursos públicos y privados, pues usa mano de obra intensivamente, y genera mucha otras actividades directas o indirectas. Pero paradójicamente la construcción ha mantenido tradicionalmente muchos paradigmas fuertemente arraigados en cuanto al diseño y a los procesos constructivos manteniéndonos como uno de los sectores más atrasados en Latinoamérica en comparación con la industria constructiva en países desarrollados. Esta cultura se ha sostenido gracias a que por ahora los métodos usados en esta industria resuelven razonablemente bien los problemas del pasado.

Esto se evidencia como un conjunto de variadas deficiencias y falta de efectividad que da como resultado los conocidos problemas de incumplimiento de plazos, baja calidad, altos costos se han mantenido inamovibles.

En contraste con este horizonte se ha empezado a generar una creciente preocupación por el mejoramiento de la productividad, haciendo más eficientes aquellas actividades de transformación que agregan valor al producto en directa relación con la satisfacción de los requerimientos del cliente. Por tanto el mejoramiento de los procesos constructivos se han centrado en la eliminación de todas aquellas actividades, metodologías, políticas que generen despilfarros de recursos que generan costos directos e indirectos y que no agregan valor para el cliente. Estas son consideradas como desperdicios y por ende como generadora de pérdidas por tanto el esfuerzo y estrategias de mejoramiento a su identificación, seguimiento y a la erradicación de sus causas.

Basado en los problemas antes mencionados hace que haya en la Libertad una elevada competencia en este sector, por lo que la empresa Constructora Representaciones Daca S.A.C., busca implementar la metodología Last Planner System<sup>®</sup> y así poder incrementar su rentabilidad mediante la mejora de los procesos logísticos.

La disminución de los costos se obtiene mediante la eficacia de los procesos constructivos; eficiencia en el proceso de adquisiciones (Abastecimiento), distribución y manejo de los insumos en obra (Suministro), etc., lo cual se puede lograr con una logística eficiente.

A la explicación anterior, se debe añadir que la eficacia de los procesos constructivos y la eficiencia de la logística dependen de una adecuada definición durante la etapa de diseño y planificación, debido a que muchos problemas suceden durante la ejecución de la obra se generan por errores u omisiones en las etapas antes mencionadas. No se diseña pensando en cómo se hará el proceso constructivo o no se definen exactamente los tipos de insumos a usar por lo que se tienen que hacer cambios durante la obra.

A parte de los problemas mencionados, la logística de muchas de las empresas está plagada de prácticas erróneas, entre las que mencionaremos a continuación:

- Selección de insumos en base al menor precio dejando de lado criterios cualitativos que pueden afectar la decisión final.
- La información no es transmitida como debería ser, siendo generalmente un “estimado” en vez de ser un dato exacto.
- Falta de un control del desempeño de los proveedores en obra.
- Falta de confianza y compromiso entre los proveedores y constructores que generan una fragmentación en la cadena de abastecimiento impidiendo que se puedan formar alianzas que generen mejores beneficios para ambos.

Estas prácticas erróneas así como la falta de definición en las etapas de diseño y planificación generan consecuencias en la construcción tal como lo señala Strategic Forum (Foro Estratégico) en su informe del 2005:

- Costos innecesarios: llamado también costos adicionales esto se genera debido a cambios de insumos durante la construcción y a las esperas de los trabajadores por la llegada a destiempo de los insumos.
- Pobre calidad: muchas veces la selección en base al menor costo conduce a que los subcontratistas no cumplan con los niveles de calidad requeridos por la empresa.
- Inclusive algunos productos, elegidos bajo esta consigna, pueden ocasionar fallas posteriores en la edificación y la disconformidad de los clientes.
- Incremento en el tiempo de entrega del proyecto: incumplimiento de los proveedores con las fechas pactadas.

Un medio para que la empresa logre ventajas competitivas e incremente su Rentabilidad es mediante la mejora del proceso logístico. Por este motivo, esta tesis trabaja sobre dos de las prácticas erróneas que se consideran más relevantes: Costos innecesarios y la falta de un sistema adecuado entre los proveedores y la empresa para evitar el incremento de tiempo de entrega del proyecto.

La presente tesis se enfocará en el análisis Lean Construction (Construcción sin Pérdidas). Donde se revisara las herramientas de Sectorización, Tren de Actividades, Last Planner System (Sistema del Ultimo Planificador) , mediante este sistema, la planificación no sólo se lleva con el cronograma general de la obra sino que se va a un nivel más detallado desarrollado por los mismos ejecutores de la obra usando la herramienta de Lookahead con la cual se planifica la ejecución de la obra con una proyección de 4 semanas hacia adelante aproximadamente, se analiza las restricciones de las actividades a ejecutar, ya que esto nos servirá para proponer una propuesta de mejora que contribuya en incrementar su rentabilidad operativa a la empresa mediante una adecuada gestión Logística.

A lo largo de la tesis, se irán presentando varios conceptos relacionados al Last Planner System® (Sistema del Ultimo Planificador) y a Lean Construction (Construcción sin Pérdidas), para poder entender mejor estos conceptos.

## **1.1. Antecedentes y Justificación**

### **1.1.1. Antecedentes:**

**ANTECEDENTE 1: IMPLEMENTACION DEL SISTEMA LAST PLANNER® EN UNA HABILITACION URBANA, Febrero del 2012; Autor: Daniel Miranda Casanova, Universidad Pontificia Católica del Perú, Facultad de Ingeniería Civil. Lima, Perú.**

Esta tesis tiene como propósito fundamental el poner en práctica las herramientas del sistema de planificación Last Planner System® con la finalidad de comprobar los beneficios que este sistema puede optar para el cumplimiento de plazos y confiabilidad en la planificación.

Básicamente plantea una modificación del sistema de gestión tradicional de la empresa en estudio, para que mediante esta modificación se pueda utilizar el Sistema Last Planner® y obtener resultados positivos luego de la retroalimentación al aplicarlo en obra, además de:

- Conocer los procesos de gestión y constructivos para una habilitación urbana.
- Proponer una modificación del sistema de gestión tradicional de la inmobiliaria.
- Conocer el Last Planner System®, implementarlo y aplicarlo.
- Analizar el proceso de implementación piloto para obtener una retroalimentación a fin de conocer los desafíos que se presentan al implementar este sistema.

Las **conclusiones** de la tesis son de:

Que se comprobó durante la implementación uno de los factores más importantes para lograr una implementación exitosa del LPS, es el compromiso y colaboración de los miembros del equipo de obra y que también este compromiso sea asumido por las jefaturas y gerencia de la empresa.

Mediante la aplicación del LPS se comprobó que se puede generar una programación semanal confiable, ya que previamente se realiza la liberación de restricciones lo cual nos asegura una buena probabilidad que la actividad será ejecutada. (Miranda Casanova, 2012)

**ANTECEDENTE 2: “DISMINUCIÓN DE COSTOS LOGÍSTICOS DE LA EMPRESA CONSTRUCTORA E INVERSIONES DEL PACIFICO S.A.C, EN LA OBRA CONJUNTO RESIDENCIAL ROMA, MEDIANTE LAST PLANNER SYSTEM® DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION”, Enero Del 2015, AUTORES Ledy Carbajal Cueva, Junnior Nelson Cruz Polo, Universidad Privada Antenor Orrego.**

Esta tesis tiene como objetivo principal la de elaborar una propuesta de disminución de costos logísticos en la obra Conjunto Residencial Roma, mediante Last Planner System de la filosofía lean Construction.

- Elaborar la programación de la obra Conjunto Residencial Roma mediante Last Planner System (Sistema del Último Planificador).
- Tabular La tabla de abastecimiento calendarizado de los proveedores, La tabla de suministro calendarizado a la obra y el Cuadro de disminución de costos en la utilización Last Planner System (Sistema del Último Planificador).
- Generar los Lead Time (plazos de abastecimiento) en lo referente a: Identificación, Pedido, Cotización, Comparativas, Aprobación, Orden de compra y entrega.
- Formular los cuadros de Recursos Críticos.
- Formular los cuadros de recursos Estándares.
- Elaborar los cuadros de recursos de Alta Rotación.
- Elaborar un cuadro comparativo entre los costos Logísticos de la Empresa con la Propuesta de mejora

**Conclusiones:** El resultado más relevante producto de la aplicación del Last Planner System (Sistema del Último Planificador) logró un ahorro significativo del 60.08% comparando el costos del proceso logístico tradicional de la empresa Constructora e inversiones del Pacifico S.A.C. con el costo Logístico de la propuesta.



**ANTECEDENTE 3: Propuesta de “DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA DE COSTOS PARA MAXIMIZAR LA RENTABILIDAD OPERATIVA EN PUERTO CORSAIN, UBICADO EN PUNTA GORDA, DEPARTAMENTO DE LA UNIÓN”. Mario Alsides Vásquez Cruz, Alejandro Salvador Ventura Moreno y Oscar Armando Ramírez Ramírez (2010). Universidad de Oriente (UNIVO). El Salvador.**

Esta tesis trata de proponer una estructura de costos flexible, a través del diseño de un modelo genérico de costeo ABC, aplicando esta herramienta a la información financiera histórica y proyectada, para tomar decisiones encaminadas a mejorar el nivel de utilidades sobre los ingresos totales en Puerto CORSAIN.

Además tiene como objetivos:

- Proponer una estructura de costos flexible que ayude a la toma de decisiones para mejorar el nivel de rentabilidad operativa sobre los ingresos brutos en Puerto CORSAIN.
- Aplicar el modelo ABC a la información financiera histórica y proyectada de Puerto CORSAIN, que sirva de base para la estructura de costos.

**Conclusiones:** Al aplicar el modelo de Costos por Actividades, ABC, a los Estados Financieros de Puerto CORSAIN, se puede concluir lo siguiente:

- Se puede afirmar que efectivamente es un sistema que arroja información relevante para tomar decisiones tendientes a la mejora de la rentabilidad operativa de la empresa.
- Se puede comprobar que existen actividades de apoyo que absorben el 20% de los recursos, las cuales pueden ser susceptibles de administrar para mejorar la rentabilidad operativa.
- Se puede verificar que, a pesar de la pérdida operativa global de la organización, existen unidades de negocios que le generan rentabilidad operativa sobre las ventas, pero que existen unidades de negocios que generan altos niveles de pérdidas las cuales pueden ser susceptibles de administrar para mejorar la rentabilidad global de la empresa.

**ANTECEDENTE 4: Sanchis Mestre Inmaculada (2014) “LAST PLANNER SYSTEM (UN CASO DE ESTUDIO)”. Escuela técnica superior “Ingeniería de la edificación”.**

Esta tesis tiene como objetivo principal la de Fundamentar teórica y prácticamente, a modo de guía de consulta, las principales herramientas Lean aplicables a un proyecto.

Tiene también como objetivos específicos:

- Capacitarme en el pensamiento Lean, a través de su aplicación en un proyecto.
- Propuesta práctica de cada una de las herramientas.
- Implementación de Last Planner System en un proyecto de edificación.
- Conocimiento de la cultura constructiva chilena.

**Conclusiones:** Según el análisis efectuado al proceso de adquisiciones fue posible detectar cuellos de botella en las etapas de espera de recepción de cotizaciones por parte de los proveedores y espera para ejecución de órdenes de compra.

Se implementaron diferentes mejoras en el proceso como lo fueron: eliminar las inspecciones, eliminar el doble trabajo en realización de cotizaciones, mejorar el software que se utiliza actualmente, eliminar paulatinamente los pedidos urgentes, eliminar inventario. Los resultados arrojaron que al implementar las mejoras propuestas se presenta una disminución en los plazos de espera totales del proceso. Por lo que, implementando las prácticas de la filosofía “Lean” es posible agilizar el proceso y hacerlo más efectivo

### **1.1.2. Justificación**

En el rubro de la construcción de La Libertad y específicamente en la ciudad de Trujillo, existe poco conocimiento en el área logística desde el punto de vista operativo, la planificación intermedia (Lookahead) es una muy buena herramienta que puede ser utilizado con tres objetivos:

1. Nos ayuda a disminuir los costos logísticos los cuales representan un porcentaje importante en los costos indirectos dentro de un presupuesto en los expedientes técnicos.
2. Mejora el suministro y abastecimiento de materiales en obra, ya que se elabora dependiendo la necesidad que se tenga en el proceso de la obra, para no generar costos mayores en hacer inventarios.
3. Se podrá encontrar la rentabilidad con la planificación intermedia (Lookahead), así podremos ver cuán rentable es nuestra obra según su avance, la cual nos podrá ayudar a tomar mejores decisiones antes y durante el proceso de la obra que ayude a obtener una mayor Rentabilidad Operativa.

La empresa Constructora Representaciones DACA S.A.C, la cual está ejecutando el proyecto Residencial Los Claveles, está interesada en saber cómo poder obtener una mayor Rentabilidad Operativa aplicando la filosofía Lean Construction (Construcción sin Pérdidas), para poder obtener ventajas competitivas que le sirva para introducirse mejor a un mercado para generar mayores utilidades netas.

Los que realizamos esta tesis tenemos un interés expreso en conocer estos factores sobre el tema logístico y poder mejorar la Rentabilidad Operativa en una empresa. Esto nos ayudará a generar una ventaja competitiva empresarial y así poder tomar mejores decisiones a futuro.

### **1.2. Formulación del problema**

¿De qué manera se puede incrementar la Rentabilidad operativa en el proyecto Residencial Los Claveles de la empresa Representaciones DACA S.A.C.?

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. Objetivos Generales

- Evaluar y mejorar una Metodología para incrementar la Rentabilidad Operativa aplicando un sistema Logístico utilizando Last Planner System®.

#### 1.3.2. Objetivos Específicos

1. Elaborar la programación de la obra Del Edificio Multifamiliar Los Claveles mediante Last Planner System® (Sistema del Último Planificador).
2. Tabular La tabla de abastecimiento calendarizado de los proveedores, La tabla de suministro calendarizado a la obra y el Cuadro de disminución de costos en la utilización Last Planner System® (Sistema del Último Planificador).
3. Generar los Lead Time (plazos de abastecimiento) en lo referente a: Identificación, Pedido, Cotización, Comparativas, Aprobación, Orden de compra y entrega.
  - Formular los cuadros de Recursos Críticos.
  - Elaborar los cuadros de recursos de Alta Rotación.
  - Elaborar un cuadro comparativo entre los costos Logísticos de la Empresa con la Propuesta de mejora.
4. Analizar la Rentabilidad Operativa antes y después de haber terminado la obra y comparar resultados:  $RO_f > RO_i$ .

### 1.4. Hipótesis:

Utilizando Last Planner System® se Incrementa la Rentabilidad Operativa del proyecto Edificio Multifamiliar Los Claveles en por lo menos un 5%.

#### 1.4.1. Variable Independiente:

Aplicación de Last Planner System.

#### 1.4.2. Variable Dependiente:

Incrementando la Rentabilidad Operativa en el área Logística con el sistema Last Planner System.

## 1.5. MARCO TEÓRICO

### 1.5.1. La Logística y su Evolución:

Los orígenes del término logística se han asociado con la actividad militar en donde se le consideraba como parte del arte militar que se encargaba del transporte y alojamiento de los soldados, así como del almacenamiento y distribución de los alimentos, municiones y armas durante las batallas<sup>1</sup>

El Barón Antonie Henri de Jomini, general del ejército francés comandado por Napoleón Bonaparte, fue el primero en intentar definir la logística como “el arte de mover los ejércitos”.

Asimismo, señaló que la logística se derivaba de un puesto en el ejército francés denominado Mariscal de Logística que era responsable de administrar el desplazamiento y alojamiento de las tropas.

Posteriormente ya en el siglo XX es donde se le comienza a dar más importancia al concepto de logística. Las principales etapas de evolución de la logística son:

- **Gerenciamiento Fragmentado (hasta los años 50):** las actividades logísticas (compras, transporte y almacenamiento) eran vistas de forma fragmentada. Las empresas no conocían el concepto de logística integral.
- **Gestión Funcional (años 70):** las actividades anteriormente fragmentadas son agrupadas en dos áreas (gestión de materiales y distribución física). En 1976, se define a la logística como “la integración de dos o más actividades con el propósito de planear, implementar y controlar el flujo eficiente de las materias primas, productos en proceso y productos terminados y sus informaciones desde el punto de origen hasta el punto de consumo”.
- **Integración Interna (años 80):** se caracteriza porque la logística comenzó a tomar un enfoque sistémico, es decir se plantea una mayor integración de las actividades de adquisición, producción y distribución. La logística se define como “el proceso de planear, implementar y controlar de manera eficaz y eficiente el flujo y

---

<sup>1</sup> National Council of Physical Distribution Management, 1976 (Consejo nacional de Dirección de Distribución Física).  
Cap. La Evolución de la Cadena de suministro e Instituto de Logística

almacenamiento de materias primas, productos en proceso y productos terminados y sus respectivas informaciones, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de satisfacer plenamente las necesidades del cliente”.

- **Integración Externa (años 90):** las empresas se preocupan por conseguir una eficiencia del sistema logístico no sólo internamente sino también en sus relaciones con los proveedores y clientes. El Council of Logistics Management define a la logística como “la parte de la gestión de la cadena de abastecimiento que se encarga de la planificación, ejecución y control eficiente y eficaz del flujo y almacenamiento de bienes, servicios e informaciones desde su punto de origen hasta el punto de consumo de manera de satisfacer plenamente las necesidades del cliente”.

Actualmente se define a la logística como “la parte de la gestión de la cadena de abastecimiento que se encarga de la planificación; implementación, control del flujo directo y reverso, almacenamiento eficaz y eficiente de bienes, servicios e informaciones, desde el punto de origen hasta el punto de consumo de manera de satisfacer plenamente las necesidades del cliente”

También la logística es una función operativa que comprende todas las actividades y procesos necesarios para la administración estratégica del flujo y almacenamiento de materias primas y componentes, existencias en proceso y productos terminados.

El objetivo principal de la logística es proveer los materiales necesarios para el rendimiento óptimo de las operaciones de la empresa, tomando en consideración los factores de demanda, costo y tiempo, el costo de mantener un cierto nivel de existencia a objeto de lograr el balance económico de dichos factores y al mismo tiempo, reducir los riesgos de agotamiento.<sup>3</sup>

### **1.5.2. La Cadena Logística y su Estructura**

La cadena logística es un término que se está manejando en el ámbito empresarial y que tiene que ver con la estructura de las actividades enfocadas al flujo de los materiales

---

<sup>3</sup> (Mosquera Castellanos, Genaro. Gerencia de logística industrial, 1994)

para alcanzar el objetivo de las empresas que además de generar recursos financieros para su subsistencia, es la de producir bienes y servicios que cubran una necesidad.

A continuación se ofrecen las siguientes definiciones:

- La administración de la logística es una parte de la cadena de suministros que tienen por objeto la planeación, implementación y control del eficiente y efectivo flujo y almacenamiento de bienes y servicios, así como de la información relacionada desde el punto de origen hasta el punto de consumo con el objeto de conocer los requerimientos de los clientes.
- La logística es el conjunto de actividades asociadas con la adquisición, almacenamiento y entrega de bienes a través de la cadena de suministros. También consiste en “responder a la demanda obteniendo un óptimo nivel de servicio al menor costo posible”; de tal manera, que estos estén en la cantidad adecuada, en el lugar correcto y en el momento apropiado. Además tiene como finalidad entregar un bien al consumidor final y justo en la secuencia del productor.<sup>4</sup> Para que la logística logre su eficacia existen cinco objetivos que son:
  - Hacer prioritarias las necesidades del cliente.
  - Introducir la flexibilidad necesaria en la distribución para satisfacer las necesidades cambiantes del mercado.
  - Reaccionar rápidamente ante los pedidos del cliente.
  - Eliminar todos los stocks innecesarios, haciendo que los pedidos del cliente animen el proceso productivo.
  - La suma de los cuatro puntos anteriores conducen al objetivo final de: suministrar al cliente únicamente los productos que necesita, en el momento oportuno, en la cantidad requerida, con la calidad apropiada y al mínimo costo.

Entre las actividades logísticas se encuentran:

- Compras: selección de la fuente de suministro, momento y cantidad de compra.

---

<sup>4</sup> FUNDACIÓN UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA, Capítulo 1, E-Business y su integración en los sistemas corporativos de gestión. Pág.5

- Transporte: planificación del transporte de las materias primas y productos terminados.
- Manejo de inventarios: políticas de almacenamiento de materias primas y productos terminados; número, tamaño y localización de los puntos de almacenamiento.
- Flujos de información y procesamiento de pedidos.

### **1.5.3. Gestión Logística:**

Es el proceso de planificar, ejecutar y controlar todas las actividades relacionadas con el flujo completo de materias primas, componentes, productos semielaborados y terminados así como la información asociada.

La gestión logística puede ser medida a través de 3 indicadores.

- Primero: sobre la velocidad del ciclo/flujo logístico, desde el momento que se genera el pedido de ventas hasta que se coloca el producto en el cliente, esto ayudara a controlar los famosos cuellos de botella.
- Segundo: el indicador tiene que ver con los costos que se agregan a un producto o servicio durante el flujo logístico.
- Tercero: es útil cuando se quiere medir el grado de satisfacción del cliente, no por la entrega a tiempo o no, sino por la calidad misma del servicio logístico.

### **1.5.4. La Logística en la Construcción**

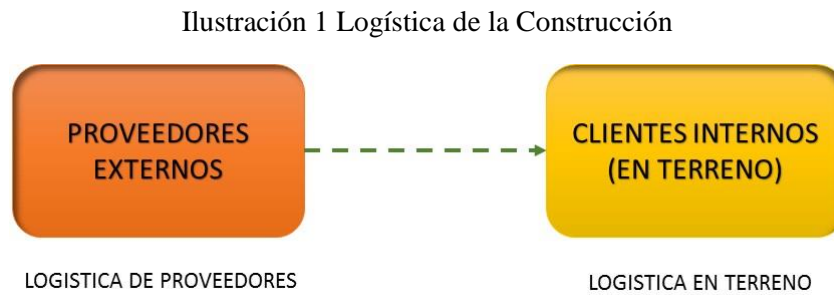
En un proceso de producción, la ventaja competitiva no puede venir solamente de mejorar la eficacia de las actividades de conversión, sino también reducir los tiempos de espera, de almacenaje, de movimiento improductivo e inspecciones. Todas estas actividades son inherentes a un proceso logístico.

La logística es un proceso multidisciplinaria aplicado a una determinada obra para garantizar el suministro, almacenamiento y distribución de los recursos en los frentes de trabajo, asimismo se encarga de la estimación de las cantidades de los recursos a usar y de la gestión de los flujos físicos de producción. Este proceso se logra mediante las actividades de planificación, ejecución y control que tienen como apoyo principal el



flujo de informaciones antes y durante el proceso de producción (Adaptado de Cardoso y Silva, 1998).

Cardoso (1996) propone una subdivisión de la logística aplicable a la industria de la construcción:



Fuente: Elaboración Propia

- Logística Externa (de abastecimiento): se encarga de proveer materiales, equipos y personal necesario para la producción de las edificaciones. Entre las actividades que agrupa están: planeamiento y procesamiento de adquisiciones; calificación, selección y adquisición; transporte de recursos hasta la obra; pago a los proveedores, etc.
- Logística Interna (de obra): se encarga de los flujos físicos y de informaciones necesarios para la ejecución de los procesos constructivos en la obra. Entre las actividades más importantes tenemos el control de flujos físicos ligados a la ejecución; gestión de interface entre los involucrados en el proceso de producción, es decir proporciona la información necesaria para realizar sus actividades y la gestión del lugar de trabajo, es decir lugares de almacenamiento, manipulación interna, sistemas de transporte.

### 1.5.5. Abastecimiento:

El abastecimiento es el proceso que agrupa las actividades que se realizan con el fin de identificar las opciones más favorables para la empresa en el momento de adquirir bienes y servicios que se ajusten perfectamente a las necesidades de la misma para garantizar su buen funcionamiento y producción.

### **1.5.5.1.Cadena de Abastecimiento**

Una cadena de abastecimiento no es más que todas las actividades relacionadas con la transformación de un bien, desde la materia prima hasta el consumidor final, muchas veces nos llega a nuestras manos un producto, sin darnos cuenta que ha pasado por un proceso para que llegue a ser el producto que tenemos, ese proceso es el que conocemos como cadena de abastecimiento. Además una compañía que produce bienes forma parte de un eslabón en la cadena de abastecimiento.<sup>5</sup>

Dentro de los factores que conforman el objetivo de la cadena de abastecimientos se puede decir que tanto la cantidad, calidad, tiempo y costo son factores dinámicos, y que viene a depender de la demanda, y esta no es constante, las exigencias de calidad cada vez son mayores, los tiempos de entrega son variables, e igualmente varían los costos. Esta dinámica dificulta la gestión por lo que es necesario el uso de la tecnología de información y así facilitar la toma de decisiones

Los cinco elementos que integran una cadena de abastecimiento son:

- Proveedores
- Transporte
- La empresa
- Los clientes
- La comunicación.

### **1.5.6. Suministro**

El suministro consiste en la producción de bienes y servicios para llegar a suplir las necesidades del consumidor.<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> Business Logistic Management. Planning, Organizing and Controlling the Supply Chain. (Ballou R. H., 1999, pág. 9)

<sup>6</sup> Ronald H. Ballou, Logística: Administración de la cadena de suministros, 5ta Edición, Prentice Hall, 2004. Pág.13.

### **1.5.6.1. Cadena de Suministros:**

Está formada por todas aquellas partes involucradas de manera directa o indirecta en la satisfacción de la solicitud de un cliente. La cadena de suministro incluye no solamente al fabricante y al proveedor, sino también a los transportistas, almacenistas, vendedores al detalle (o menudeo) e incluso a los mismos clientes.<sup>7</sup>

Características de la Cadena de suministro:

- Es dinámica e implica un flujo constante de información, productos y fondos entre las diferentes etapas.
- El cliente es parte primordial de las cadenas de suministro. El propósito fundamental de las cadenas de suministro es satisfacer las necesidades del cliente.
- Una cadena de suministro involucra flujos de información, fondos y productos.
- Una cadena de suministro típica puede abarcar varias etapas que incluyen: clientes, detallistas, mayoristas/distribuidores, fabricantes, proveedores de componentes y materias primas.
- Cada etapa de la cadena de suministro se conecta a través del flujo de productos, información y fondos.
- No es necesario que cada una de las etapas esté presente en la cadena de suministro.
- El diseño apropiado de la cadena de suministro depende de las necesidades del cliente como de las funciones que desempeñan las etapas que abarca.

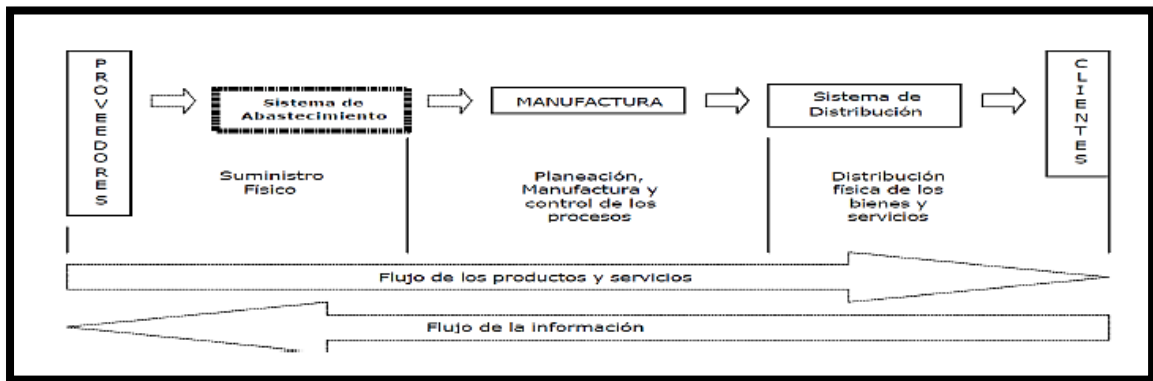
La cadena logística integra varios componentes:

- Proveedores.
- Sistema de Abastecimiento.
- Manufactura.
- Sistema de Distribución.
- Clientes.

---

<sup>7</sup> (Chopra & Meindl, 2006)

Ilustración 2 Cadena de Suministro



Fuente: Business Logistic Management. Planning, Organizing and Controlling the Supply Chain. (Ballou R. H., 1999, pág. 9)

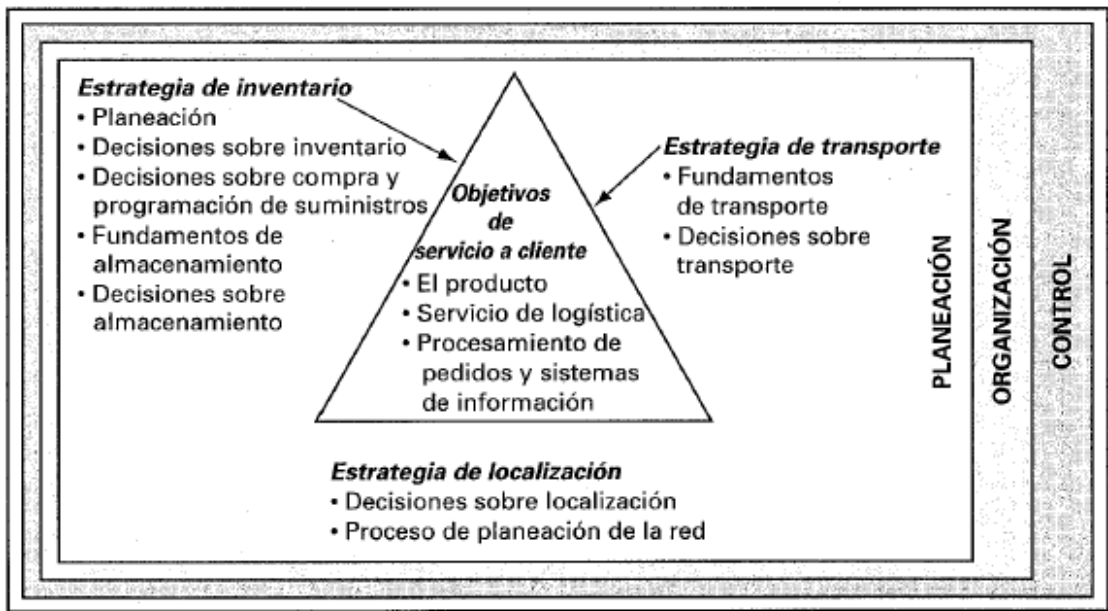
La logística además establece a través del concepto enfocado a la mercadotecnia, el conocer y determinar las necesidades de los consumidores, por lo que se debe de poner especial atención a cuatro aspectos importantes que son:

- Producto.
- Precio.
- Promoción y colocación.

Sin embargo, la interacción de estos cuatro elementos y el factor tiempo permiten llegar a la concepción que E. Grosvenor Plowman realiza para que los bienes y servicios sean demandados en los centros de consumo. Los elementos son los siguientes:

- El producto adecuado.
- En el lugar que se requiere.
- En el momento que se solicite.
- En condiciones óptimas, a un costo aceptable.

Ilustración 3 Triángulo del Proceso de la Logística



Fuente: Business Logistics Management, Planning, Organizing and Controlling the Supply Chain. (Ballou R. H., 1999, pág. 35)

### 1.5.7. Ciclo Logístico

El ciclo logístico se puede observar como un sistema mayor, donde se encuentran un conjunto de acciones ordenadas y relacionadas entre sí, que forman parte del proceso de producción de toda organización, se enfoca en la planificación, administración, ejecución y control de los materiales solicitados para el soporte de dicho proceso, tomando en cuenta costos, efectividad, tiempo y demanda.

Ilustración 4 Ciclo Logístico



Fuente: Tesis Propuesta de un modelo de inventario para la mejora del Ciclo Logístico de una distribuidora de confites ubicada en la Ciudad de Barcelona, Estado Anzoátegui, Pág. 22

### **1.5.8. Valor Agregado**

Se define como la “riqueza” creada en términos de productos y/o servicios generados por una organización.<sup>9</sup>

El valor agregado es la mejor manera de medir la producción, especialmente tratándose de productos heterogéneos puesto que excluye las compras de materiales, energía y servicio de terceros, los cuales no son el resultado de la capacidad de operación interna de una empresa, en un sentido estricto, el valor agregado representa la verdadera producción.

### **1.5.9. Herramientas para la Selección de Insumos**

De la revisión literaria se ha encontrado dos enfoques que plantean técnicas y herramientas que ayudan a la selección de insumos en la construcción.

### **1.5.10. Lean Construction (LC) (Construcción sin Pérdidas)**

Para poder comprender en qué consiste el Lean Construction es necesario explicar previamente las bases sobre las cuáles se apoya este nuevo enfoque:

- **La Filosofía Lean**

#### **Antecedentes históricos**

Los primeros pensamientos de Lean Construction como filosofía de trabajo tienen sus orígenes en Japón cerca del año 1950, los cuales fueron aplicados en el denominado sistema de producción Toyota (TPS- Toyota production system) elaborado por los ingenieros Shigeo Shingo y Taiichi Ohno . La idea fundamental en el sistema de producción de Toyota era la producción de cantidades de productos relativamente pequeñas a un costo muy bajo, empleando los conceptos de eliminación del desperdicio y la mejora continua.

---

<sup>9</sup> SHIMIZU, Masayoshi-WAINAI, Kiyoshi y AVEDILLO-CRUZ, Elena. Medición de la productividad del valor agregado y sus aplicaciones practicas. Traducido por: ROA, Alfredo. Centro Nacional de la Productividad, Cali, 2001, pág. 7

Los resultados del sistema que aplicaba Toyota habían pasado las fronteras del país asiático y se había expandido por todo el mundo, los buenos resultados del sistema hicieron que Toyota le quite mercado a las empresas automotrices americanas, por lo cual a finales de los años 80 una comitiva de investigadores del MIT (Massachusetts Institute of Technology) viajaron a Japón a investigar este nuevo sistema que a su regreso lo denominaron Lean manufacturing o Lean production y se encargaron de difundirla alrededor de todo el mundo.

El Lean Production es una filosofía aplicable al sector industrializado y se enfoca principalmente en la reducción de los principales tipos de desperdicios (sobreproducción, inventario, tiempo de espera, etc.), además tiene nuevas metodologías que brindan resultados de productividad mucho mayores a los que se tenían en esa época.

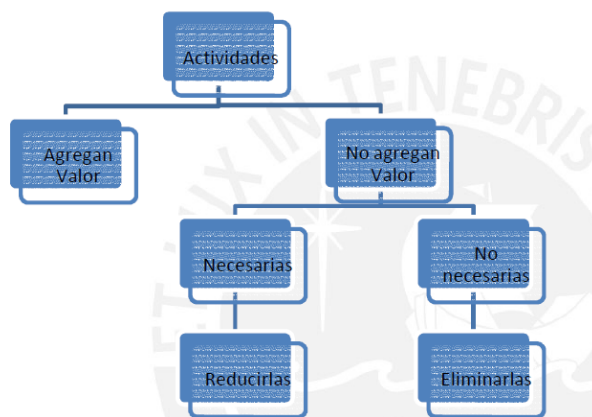
Introduciéndonos en el campo de la construcción y a los típicos problemas que esta industria presenta, como programaciones poco confiables o erradas, exceso de desperdicios y una inadecuada administración de los recursos. Se han hecho muchos esfuerzos por mejorar los problemas en la administración general de proyectos de construcción, es así que en busca de una solución a esto en 1992 el ingeniero irlandés Lauri Koskela publica un documento llamado “*Application of the New Production Philosophy to Construction*”; donde se muestran los primeros acercamientos de la filosofía del “*Lean Production*” a la construcción, sistematizando los conceptos más avanzados de la administración moderna (Mejoramiento Continuo, Justo a Tiempo) que junto con la ingeniería de métodos reformula los conceptos tradicionales de planificar y controlar obras proponiendo en su tesis una nueva filosofía de Control de Producción .

#### **1.5.11. Lean Production (Producción sin pérdidas):**

El lean Production es un sistema que tiene como finalidad eliminar o reducir al máximo los elementos que no aporten de manera positiva en recursos, tiempo, espacio u otros; para agregarle valor al producto, ya que como sabemos lo que busca el Lean Production es agregarle valor a sus productos eliminando actividades innecesarias (desperdicios).

Las actividades en un proceso de producción se pueden separar como se muestra en el siguiente gráfico.

Ilustración 5 Clasificación de las actividades según Lean Production



Fuente: Tesis Aplicación de la filosofía lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos ubicada en la Lima, Perú, Pág. 12

Uno de los conceptos fundamentales de la teoría Lean Production es ver el proceso de producción como un flujo de materiales e información que van desde las materias primas hasta el producto final que llegara al cliente. Esto se grafica en el siguiente diagrama.

Ilustración 6 Modelo de flujo de procesos



Fuente: Tesis Aplicación de la filosofía lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos ubicada en la Lima, Perú, Pág. 12

En este grafico podemos observar, además del proceso de producción, las actividades que definimos en el grafico anterior, por ejemplo tenemos los procesos 1 y 2 que son actividades que agregan valor al producto. También tenemos al transporte y el tiempo de espera, estas actividades no agregan valor al producto y por lo tanto se deben separar en necesarias y no necesarias, el tiempo de espera es una actividad no necesarias por lo cual se debe tratar de eliminar y así reducir los tiempos para generar menores perdidas, por otro lado el transporte es una actividad necesaria para pasar de un proceso a otro y no se puede eliminar, sin embargo este tipo de actividades se pueden reducir haciendo



una correcta planificación lo cual también generara un gran ahorro de tiempo en todo el proceso.

La nueva filosofía de producción considera los siguientes elementos dentro de su diseño y control de la producción.

- **Identificar actividades que no agregan valor.**

Se identifican las actividades que no agregan valor y se tratan de reducir y en el mejor de los casos eliminar para generarle ganancias al proyecto, estas pueden ser en costo, tiempo, etc. Por lo tanto identificar estas actividades es primordial para reducir las pérdidas.

- **Incrementar el valor del producto.**

Los beneficios obtenidos de eliminar las perdidas en general deben enfocarse en incrementar el valor del producto para el cliente final, esto se puede lograr poniéndonos en perspectiva del cliente y haciendo que nuestro producto iguale y en el mejor de los casos supere las expectativas que estos tienen sobre el producto.

- **Reducir la variabilidad.**

La variabilidad afecta negativamente todos los ámbitos de la producción y también es algo negativo para el cliente, por lo cual es importante la reducción de la variabilidad para evitar problemas con las programaciones y la satisfacción del cliente.

- **Reducción del tiempo del ciclo.**

El tiempo que dura un ciclo se puede reducir con la teoría de lotes de producción y lotes de transferencia, la cual nos dice que si dividimos nuestra producción (lote de producción) en lotes pequeños (lotes de transferencia) que vamos transfiriendo de proceso a proceso, nuestro ciclo tendrá una duración menor que si introducimos todo el lote a un proceso y esperamos a que todo el paquete esté listo para llevarlo al siguiente proceso o actividad.

- **Simplificación de procesos.**

La simplificación de procesos consiste en mejorar el flujo por medio de la reducción de los procesos involucrados para de ese modo controlar mejor estos procesos y reducir la variabilidad y el costo de realización de cada proceso.

- **Incrementar la transparencia en los procesos.**

Mientras mayor sea la transparencia de un proceso serán mayores las posibilidades de inspeccionarlo y así evitar errores que pasaran a ser trabajos rehechos, los cuales son pérdidas para el proyecto.

- **Mejoramiento continuo.**

Este principio está basado en la filosofía Japonesa Kaisen, esta se basa en la identificación de las causas de no cumplimiento de las actividades para tratar de solucionarlas en siguientes proyectos y así ir mejorando continuamente.

- **Referenciar los procesos (Benchmarking).**

Esto se basa en comparar nuestros procesos con los procesos de la empresa líder en nuestro campo de acción para tener ideas de mejora basándonos en el potencial de las empresas de la competencia.

Como podemos observar todos estos principios tienen un fin común que es la mejora de todo el proceso de producción y la reducción de todas las actividades que no agregan valor, con el fin de lograr un flujo simple, uniforme y un tiempo de ejecución menor.

Las actividades que no agregan valor son definidas como Pérdidas que según el Lean Production se divide en 7 tipos.

- **Sobre – Producción**

Se refiere a producir más de lo que demanda el cliente, ya sea este el cliente final del producto o la actividad sucesora en el proceso de producción. Es el peor tipo de pérdida porque da lugar a otra que es el inventario.

- **Esperas**

Es el tiempo perdido entre procesos o dentro de un proceso específico debido a la falta de algún recurso. Representa el mayor porcentaje de los trabajos no contributivos.

- **Transporte**

Se refiere al exceso de esta actividad, es decir no tener identificados puntos de acopio que hagan que se transporte continuamente los materiales sin generar apoyo a la producción.

- **Sobre – Procesamiento**

Cargar de mayor trabajo del necesario a una actividad simple, los sobrecostos en los que incide no son asumidos por el cliente y generan pérdidas para el proyecto. Es la pérdida más difícil de identificar y reducir.

- **Inventario**

Se refiere a la acumulación de productos o materiales por parte de los subprocesos por diferencias en las demandas entre estos (flujos no balanceados). Este tipo de desperdicio genera también transportes y esperas por lo que eliminarlo es fundamental para obtener ahorros.

- **Movimientos**

Cualquier tipo de movimiento que no es necesario para completar de manera adecuada una actividad, estas pueden ser de personas como de equipos. Este tipo de pérdida está ligado con el estudio de tiempos y movimientos; y se tiene que realizar un estudio mucha más exhaustivo para eliminarlo.

- **Defectos**

Son las pérdidas por los trabajos mal hechos o que presentan defectos por lo que no se pueden entregar, y para resolver dichos defectos se tiene que incurrir en un costo que tiene que ser asumido por la empresa.

Adicionalmente, a los siete desperdicios se está proponiendo un nuevo desperdicio que sería el llamado Making DO,<sup>10</sup> este desperdicio se debe a una incorrecta forma de trabajo, es decir realizar actividades cuando no se tiene todo listo para realizarla y por ende demanda una cantidad de trabajo mayor a la realmente necesaria para poder compensar la falta de recursos u otros requisitos de la actividad.

---

<sup>10</sup> Making-Do – The eighth category of waste. Lauri Koskela

### **1.5.12. Lean Construction Institute (Instituto De La construcción Lean)**

Lean Construction tiene como raíces al Lean Production y la primera persona en introducir estos conocimientos en el ámbito de la construcción fue Koskela en su tesis de doctorado “Application of The New Production Philosophy to Construction” en 1992.<sup>11</sup>

Koskela demostró que al igual que en la industria manufacturera el proceso de conversión es la base del funcionamiento de la construcción. El control en la construcción apunta a contrastar cada actividad individualmente contra un presupuesto y en caso se encuentren deficiencias en costo o tiempo de las actividades se busca mejorarlas individualmente creyendo que así mejorará el proyecto en conjunto; sin embargo se ignora que dichas actividades se interrelacionan por flujos de materiales, mano de obra e información y que éstos esconden desperdicios que afectarán el desempeño del proyecto. Asimismo, cuando se diseña un proyecto no se hace considerando el proceso constructivo, es decir no se toma en cuenta las restricciones que puedan existir en las fases posteriores del proyecto lo que trae como consecuencia re trabajos y cambios de órdenes.

El punto de partida para mejorar la construcción es cambiar la manera de pensar. Koskela sugiere que la información y los flujos de materiales así como el flujo de trabajo tanto en el diseño como en la construcción deben ser medidos en función de sus desperdicios y del valor que agregan. Asimismo, señala que a pesar de las peculiaridades de la construcción, los principios y técnicas de esta nueva filosofía pueden ser aplicados en mejorar los flujos en la construcción<sup>12</sup>.

Lean Construction es una nueva gerencia de producción basada en la entrega de proyectos y que apunta a los siguientes objetivos:

- Maximizar el desempeño del proyecto atendiendo a los requerimientos de los clientes en cada nivel del proceso.
- Diseñar conjuntamente el producto y proceso.

---

<sup>11</sup> Alarcón Luis Fernando y Seguel Loreto (2002) “desarrollando estrategias que incentiven la implementación de Lean Construction” 10° Congreso de Lean Construction.

<sup>12</sup> Proyectos únicos, producción en sitio, organización temporal e intervención de autoridades reguladoras

- Aplicar un control de producción desde el diseño del producto hasta la entrega.
- Minimizar o eliminar las actividades que no añaden valor.
- Reducir la incertidumbre asociada al proyecto en cuanto a costos y plazos.

En 1997 Glen Ballard y Greg Howell fundaron el Lean Construction Institute (LCI) o Instituto de Construcción Lean cuyo propósito es reformar la gerencia de producción en el diseño, ingeniería y construcción de proyectos.

Lean Construction desarrolló, en el año 2000, a partir de investigaciones el Lean Project Delivery System (LPDS) o Sistema de Entrega de Proyectos Lean.

Este sistema es un marco conceptual que traslada los principios de la manufactura a la construcción. El objetivo es establecer una serie de reglas y herramientas a sistema de producción temporales tal como es el caso de los proyectos de construcción.

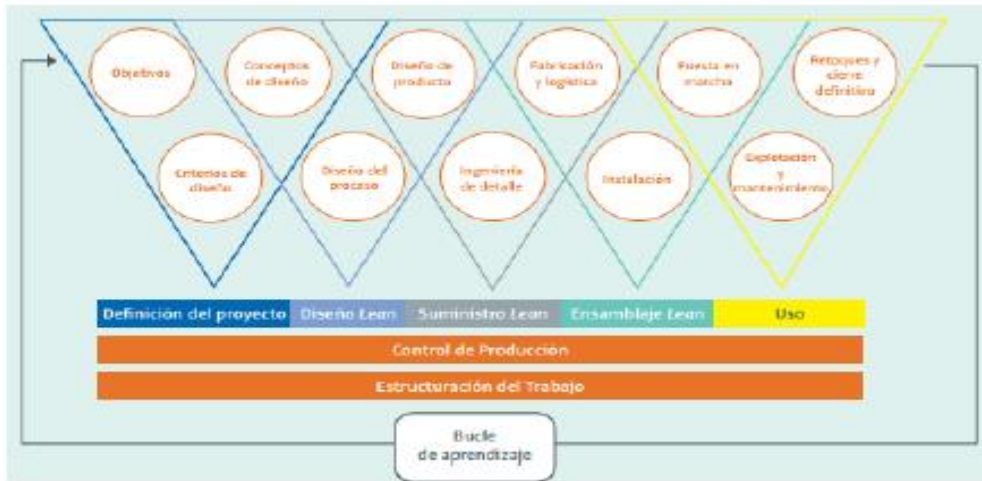
Las características esenciales del LPDS de acuerdo son:<sup>13</sup>

- El proyecto es estructurado y gerenciado como un proceso que genera valor.
- Los participantes corriente abajo están involucrados en la planificación y diseño a través de equipos multidisciplinarios.
- El control debe ser una herramienta ejecutada durante todo el proyecto
- Los esfuerzos de optimización se concentran en hacer el flujo de trabajo confiable y no se enfocan en mejorar la productividad.
- Las técnicas de jalar son usadas para gobernar el flujo de materiales e información.
- Los buffers de inventario y capacidad son usados para absorber la variabilidad.
- Los lazos de retroalimentación son incorporados en cada fase y apuntan a un rápido ajuste del sistema y al aprendizaje.

---

<sup>13</sup> El buffer es un mecanismo para amortiguar la fuerza de un problema (Lean Construction Institute).

Ilustración 7 Lean Project Delivery System



Fuente: (Ballard 2008)

A continuación se explicará las fases y módulos que conforman a este sistema<sup>14</sup>:

- *Trabajo Estructurado*: Es el desglose del producto y proceso en partes, secuencias y asignaciones para hacer el flujo más suave y con menos variabilidad, con la finalidad de reducir desperdicio e incrementar valor.
- *Control de Producción*: Este módulo establece el uso del Last Planner o Último Planificador como herramienta que servirá para el control del sistema de producción. Tiene como objetivo controlar el flujo de trabajo y la unidad de producción, la primera mediante el proceso lookahead y la segunda mediante el planeamiento del trabajo semanal.

Estos dos primeros módulos son complementarios ya que por un lado el trabajo estructurado establece un plan y el control de la producción sirve para asegurar que el trabajo sea ejecutado como fue planeado. Ambos módulos recorren todas las fases del proyecto desde el diseño hasta la entrega.

- *Definición del proyecto*: Esta fase está conformada por tres módulos: los propósitos, las restricciones y los conceptos de diseño. La definición del proyecto incluye el análisis de las necesidades y valores (propósitos) del cliente teniendo en cuenta las restricciones (normas, ordenanzas, etc.). El resultado de este proceso son los conceptos de diseño que vendrían a ser las alternativas del proyecto. En esta

<sup>14</sup> El Último Planificador es la persona o grupo de personas que se encargan de asignar el trabajo a los obreros, en la construcción esta persona es el maestro de obra (Lean Construction Institute).

fase es necesaria la participación de los clientes, gerentes del proyecto, contratistas, proyectistas y en general de todas las personas que de alguna manera estén relacionadas con el proyecto.

- *Diseño Lean:* Aquí se desarrolla el diseño del proceso y del producto de manera simultánea y no como normalmente se hace, es decir diseñar primero el producto y posteriormente pensar en cómo se hará el proceso. El lean design (Diseño sin Pérdidas) busca explorar múltiples alternativas antes de tomar la decisión final. Para esto requiere que tanto los clientes, el constructor, proyectistas, proveedores, maestros de obra, etc. estén involucrados. Si el proyectista establece un sistema aligerado prefabricado es necesario saber si existe disponibilidad en el mercado y qué ventajas ofrecen en cuanto a costo o tiempo, para lo cual se debe conocer la opinión del proveedor y constructor.
- *Abastecimiento Lean:* Consiste en la ingeniería de detalle, fabricación y logística para lo cual se tiene como pre-requisito el diseño del producto y proceso de tal manera que se sabrá qué fabricar y cuando entregar los componentes. También incluye eliminar los desperdicios en la adquisición, distribución, almacenamiento, movimiento e inspección de los bienes, servicios e informaciones.
- *Ensamblaje Lean:* Comienza con la entrega de materiales y la información relevante para su instalación y finaliza con la entrega del producto.
- *Uso:* El uso es la fase que consiste en la entrega del producto o servicio al cliente final, después de varias pruebas para certificar su calidad. También involucra acciones de modificación y mantenimiento que pudiesen ocurrir en el diseño.
- *Evaluación Post-Ocupación:* Este módulo se introdujo para resaltar la importancia de documentar las experiencias de un proyecto y que nos puedan servir de aprendizaje para posteriores proyectos.

### **1.5.13. Lean Supply (Abastecimiento Sin Pérdidas)**

Tal como se mencionó en los párrafos anteriores, el Lean Supply está conformado por el diseño del producto, ingeniería de detalle, la fabricación y logística. A continuación se explicará brevemente cada uno de estos módulos:

- *Diseño del producto:* Este módulo consiste en coordinar tanto con los proyectistas, proveedores y contratistas para que discutan en conjunto acerca del diseño, de tal manera que puedan resolver anticipadamente todas las restricciones que pudieran existir. El resultado de este módulo es la definición de qué se va a hacer que se refleja en los planos del proyecto.
- *Ingeniería de detalle:* Se refiere al conjunto de planos de detalle, especificaciones técnicas, cálculos, metrados, presupuestos, programación etc. que describen específicamente cómo será el producto y el proceso.
- *Fabricación y logística:* Se refiere a que los productos y servicios sólo serán fabricados si son jalados por los clientes, es decir los productos sólo son entregados si hay una demanda real en lugar de almacenarse con el fin de satisfacer demandas supuestas.

Hellingsworth, Best y Valence<sup>15</sup>, en su libro *Design and Construction* señalan que el Lean Supply busca oportunidades para un ensamblaje temprano, modularización y el uso de materiales estandarizados para evitar el problema de concordancia. Este problema ocurre cuando varios elementos se necesitan al mismo tiempo para el ensamblaje sin embargo uno o varios faltan lo cual retrasa el trabajo.

Existen varios conceptos y herramientas relacionadas con el Lean Logistics que ayudan lograr este objetivo:

- *Just in Time:* Ayuda a reducir el inventario y sus costos asociados. Este proceso se realiza mediante el uso de un sistema de tarjetas denominado kanban.
- *Concepto del Costo Total:* Significa que el costo total de un producto no es solamente igual al costo pagado sino que es la suma de varios costos a tener en cuenta como el costo de transporte, almacenamiento, manipulación interna, etc. En otras palabras, no sólo se debe considerar en la evaluación de un producto el costo del mismo sino incluir otros costos indirectos.
- *5S:* Herramienta japonesa cuya finalidad es crear y mantener áreas de trabajo más limpias, organizadas y seguras. Las 5S son: seiri (organizar), seiton (ordenar), seiso (limpiar), seiketsu (estandarizar) y shitsuke (disciplinar).

---

<sup>15</sup> Grupo fundado en 1993 que reúne a investigadores, arquitectos e ingenieros que creen que la práctica en la construcción debe ser cambiada. Continuamente desarrollan nuevos métodos y principios basados en el Lean Production.



- *Reducir los lead time:* El lead time es el tiempo que el cliente debe esperar para recibir un producto después de haber hecho el pedido. La reducción del lead time puede resultar en menores costos y una mejor satisfacción del cliente.

Ilustración 8 Lean Project Delivery System



Fuente: Planeando el Abastecimiento en Proyectos del Capítulo de Lean Construction

- *Frecuencia de entregas:* Es una herramienta que ayuda al lean Logistics a conseguir reducir los lead times e inventarios. Cuan mayor sea esta frecuencia los inventarios serán menores lo cual reducirá los costos.
- *Sistemas de medición:* Que nos permitan evaluar nuestros procesos internos así como a los proveedores y el valor entregado al cliente.

El Lean Construction Logistics requiere de la coordinación entre los proveedores, proyectistas y constructores que deben estar involucrados desde el inicio del proyecto. Esto quiere decir que la logística emerge desde el diseño.

Algunos autores como Ballard, Tommelien, Mossman, Arbulú, etc. han planteado algunas herramientas que apuntan a mejorar la logística:

- *Centros logísticos:* Son lugares fuera de la obra donde los materiales son ensamblados, almacenados y distribuidos a la obra.
- *Kanban:* Sistema de tarjetas que sirven para jalar los materiales desde la obra de acuerdo a lo que se necesite.
- *Web:* Ayuda a proporcionar información en tiempo real así como sirve para monitorear que las entregas de materiales se hagan a tiempo.
- *Last Planner System.*(Sistema del Último Planificador)

## **1.5.14. El Last Planner System**

### **1.5.14.1. Introducción a LPS**

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

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

La programación a largo plazo viene determinada por las condiciones del proyecto, donde se reflejan los hitos y requisitos generales. Está constituido por tareas con poco nivel de detalle, que va aumentando a medida que se reduce el plazo de la programación para cada etapa de su aplicación.

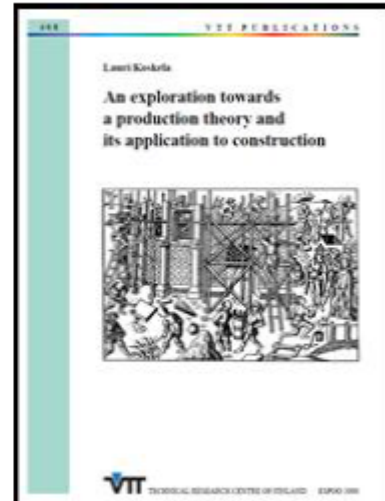
### **1.5.14.2. Historia del LPS**

En sus inicios fue desarrollada para mejorar la calidad de los planes de trabajo semanales en la industria (Howel & Ballard, 1997) en un proyecto de metalurgia donde se le requirió la organización de las órdenes de forma más clara y fácilmente interpretable por parte de los operarios. Posteriormente se le añadió un proceso de búsqueda hacia adelante (Ballard, 2000) para encontrar las restricciones que impedirán la ejecución de tareas futuras, y así dar forma y controlar el flujo de trabajo (Casten 1996) (Howel & Ballard, 1997), extendiéndose con el tiempo desde la construcción hasta el diseño (Koskela, Ballard, & Tanhuanpaa, 1997), (Mies, 1998), terminando por constituir lo que actualmente se conoce como Integrated Project delivery (IPD) (Mossman, 2004).

El anterior cambio de objetivos o evolución del Last Planner System desde un control semanal de los trabajos a un proceso de búsqueda hacia adelante controlando el flujo de trabajo, encaja con los principios del Sistema de Producción Toyota, la producción

ajustada y el pensamiento de Lauri Koskela, respecto a la teoría de producción y su aplicación a la construcción (Koskela, 2000).

Ilustración: 9 application of the new Production Philosophy to Construction



Tradicionalmente, se asocia el nacimiento de Last Planner System a la tesis “The Last Planner System of Production Control” de Glenn Ballard para optar al grado de Doctor, pero realmente supone una evolución y mejora de las herramientas tradicionales de programación en cascada. En 1997, cuando se funda el Lean Construction Institute (LCI) el Last Planner System ya había evolucionado aproximadamente a su forma actual. Lo que quedaba por hacer era mejorar la fiabilidad del flujo de trabajo por encima de la gama de 35%-65% obtenida hasta ese momento. “The Last Planner System of Production Control “ (Ballard, 2000) establece los procedimientos para mejorar la fiabilidad del flujo de trabajo, diseñando un protocolo de actuación y las herramientas de medida de la productividad.

Actualmente la implementación de Last Planner System es una de las prácticas más divulgadas que ilustran la introducción de “Lean Construction” en la fase de ejecución, principalmente en empresas constructoras, en países como Estados Unidos, Reino Unido, Dinamarca, Finlandia, Indonesia, Australia, Venezuela, Brasil, Chile, Ecuador y Perú.

La metodología Last Planner System supone una revolución en la construcción, dado que no se trata simplemente de otro método de control de la producción.

Se introducen conceptos como la colaboración entre los diferentes agentes, se cambia la planificación de oficina por una planificación conjunta, donde todos los agentes implicados (técnicos, capataces, subcontratos, encargado de materiales, técnico en prevención de riesgos...) deciden qué, cómo y cuándo se realizarán los trabajos, consiguiendo un compromiso de los últimos planificadores (subcontratistas, capaces) del avance de las actividades que son posible realizar. En Last Planner System el cliente no sólo es el último beneficiario del producto sino cada uno de los agentes que en la cadena de producción recibirá un subproducto.

Tabla 1: Producción Convencional y Producción Lean

Tabla 1. La producción convencional y la producción sin pérdidas (Campero y Alarcón, 2008)		
	PRODUCCIÓN CONVENCIONAL	PRODUCCIÓN SIN PÉRDIDAS
Objeto	Afecta a productos y servicios	Afecta a todas las actividades de la empresa
Alcance	Control	Gestión, asesoramiento, control
Modo de aplicación	Impuesta por la dirección	Por convencimiento y participación
Metodología	Detectar y corregir	Prevenir
Responsabilidad	Departamento de calidad	Compromiso de todos los miembros de la empresa
Clientes	Ajenos a la empresa	Internos y externos
Conceptualización de la producción	La producción consiste de conversiones (actividades) todas las actividades añaden valor al producto que no agregan valor al producto	La producción consiste de conversiones y flujos; hay actividades que agregan valor y actividades
Control	Coste de la actividades	Dirigido hacia el coste, tiempo y valor de los flujos
Mejora	Implementación de nuevas tecnología	Reducción de las tareas de flujo, y aumento de la eficiencia del proceso con mejoras continuas y tecnología

Fuente: Campero y Alarcón, 2008.

Se conocen algunos casos donde su aplicación ha dado resultados notables en comparación con las prácticas tradicionales, como por ejemplo, un aumento del 90% en beneficio operativo para el contratista peruano en edificación (GyM, 2002).

En los próximos apartados expondremos alguno de los conceptos claves a partir de los cuales se estructura la herramienta del Last Planner System.

### 1.5.14.3. La Planificación Mediante el Sistema Last Planner

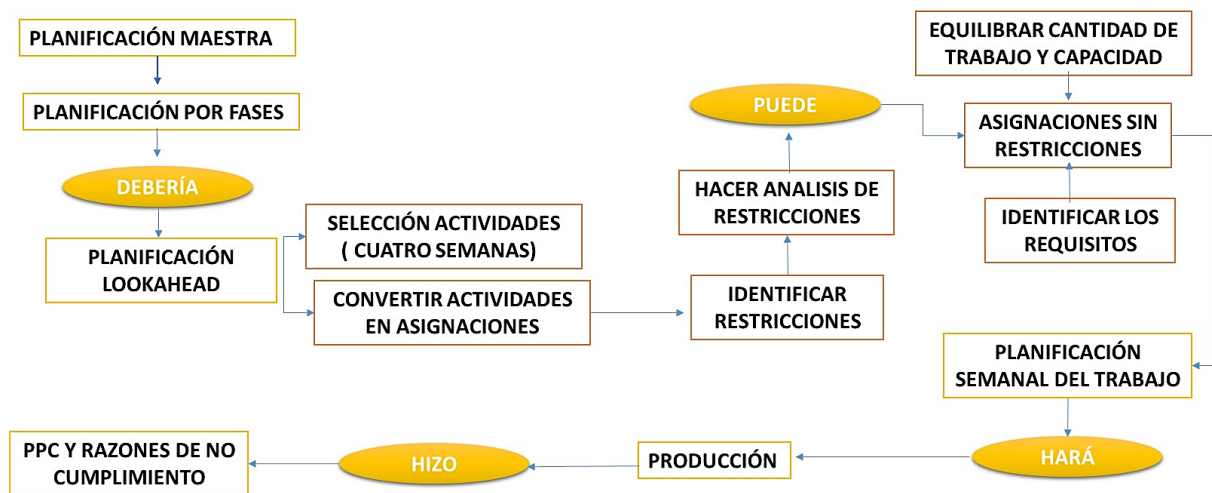
El “sistema Last Planner”, propuesto por los investigadores Ballard y Howell (fundadores del Grupo Internacional del Lea Construction- IGLC), plantea que esta brecha entre lo que DEBERIA hacerse y lo que finalmente se HIZO se puede mejorar significativamente si obtenemos información confiable y en conjunto con

los últimos planificadores (maestros de obra, subcontratistas, jefes de cuadrilla, etc), de tal manera que podamos visualizar en un plazo intermedio lo que en la práctica se PUEDE hacer, y luego en un plazo mas inmediato, lo que con mucho mas certeza se HARÁ.

Este sistema parte de la tradicional programación maestra de toda la obra, la cual usa como un referente de hitos; luego, baja a una programación por fases, por ejemplo: excavaciones, cimentaciones, casco, instalaciones de agua y desagüe, entubados eléctricos, etc. (esto es lo que DEBERIA hacerse); después abre una ventana de programación de 4 a 6 semanas (analizando lo que realmente se PUEDE hacer), denominada Lookahead, donde se aplica un análisis de restricciones; y finalmente, recién se pasa a una programación semanal ( lo que finalmente se HARÁ), la cual será más confiable por haber sido liberada de sus restricciones. Una vez realizados los trabajos (los que se HIZO), los planificadores son retroalimentados con el porcentaje de Planificación Cumplida (PPC) y con las Razones de No Cumplimiento (RNC).

La siguiente figura esquematiza estos pasos, los que luego se explican con mayor detalle:

Ilustración 10: Esquema del procedimiento del Sistema Last Planner



Fuente: Elaboración Propia

#### **1.5.14.4. Planificación Maestra**

La planificación maestra o master Schedule es un plan que identifica los principales acontecimientos o hitos de un proyecto (Inicio, entrega al cliente, procura de componentes de largo plazo, movilizaciones en campo, diseño completo, licencias, etc.) y sus fechas.

A menudo es la base para los acuerdos contractuales entre el cliente, contratista y otros miembros del equipo de trabajo del proyecto.<sup>16</sup>

Esta programación es la base para todo el sistema Last Planner, ya que de esta se desprenderán las programaciones de corto y mediano plazo, por lo tanto es muy importante que esta se realice teniendo en cuenta el desempeño real de la empresa en obra.

- **Líneas de Balance**

El método de Líneas de Balance fue desarrollado en la década de 1940, durante la segunda guerra mundial, por un grupo de trabajo encabezado por George E. Fouch que estaba encargado de monitorear la producción de las empresas Goodyear Tire & Rubber Company. A partir de entonces ha sido constantemente aplicada a la construcción, siendo la primera experiencia registrada la de Lumsden en 1998.

Actualmente se cuentan con varias opciones para el planeamiento y control de proyectos como CPM (Método de la ruta crítica), PDM (Método de diagramas de precedencias), PERT (Técnica de programación, evaluación y revisión) y LDB (Método de líneas de balance).

Sin embargo, cada una de estas tiene características distintas en cuanto al tipo de información que proporcionan y al nivel de detalle que pueden llegar. Con estas técnicas se logra determinar la ruta crítica del proyecto que son las actividades de cuya duración depende la duración total del proyecto.

La Línea de Balance es una técnica de planificación que nos permite mostrar cada actividad a realizarse en un proyecto de construcción como una sola línea en vez de

---

<sup>16</sup> Traducción del glosario del Lean Construction Institute (Anexos)

una serie de actividades como se haría en un diagrama de barras, resultante de CPM, PDM o PERT. Este método es recomendable para el caso de proyectos repetitivos, ya sea un edificio o varias unidades de viviendas que requieren el mismo tipo de trabajo a lo largo de todo el proceso de producción.

A continuación se muestra una comparación entre un gráfico de barras y un gráfico de líneas de balance para las mismas actividades de un proyecto.

Ilustración 11: Programa de Construcción de Vivienda por Barras



Fuente: J.H.Loria, " Programación de construcción por barras"

Los principales beneficios que se pueden obtener de una programación con líneas de balance son las siguientes.

- Las líneas de balance consolidan un grupo de actividades similares en una sola línea por lo que pueden representar un gran número de actividades de una manera más simple que un diagrama de barras.
- Muestran el ritmo de trabajo con el cual se deben realizar las actividades para cumplir con el cronograma mientras que un diagrama de barras solo muestra la duración de cada actividad a lo largo del proyecto.
- La grafica de Gantt o barras muestra relaciones directas entre actividades a diferencia de una gráfica de líneas de balance que muestra la relación de un grupo de actividades con respecto al grupo subsecuente.

- En un diagrama de barras se tiene 2 dimensiones (tiempo y actividades) con lo cual podemos ver la duración de cada actividad, en un gráfico de líneas de balance se pueden visualizar 3 dimensiones (Tiempo, lugar y actividades) lo cual hace que sea mucho más útil ya que transmite una cantidad mayor de información.
- Sirve para mostrar el ritmo real de trabajo, analizar el estado real de avance del proyecto y la fecha de terminación. Además se puede reajustar los ritmos de trabajo para obtener una nueva programación de manera muy rápida a diferencia de un gráfico de barras en el cual se puede tener un estado real del proyecto, pero es necesario una gran cantidad de recursos para reprogramar todo el plan.

#### **1.5.14.5. Lookahead Plan**

Según el LCI, el Lookahead plan es una planificación de intervalo corto, basado en la planificación de fase, que identifica todas las actividades a ser ejecutadas en las próximas semanas (el número de semanas puede variar en función de la variabilidad y el tiempo necesario para el levantamiento de restricciones de cada proyecto). El Lookahead plan es actualizado cada semana y siempre identifica las actividades nuevas que ingresan al plan (6 semanas después) para que de esta manera el equipo de gestión del proyecto pueda adoptar las medidas necesarias para asegurar que el trabajo esté listo para ejecutarse en la semana indicada.<sup>17</sup>

Como su nombre lo explica el Lookahead (mirar adelante) tiene la finalidad de dirigir los esfuerzos de la construcción no a controlar la programación para evitar errores, sino a prevenirlos gestionando lo necesario para las actividades que se esperan ejecutar en el futuro cercano, promoviendo tomar acciones en el presente para obtener buenos resultados en el futuro.

Para poder cumplir con su finalidad el Lookahead no solo incorpora una programación de las actividades a realizar en el periodo determinado para este, sino también se

---

<sup>17</sup> Traducción del glosario del Lean Construction Institute (Anexo)



incorporan los requerimientos que harán posible que las actividades del plan pasen a la programación semanal.

Frecuentemente se suele suponer que los factores que siempre nos afectan son externos y están fuera de nuestro control, pero lo cierto es que la mayoría de los factores que afectan a las obras dependen de nosotros. En ese sentido el Lookahead planning logra que tomemos el control de forma anticipada del impacto generado en nuestra producción por la mano de obra, materiales, equipos, información, etc. Es decir, planificaremos la disponibilidad de los recursos para cuando realmente los necesitemos. Según Ghio (2001) un porcentaje considerable de los factores que afectan la eficiencia y la productividad en las obras tienen como causa fundamental el no contar con los recursos necesarios en el momento que se requieren.

#### **1.5.14.6. Inventario de Trabajo Ejecutable (Workable Backlog)**

Cuando liberamos las restricciones de alguna actividad, esta actividad pasa inmediatamente a una lista de actividades que podemos ejecutar. Esta lista es el llamado inventario de trabajos ejecutables. En esta etapa, estamos pasando desde las actividades que se deben hacer, hacia las actividades que se pueden hacer. En el inventario de trabajo ejecutable no solo pueden haber tareas de las semanas futuras, sino que también puede haber tareas que se debían o podían haber ejecutado en la semana en curso; pero que no lo hicieron al no ser consideradas en las asignaciones semanales. Esto es muy común ya que la idea es mantener un ITE que asegure un trabajo realizable por unidades con el doble de capacidad que las que se tienen efectivamente en obra, esto con el objetivo de no tener nunca unidades ociosas por el motivo de no tener potenciales trabajos para ejecutar en caso que falle la realización de alguna actividad considerada en el programa semanal. No hay que ser siempre tan negativos y podemos ponernos en el caso que las actividades programadas se cumplan antes de lo esperado. Esto también puede ser un foco de tiempo ocioso para la unidad si es que no hubiera trabajo listo para ejecutar. Entonces, teniendo un inventario de tareas potencialmente realizables, puedo elegir qué haré desde un universo de lo que puedo hacer.

#### **1.5.14.7. Programación semanal (Weekly work plan)**

La programación semanal es un programa de corto plazo que se desprende del Lookahead en el cual se ha hecho un análisis de restricciones previo para eliminar las restricciones y así asegurar que los trabajos que se vayan a programar puedan contar con los recursos necesarios, es decir se toman las actividades que fueron libradas de restricciones y por lo tanto formaban parte del ITE.

Las metodologías de medición que aplica el lean están basadas principalmente en las programaciones semanales, tal es el caso del PPC (porcentaje de plan cumplido), por consiguiente es muy importante para obtener buenos resultados que estos programas se cumplan en la mayor parte posible y algunas características fundamentales para lograr este propósito son las siguientes.

- Levantar restricciones en el Lookahead.
- La cantidad de trabajo asignada debe ser la adecuada según la cuadrilla.
- Escoger correctamente la secuencia de los trabajos a realizar.
- Definir correctamente los trabajos y asegurarse que llegue a campo de manera entendible para los encargados.

#### **1.5.14.8. Programación diaria**

La programación diaria es el último escalón en la metodología de planificación y programación que propone el sistema Last Planner dentro de la filosofía lean Construction. Esta programación se desglosa de la programación semanal, la cual es una programación de corto plazo, con la finalidad de ser transmitida a campo para que todos los equipos tengan claro las actividades que tienen que realizar en la jornada de trabajo. Esta programación la elabora el último planificador partiendo de los resultados del día y siguiendo lo programado para la semana, por lo cual también se usa para controlar los avances diarios dentro de la obra para que a partir de estos se controlen los avances semanales y de esto realizar el PPC correspondiente.

La programación diaria necesita que todos los involucrados en el proceso de construcción (maestro, capataces, operarios, etc.) entiendan la información que se trata de transmitir, por consiguiente se puede realizar de manera gráfica en pequeños planos

separando las actividades para que se puedan identificar con facilidad y evitar confusiones al momento de asignar tareas en campo, o de manera textual detallando adecuadamente los elementos y su respectiva ubicación.

#### **1.5.14.9. La Teoría de las Restricciones (Theory of Constraints)**

A principios de los años 1980 el Dr. Eliyahu Goldratt, escribió su libro “La Meta” y empezó el desarrollo de una nueva filosofía de gestión llamada “Teoría de Restricciones” (TOC por sus siglas en inglés). La TOC nació como solución a un problema de optimización de la producción. Hoy en día se ha convertido en un concepto evolucionado que propone alternativas para integrar y mejorar todos los niveles de la organización, desde los procesos centrales hasta los problemas diarios.

La Teoría de las Restricciones (TOC) establece que un conjunto de procesos interrelacionados y dependientes entre sí generan una producción según la capacidad del proceso más lento. La forma de aumentar la velocidad del conjunto es incrementando la capacidad del proceso más lento. Esta teoría se centra en los factores limitantes a los cuales los denomina como restricciones o “cuellos de botella”.

En toda empresa existe por lo menos una restricción, caso contrario esta generaría ganancias ilimitadas<sup>18</sup>. Siendo las restricciones los factores que bloquean la obtención de dichas ganancias, se induce que toda gestión debe apuntar a encontrar y controlar las restricciones.

La teoría de restricciones se aplica para una línea de producción o un sistema compuesto por varios procesos. La construcción se divide en varios procesos pequeños que trabajan uno después de otro similar a una línea de producción de una fábrica con la única diferencia que en el caso de las fabricas el producto pasa por las estaciones de trabajo y en la construcción son las estaciones de trabajo las que recorren el producto, es así que estos conceptos son totalmente aplicables para el campo de la construcción y es de aquí de donde nace la optimización de flujos y procesos que describe la filosofía lean.

#### **1.5.15. Rentabilidad**

---

<sup>18</sup> E. Goldratt: “La meta”, 1984.

**Definición:** Rentabilidad es una medida del rendimiento que en un determinado periodo de tiempo producen los capitales utilizados en el mismo. Esto supone la comparación entre la renta generada y los medios utilizados para obtenerla con el fin de permitir la elección entre alternativas o juzgar la eficiencia de las acciones realizadas.

**Análisis de Rentabilidad:** Permite relacionar lo que se genera a través de la cuenta de pérdidas y ganancias con lo que precisa de activos y capitales propios. Estos resultados demostrados revelan la forma como han sido utilizados los recursos por parte de los directivos, permitiendo una eficiencia en la gestión de la empresa. Por esta razón los directivos siempre deben estar al tanto de los comportamientos que le permitan obtener mayores resultados que le ayudarán a crecer económicamente, caso contrario es difícil conseguir financiamiento externos y los propietarios o socios intentarán recuperar sus aportes antes de que la empresa fracase.

**Rentabilidad Operativa:** También llamada rentabilidad del activo antes de intereses e impuestos, es el índice por excelencia para medir el éxito empresarial, pues de su análisis puede lograrse una visión amplia de todos los factores que inciden favorable o desfavorablemente en el proceso de generación de valor para la empresa. Es por lo tanto, el indicador más importante de cuantos existen, se calcula así:

Ilustración 12: Rentabilidad Operativa o Rentabilidad del Activo

$$ROA = \frac{\text{Utilidad Operativa (UAI)}}{\text{Activos}}$$

Fuente: finanza para no financistas – Alberto Barajas Novoa 2008

#### 1.5.16. Lead Time (Tiempo De Entrega)

El *lead time* es el retraso aplicable para el control de inventario. Este retraso es generalmente la suma del retraso del suministro, es decir, el tiempo que le lleva a un proveedor entregar las mercancías una vez que se realiza una orden, y el retraso de la reordenación, que es el tiempo que pasa hasta que se vuelve a presentar una oportunidad de realizar una orden. Este tiempo de entrega generalmente se calcula en días.

**Retraso en el suministro:** En la mayoría de las actividades comerciales, el inventario no puede ser reabastecido *instantáneamente* por un proveedor. Por esta razón, para garantizar que la frecuencia de faltas de existencias se mantenga lo suficientemente baja, es necesario que el planificador de demanda anticipe la cantidad de inventario que se consumirá entre el momento actual y el próximo reabastecimiento, suponiendo que una orden se realice en modo inmediato.

**Retraso de reorden:** Un error frecuente que se encuentra en el cálculo del tiempo de entrega es la omisión del *retraso de la reorden*. Si el proveedor tarda tres días en entregar un envío, pero la reordenación al mismo proveedor solo se realiza una vez por semana, el inventario ordenado el lunes 1 de un determinado mes no se supone que dure hasta el jueves 4 (tres días después), sino hasta el jueves 11 (10 días después: 7 días de retraso de la reorden + 3 días de retraso del suministro).

**Suma del retraso del suministro más el retraso de la reorden:** El tiempo de entrega es la suma del retraso del suministro más el retraso de la reorden. El tiempo de entrega es la duración aplicable para calcular la demanda de tiempo de entrega, las existencias de seguridad o el punto de reorden a través de un pronóstico cuántico directo.

Cuanto mayor es el tiempo de entrega, mayor es el nivel total de inventario. De hecho, el inventario total incluye tanto las existencias disponibles como aquellas pedidas. Tiempos de entrega más prolongados también aumentan la dependencia que cualquier empresa que hace los pedidos tiene de pronósticos precisos.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Tipo de Investigación

Aplicada descriptiva

### 2.2. Población y Muestra

Como el estudio de investigación se centra en el proyecto propiamente como una sola unidad de investigación, la población y la muestra vienen a ser el mismo proyecto y es la misma obra Edificio Multifamiliar Los claveles.

### 2.3. Metodología

La Metodología que empleamos es el método teórico – práctico.

Se iniciara con el estudio e investigación en la empresa *Constructora REPRESENTACIONES DACA S.A.C. en la obra del edificio multifamiliar Los Claveles* donde queremos hacer la aplicación del Sistema Last Planner System con la finalidad de poder incrementar la Rentabilidad Operativa en dicho proyecto.

Con los datos de obra se empezará a realizar el Plan Maestro, para poder planificar lo que haremos en obra.

Luego se hará la sectorización para toda la obra y con ello se calculara por sectores los rendimientos de cada uno de ellos, y así poder realizar el tren de actividades.

Con todo lo realizado podremos calcular los Lookahead de producción y de materiales, así poder realizar los cálculos del plan semanal de producción, informe semanal de producción e informe semanal de materiales con lo realizado anteriormente.

Luego se realizara el plan para la cadena de suministros y de abastecimiento.

Ya habiendo hecho todo los procedimientos debidos, calcularemos la Rentabilidad Operativa inicial (**R.O<sub>i</sub>**), que se obtuvo de la ejecución en obra; y rentabilidad operativa final (**R.O<sub>f</sub>**), obtenida mediante la simulación que se realizó aplicando Last Planner System®. Verificando la **R.O<sub>f</sub> > R.O<sub>i</sub>**, y exista un incremento de Rentabilidad Operativa de por lo menos un **5%**.

## **2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos**

- Entrevistas a profundidad
- Observación directa

## **2.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos**

Inductivo – deductivo

## **2.6. Procedimiento**

### **2.6.1. Recolección de información**

La fase inicial del Desarrollo del cuerpo de la Tesis es la recolección de datos desde el tercer piso, esto se realizó mediante entrevistas y visitas en las que previamente se coordinar mediante línea telefónica con el encargado de la obra de dicha empresa como también dirigido al Ingeniero Residente de la obra, la cual se realizó en los meses de Junio – Septiembre del 2015, ya que fue el tiempo necesario para poder recolectar todo el material necesario, es decir Planos, Metrados, Presupuesto y el Cronograma General de la obra por parte del Ingeniero Residente.

### **2.6.2. Características del Proyecto**

Es un Proyecto Edificios Multifamiliares Los Claveles que es propiedad de Representaciones DACA S.A.C., el terreno se encuentra en la partida electrónica N°11060693, inscrito en los Registros Públicos de Propiedad Inmueble de la Oficina Registral Regional La Libertad.

Está ubicado en la Urbanización popular los Claveles Block A-1 Manzana B lote 6. Trujillo – La Libertad.

Los Linderos y medidas Perimétricas son las siguientes:

Frente : con calle 3, con 8.00ml.

Derecha : con calle 2, con 20.00ml.

Izquierda : con el Lote 5, con 20.00ml.

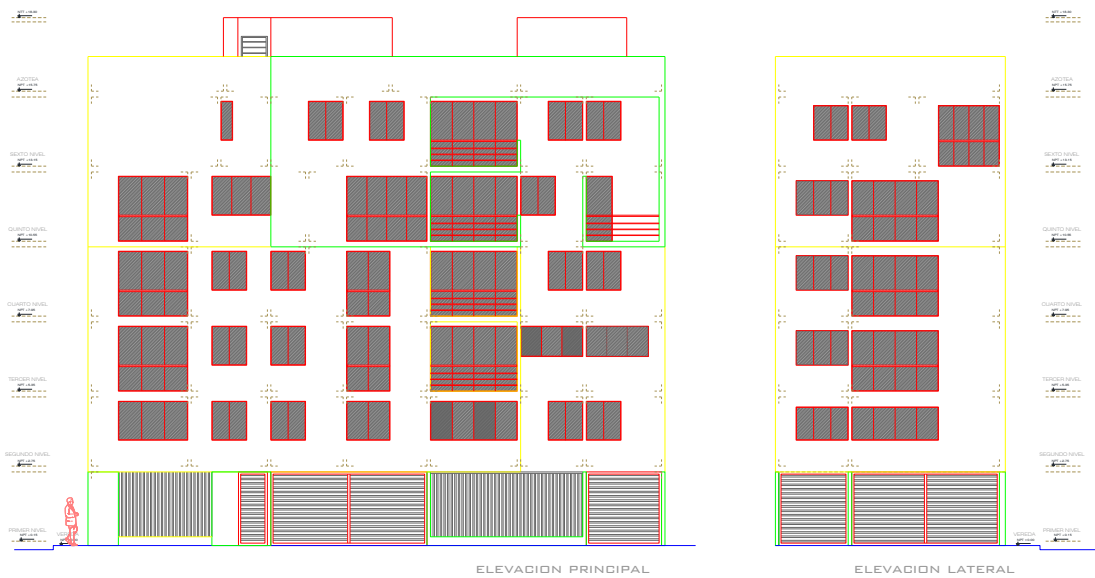
Fondo : con el Lote 7, con 8.00ml.

Tiene un área de 160.00m<sup>2</sup> (ciento sesenta metros cuadrados)

El proyecto cuenta con 8 departamentos (3 flats y 5 dúplex) distribuidos en 6 pisos más azotea, cuenta 6 plazas de estacionamientos.

Ingreso principal por la calle 2 y el ingreso hacia los estacionamientos es por la calle 3 y calle 2.

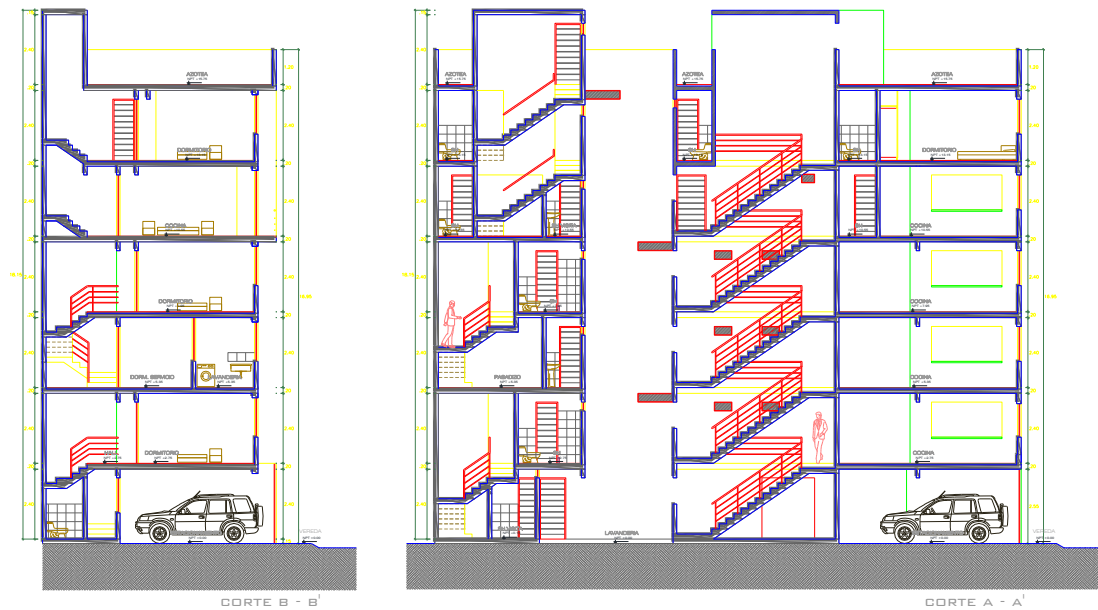
Ilustración 13: Evaluación del Proyecto



Fuente: Plano de Arquitectura.



Ilustración 14: Corte del Proyecto



Fuente: Plano de Arquitectura

### **TERCER NIVEL**

Consta escalera que viene del segundo nivel y lleva al cuarto nivel, corredor común.

Departamento 301 (flat): Hall, sala comedor, balcón, cocina lavandería, SH, cuarto de planchado, estar, dormitorio principal con closet y SH.

Departamento 302 (dúplex): Sala comedor, cocina, lavandería, SH visita, pasadizo, depósito, escalera que lleva al segundo nivel.

### **CUARTO NIVEL**

Consta escalera que viene del tercer nivel y lleva al quinto nivel, corredor común.

Departamento 401 (flat): Hall, sala comedor, cocina lavandería, SH, cuarto de planchado, estar, dormitorio principal con closet y SH.

Departamento 302 (dúplex): Escalera que viene del primer nivel, hall, SH, estar, dormitorio con closet, dormitorio principal con closet y SH.

## **QUINTO NIVEL**

Consta escalera que viene del cuarto nivel, corredor común.

Departamento 501 (dúplex): Hall, sala comedor, cocina, SH visita, escalera que lleva al segundo nivel.

Departamento 502 (dúplex): Sala comedor, cocina, SH visita, escalera que lleva al segundo nivel.

Departamento 503 (dúplex): Sala comedor, balcón, cocina, pasadizo, SH visita, dormitorio principal con closet y SH, balcón, escalera que lleva al segundo nivel.

## **SEXTO NIVEL**

Departamento 501 (dúplex): escalera que viene del primer nivel y sube hacia azotea, pasadizo, SH, dormitorio con closet, estar, dormitorio principal con closet y SH.

Departamento 502 (dúplex): escalera que viene del primer nivel y sube hacia azotea, pasadizo, SH, dormitorio con closet, estar, dormitorio principal con closet y SH.

Departamento 503 (dúplex): escalera que viene del primer nivel y sube hacia azotea, hall, SH, estar, dormitorio con closet.

## **AZOTEA**

Azotea común.

Departamento 501 (dúplex): escalera que viene del segundo nivel, azotea.

Departamento 502 (dúplex): escalera que viene del segundo nivel, azotea.

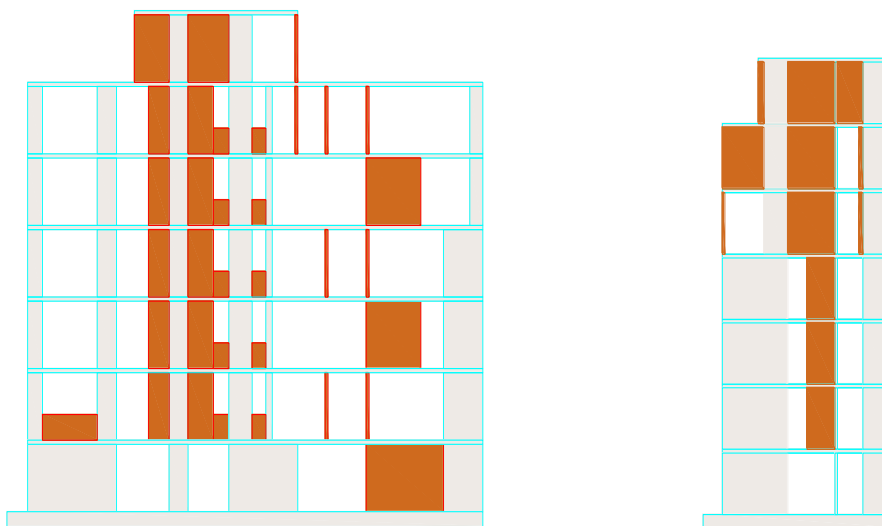
Departamento 503 (dúplex): escalera que viene del segundo nivel, azotea.

Cuadro 1: Cuadro de Áreas

<b>NIVELES</b>	<b>AREA TECHADA TOTAL</b>	<b>(m<sup>2</sup>)</b>	<b>AREA TECHADA UTIL</b>	<b>(m<sup>2</sup>)</b>
<b>PRIMERO</b>	152.50		45.60	
<b>SEGUNDO</b>	152.50		138.40	
<b>TERCERO</b>	152.10		138.00	
<b>CUARTO</b>	153.90		138.00	
<b>QUINTO</b>	141.55		137.95	
<b>SEXTO</b>	143.25		140.15	
<b>AZOTEA</b>	30.85		20.05	
<b>TOTAL</b>	<b>926.65</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>758.15</b>	<b>m<sup>2</sup></b>

Fuente: Memoria Descriptiva del proyecto.

Ilustración 15: Secciones del Proyecto



Fuente: Plano de Arquitectura.

Este proyecto se ha realizado considerando los requisitos de funcionalidad y accesibilidad que establece el Reglamento Nacional de Edificaciones

El proceso constructivo durante las 8 semanas de observación, 48 días laborables con el siguiente horario de trabajo (48 horas semanales):

-De Lunes a Viernes de 7:30am a 12pm y de 2:00 pm a 6:00pm (8.5 horas)

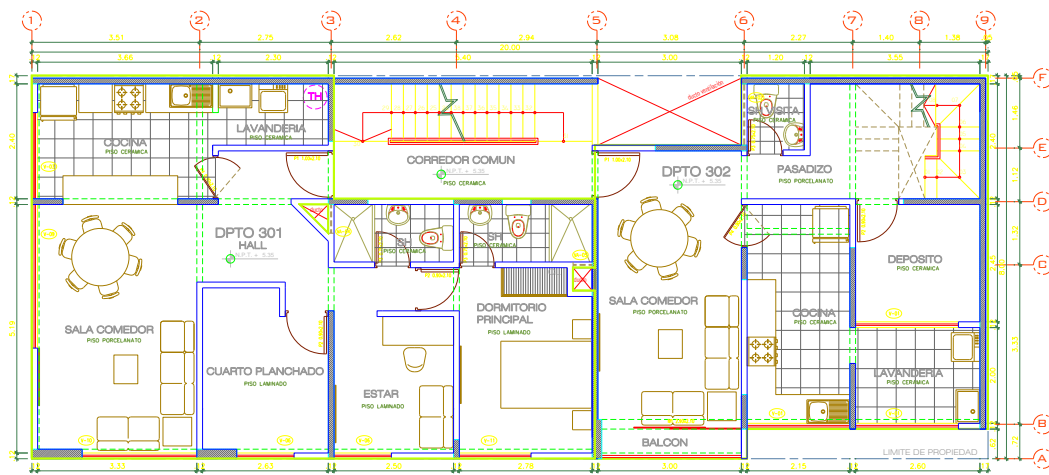
- Sábados de 7:30am a 1pm (5.30 horas)

Cada piso observado terminó la fase de estructuras en 2 semanas de construcción, culminando la estructura del piso 3 al 6 en 8 semanas.

La construcción de columnas, Cabezales, Muros de ductilidad, vigas y losas se hicieron según lo especificado en el plano de estructuras, teniendo como principal objetivo, una construcción resistente al sismo, tanto en la dirección X como en la Y.

Toda la parte de estructuras, estuvo observado por mi persona junto con el maestro de obra.

Ilustración 16: (Planta Típica)



Fuente: Plano de Arquitectura.

### Muros de Ductilidad Limitada

Los Muros de ductilidad limitada son de 12 cms de ancho y 2.5 metros de alto y se buscó rigidez tanto en la dirección X como en la dirección Y.

- Acero: Varillas de  $\frac{1}{2}$  cada con una separación de 10cms en cada malla. Las mallas se armaban con un rendimiento aproximado de:

Cuadro 2: Rendimiento de Acero en Muros

NIVELES	Kg / Día
TERCERO	537
CUARTO	521
QUINTO	520
SEXTO	516

Fuente: Elaboración Propia

Cuadrilla: Capataz, 3 operarios y 2 peones, encargados de cortar y doblar el acero y enmallar los muros.

- Encofrado: Se encofraban aproximadamente:

Cuadro 3; Rendimiento de Encofrado de Muros

NIVELES	m2 / Día
TERCERO	37
CUARTO	37
QUINTO	36
SEXTO	36

Fuente: Elaboración Propia

Cuadrilla: Capataz, 3 operarios y 2 peones.

- Concreto: Se llena con concreto f'c 210 kg/cm2 aproximadamente:

Cuadro 4: Rendimiento de Concreto en Muros

NIVELES	m3 / Día
TERCERO	6
CUARTO	6
QUINTO	6
SEXTO	6

Fuente: Elaboración Propia

Cuadrilla: Capataz, 4 Operarios, 1 Oficial, 3 Peones y 1 Operador de Equipo Liviano

## Columnas

Se describe detalladamente en los planos

- Acero: Varillas de 5/8 distribuidos en la columna con estribos de 3/8. Las columnas se armaban aproximadamente:

Cuadro 5: Rendimiento de Acero en Columnas

NIVELES	Kg / Día
TERCERO	537
CUARTO	521
QUINTO	520
SEXTO	516

Fuente: Elaboración Propia

Cuadrilla: Capataz, 3 operarios y 2 Peones encargados de cortar y doblar el acero y armar las columnas.

- Encofrado: Se encofraban aproximadamente:

Cuadro 6: Rendimiento de Encofrado de Columnas

NIVELES	m <sup>2</sup> / Día
TERCERO	37
CUARTO	37
QUINTO	36
SEXTO	36

Fuente: Elaboración Propia

Cuadrilla: Capataz, 4 operarios y 2 peones

- Concreto: El Concreto f'c 210 Kg/cm<sup>2</sup> se llenaba aproximadamente:

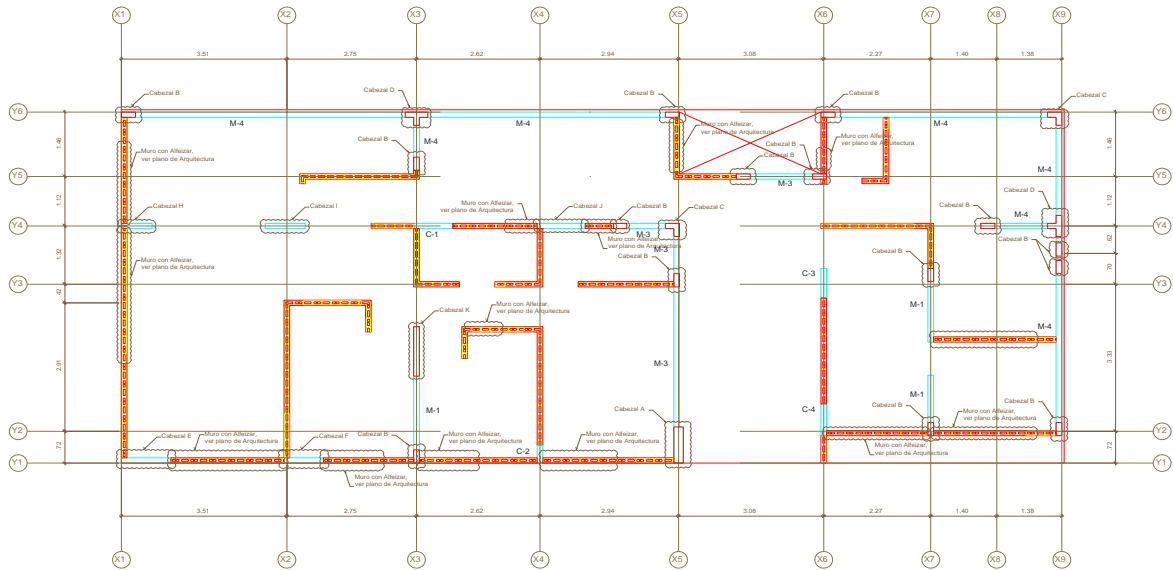
Cuadro 7: Rendimiento de Concreto en Columnas

NIVELES	m <sup>3</sup> / Día
TERCERO	6
CUARTO	6
QUINTO	6
SEXTO	6

Fuente: Elaboración Propia

Cuadrilla: Capataz, 4 Operarios, 1 Oficial, 3 Peones y 1 Operador de Equipo Liviano

Ilustración 17



Fuente: Plano de Estructura.

### Vigas

En esta parte, tuvimos en cuenta las secciones de las vigas principales (de mayores dimensiones) y las secundarias según la dirección del aligerado y de lo que dictaba el plano.

- Acero: Varillas de 1/2 distribuidos en la viga con estribos de 3/8. Las vigas se armaban aproximadamente:

Cuadro 8: Rendimiento de Acero en Vigas

NIVELES	Kg / Día
TERCERO	696
CUARTO	641
QUINTO	643
SEXTO	643

Fuente: Elaboración Propia

Cuadrilla: Capataz, 3 operarios y 2 Peones encargados de cortar y doblar el acero y armar las vigas.

- Encofrado: Se encofraban aproximadamente:

Cuadro 9: Rendimiento de Encofrado de Vigas

<b>NIVELES</b>	<b>m2 / Día</b>
<b>TERCERO</b>	57
<b>CUARTO</b>	58
<b>QUINTO</b>	57
<b>SEXTO</b>	57

Fuente: Elaboración Propia

Cuadrilla: Capataz, 4 operarios y 2 peones

- Concreto: Se llenará con concreto f'c 210 kg/cm<sup>2</sup>

Cuadro 10: Rendimiento de Concreto en Columnas

<b>NIVELES</b>	<b>m3 / Día</b>
<b>TERCERO</b>	40
<b>CUARTO</b>	39
<b>QUINTO</b>	35
<b>SEXTO</b>	35

Fuente: Elaboración Propia

Cuadrilla: Capataz, 4 Operarios, 1 Oficial, 5 Peones y 1 Operador de Equipo Liviano

### **Losa Maciza**

-Acero: En esta parte, nos regimos netamente a los planos, a la orientación de los fierros, los cuales son de 3/8 de diámetro cada 20 cms a doble malla, con un rendimiento de armado de:

Cuadro 11: Rendimiento de acero de losa maciza

<b>NIVELES</b>	<b>kg / Día</b>
<b>TERCERO</b>	696
<b>CUARTO</b>	641
<b>QUINTO</b>	643
<b>SEXTO</b>	643

Fuente: Elaboración Propia



Cuadrilla: Capataz, 4 operarios y 2 Peones encargados de cortar y doblar el acero y armar las mallas de la losa.

-Encofrado: Se encofraban aproximadamente:

Cuadro 12: Rendimiento de encofrado de losa maciza

<b>NIVELES</b>	<b>m<sup>2</sup> / Día</b>
<b>TERCERO</b>	57
<b>CUARTO</b>	58
<b>QUINTO</b>	57
<b>SEXTO</b>	57

Fuente: Elaboración Propia

Cuadrilla: Capataz, 4 operarios y 2 peones

-Concreto: Para este trabajo, se usó concreto  $f'c$  210kg/cm<sup>2</sup>, y aproximadamente se vaciaron:

Cuadro 13: Rendimiento de concreto en losa maciza

<b>NIVELES</b>	<b>m<sup>3</sup> / Día</b>
<b>TERCERO</b>	40
<b>CUARTO</b>	39
<b>QUINTO</b>	35
<b>SEXTO</b>	35

Fuente: Elaboración Propia

Cuadrilla: Capataz, 4 Operarios, 1 Oficial, 5 Peones y 1 Operador de Equipo Liviano

*\*Normalmente se utilizaba toda una mañana o toda una tarde para vaciar completamente la losa.*

### **Escaleras**

-Acero: Nos regimos netamente a los planos, a la orientación de los fierros, y las dimensiones del acero, se arman con un rendimiento de:

Cuadro 14: Rendimiento de acero de escalera

<b>NIVELES</b>	<b>kg / Día</b>
<b>TERCERO</b>	337
<b>CUARTO</b>	142
<b>QUINTO</b>	458
<b>SEXTO</b>	458

Fuente: Elaboración Propia

Cuadrilla: Capataz, 1 operario y 1 Peón encargados de cortar y doblar el acero y armar las escaleras.

-Encofrado: Se encofraban aproximadamente:

Cuadro 15: Rendimiento de encofrado de escalera

<b>NIVELES</b>	<b>m2 / Día</b>
<b>TERCERO</b>	57
<b>CUARTO</b>	58
<b>QUINTO</b>	57
<b>SEXTO</b>	57

Fuente: Elaboración Propia

Cuadrilla: Capataz, 2 operarios y 2 peones

-Concreto: Para este trabajo, se usó concreto f'c 210kg/cm<sup>2</sup>, y aproximadamente se vaciaron:

Cuadro 16: Rendimiento de concreto en escalera

<b>NIVELES</b>	<b>m3 / Día</b>
<b>TERCERO</b>	40
<b>CUARTO</b>	39
<b>QUINTO</b>	35
<b>SEXTO</b>	35

Fuente: Elaboración Propia

Cuadrilla: Capataz, 3 Operarios, 1 Oficial y 2 Peones

### **2.6.3. Procesamiento de información**

Una vez recolectada la información, se establecieron los criterios para ordenar los datos obtenidos en el trabajo de campo.

De los datos obtenidos (Metrados, planos, Costos Unitarios, Memoria Descriptiva), se realizó la sectorización. En primer lugar sectorizamos desde el 3° hasta el 6° nivel, obteniendo 2 sectores en: acero, encofrado y vaciado de concreto.

Una vez calculado la cantidad de sectores y el metrado correspondiente para cada sector, se realiza el cálculo de trenes para 1 día de trabajo, obteniendo una Duración Neta que corresponde al tiempo que dura cada actividad en un determinado sector, en base a su rendimiento, metrado y cuadrilla, para luego realizar el tren de actividades.

### **2.6.4. Análisis de la información**

En el análisis y discusión de resultados se han interpretado los hallazgos relacionándolos con el problema de investigación, los objetivos propuestos, la hipótesis y el marco teórico. Una vez procesada la información se realizó el Lookahead de producción para 5 semanas, obteniendo un metrado total para cada actividad y también un metrado semanal, la cantidad de Horas hombre total y semanal que se utilizaran, permitiéndonos así un mayor control de la producción en la obra.

También se calculó el Lookahead de materiales para 5 semanas que nos permite un mejor control y tener una mayor exactitud en cuanto al material que se utilizara en cada semana. Para un mayor porcentaje de cumplimiento se realizó un cuadro de Restricciones, que nos permite ver los incumplimientos que se tienen en algunas actividades, para que posteriormente estos se eviten.

En base a los Lookahead se realizó los Lead Time que son los tiempos desde el momento en que se hace el requerimiento hasta la instalación en obra, los cuales nos servirán para comparar los costos logísticos de la empresa con los costos logísticos que se proponen y ver la variación.

Se determinaron los Recursos Críticos como son el Concreto, Concreto Pre-Mezclado y Acero corrugado, también se determinó los Recursos de Alta Rotación como Concreto Pre-Mezclado, concreto, Acero Corrugado, alambre negro # 8 y 16.

De acuerdo al proceso logístico de la empresa tenemos 6 rutas de cómo se hacen los pedidos en la que tenemos una máxima y una mínima en la que propondremos rutas alternas que nos faciliten la disminución de costos logísticos.

## **III. RESULTADOS**

### **3.1. Resultados Cualitativos**

Estos resultados se obtuvieron por intermedio de las Entrevistas a Profundidad que se hicieron a los encargados del área logística y al residente de obra y mediante Observación Directa. Al respecto se encontró que:

#### **3.1.1. Entrevista a Profundidad**

Estos resultados se obtuvieron por intermedio de las entrevistas a profundidad que se hicieron al encargado del área logística y residente de obra.

Estas entrevistas consistieron en recopilar información en forma veraz y oportuna, con el propósito de saber cuál es el proceso Logístico que seguía la empresa Representaciones DACA S.A.C., para la que se realizó una serie de preguntas tanto para el encargado de Logística Juan Martel Villena y para el residente de Obra y propietario Alonso Durand Azcarate.

##### **3.1.1.1. Entrevistas**

- **ÁREA LOGISTICA:**

ENTREVISTADO: JUAN MARTEL VILLENA

1. ¿Cómo está estructurada la Empresa?

Ilustración 18: Organigrama de empresa Representaciones DACA S.A.C.



Fuente: Elaboración Propia

2.- ¿Cuáles son sus procedimientos logísticos actuales en la Empresa, quien es el encargado de cada uno, cuánto cuesta y que tiempo demora cada procedimiento?

En este momento nuestros procedimientos logísticos son:

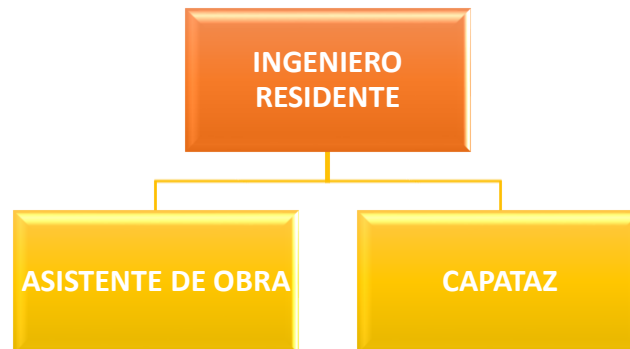
- *Pedido planificado:* (es el valor que está en el presupuesto), consiste en detectar que materiales necesita , cuanto necesita y cuando se necesita, para poder hacer su requerimiento, este procedimiento está a cargo del Ingeniero Residente, en la que se usa una computadoras y demora 3 horas.
- *Ingreso de Solicitud:* Esto lo hace el Ingeniero Residente, esto consiste en realizar el requerimiento de materiales, este es enviado al Área Logística responsable. En la que se usa internet, una computadora y se realizan 2 llamadas la primera avisando que ya se envió y la segunda para ver si fue aprobada dicha solicitud, todo este procedimiento demora media hora.
- *Revisar Solicitud de Pedido:* La persona responsable Área Logística, verifico si lo que están pidiendo en el requerimiento está conforme al presupuesto en la que puedo aprobar, si este fuera el caso envió un correo al responsable de Almacén, de caso contrario rechazo dicha solicitud en la que esta vuelve al responsable de ingresar la solicitud para su verificación respectiva. En esto uso una computadora con internet y demora una hora.

- *Verificar Existencia en Almacén:* Responsable consiste en verificar en almacén la existencia del material pedido, si existiera en almacén se procede a la distribución de material en obra, y de no existir se envía un correo al Área Logística para que esta realiza la solicitud de pedido. En esto se usa una computadora con internet y demora una hora.
- *Realizar Solicitud de Pedido:* Esto se hace si no existe en Almacén, el Responsable de Área Logística. En esto uso una computadora y me demora 20 minutos.
- *Revisar Solicitud de Pedido:* Responsable Gerente General. Consiste en revisar si esta llenado perfecto la solicitud, si este fuera el caso firma y pasa al Área Logística para su cotización y si no está bien llenada la solicitud lo regresa a la persona encargada de realizar la solicitud de pedido. Usa una computadora con internet y le demora una hora.
- *Cotizar Orden de Compra:* Responsable Área Logística consiste en ver que proveedores pueden abastecer con el material requerido, que ofrezcan menos precio y que tengan calidad, además que tipo de crédito te dan. En esto uso una computadora con internet, 6 llamadas y tres correos, esto me demora 5 horas.
- *Selección de Proveedor:* Responsable Área Logística. Consiste en ver cual proveedor tiene mejor oferta. Si el proveedor es general en el caso que se quiere comprar Acero se maneja dos proveedores nada más y si nuestros proveedores son técnicamente de, concreto pre-mezclado se mantiene un precio con ellos por lo tanto se tiene que hacer un contrato, al tener este se fija un precio para toda la obra. Uso una computadora con internet y me demora 6 días cada día de 9 horas.
- *Orden de Compra:* La responsable del área de Logística emite la orden de compra al Gerente General para que este firme conjuntamente con el responsables de Contabilidad, esta orden de compra se emite a la empresa para que haga su despacho respectivo, en la que dichas empresas optan por ciertos montos si se pasa de 3000 nuevos soles ellos te lo envían y si no se tiene que mandar a una persona. Una vez que esta el despacho se pasa a verificar las guías de remisión. Usamos computadora con internet, scanner y demora 15 minutos.

- **RESIDENTE DE OBRA**

1. ¿Cómo está estructurada la Obra?

Ilustración 19: Organigrama de la Obra Los Claveles



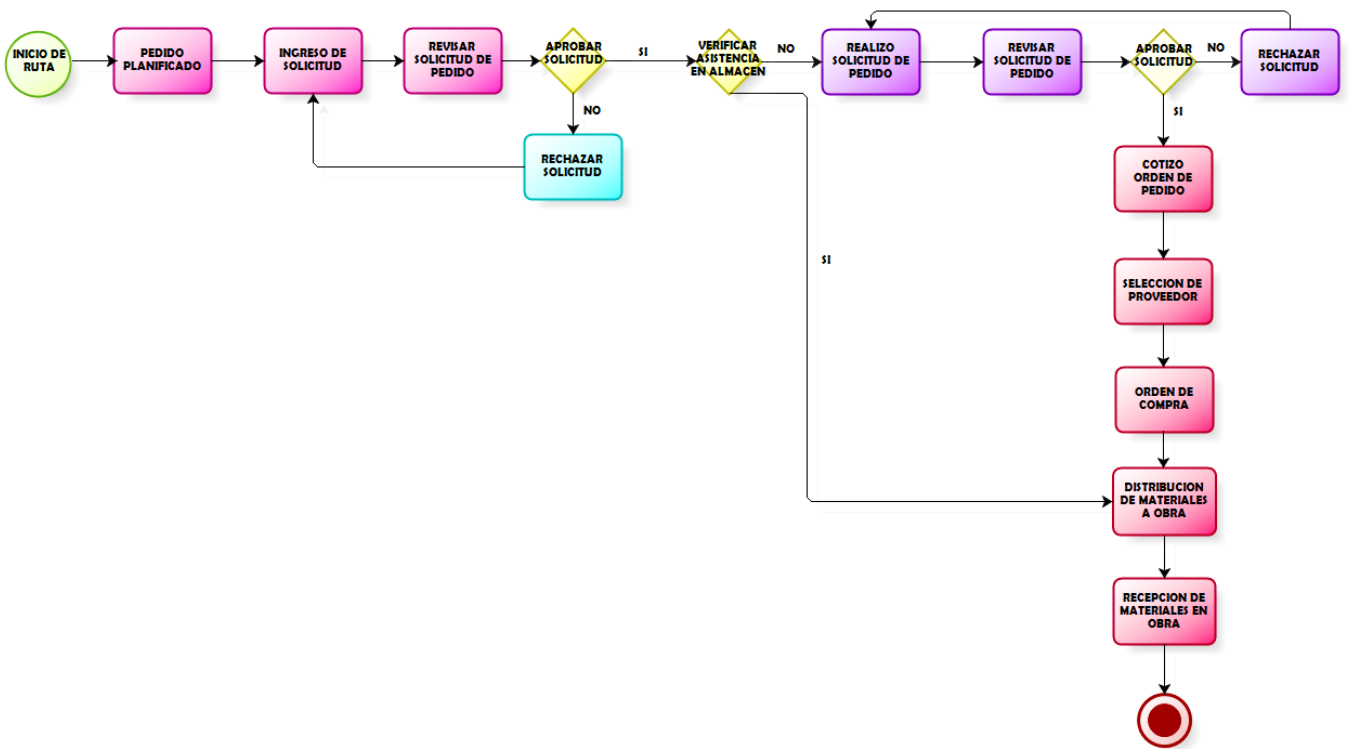
Fuente: Elaboración Propia

2.- ¿Cuáles son sus procedimientos logísticos actuales en la Obra, quien es el encargado de cada uno, cuánto cuesta y que tiempo demora cada procedimiento?

- *Distribución de Materiales a Obra:* este procedimiento no le genera costo ni del área Logística ni del Ingeniero Residente ya que es el proveedor quien se encarga de suministrar directamente a obra.
- *Recepción de Materiales en Obra:* la persona Responsable es el Ingeniero Residente, consiste en recibir el material solicitado si está conforme a la orden de compra, y su distribución del material a su respectivo lugar, se necesitan 3 peones adicional al costo de alquiler para el almacén en obra, este procedimiento demora 5 horas.



Ilustración 20: Proceso logístico de Inversiones DACA S.A.C.



Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.2. Observación Directa

Estos resultados se obtuvieron por intermedio de observaciones directas, realizada en la Obra Los Claveles.

Esta técnica consistió en observar el proceso de suministro de materiales en obra, observar el almacén existente en la obra y tomar nota de ello mediante informes y fotografías.

## 3.2. Resultados Cuantitativos de la Tesis

### 3.2.1. Planificación según Lean Construction

Ésta al estar enfocada en Lean Construction nos permitirá ser lo más productivos posibles y generar un avance a gran escala.

### 3.2.1.1. Sectorización:

## PLANTA TÍPICA (3° AL 6° PISO)

### - VERTICALES

Ilustración 21: Concreto en Verticales

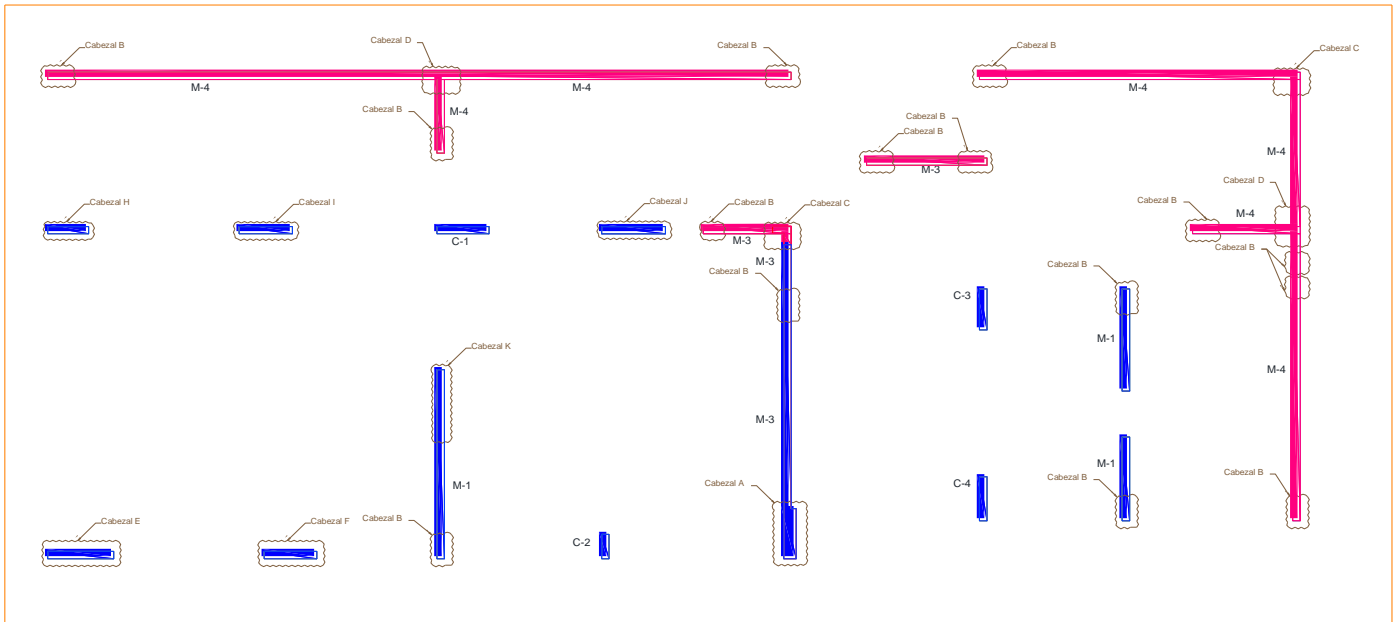


Ilustración 22: Encofrado de Verticales

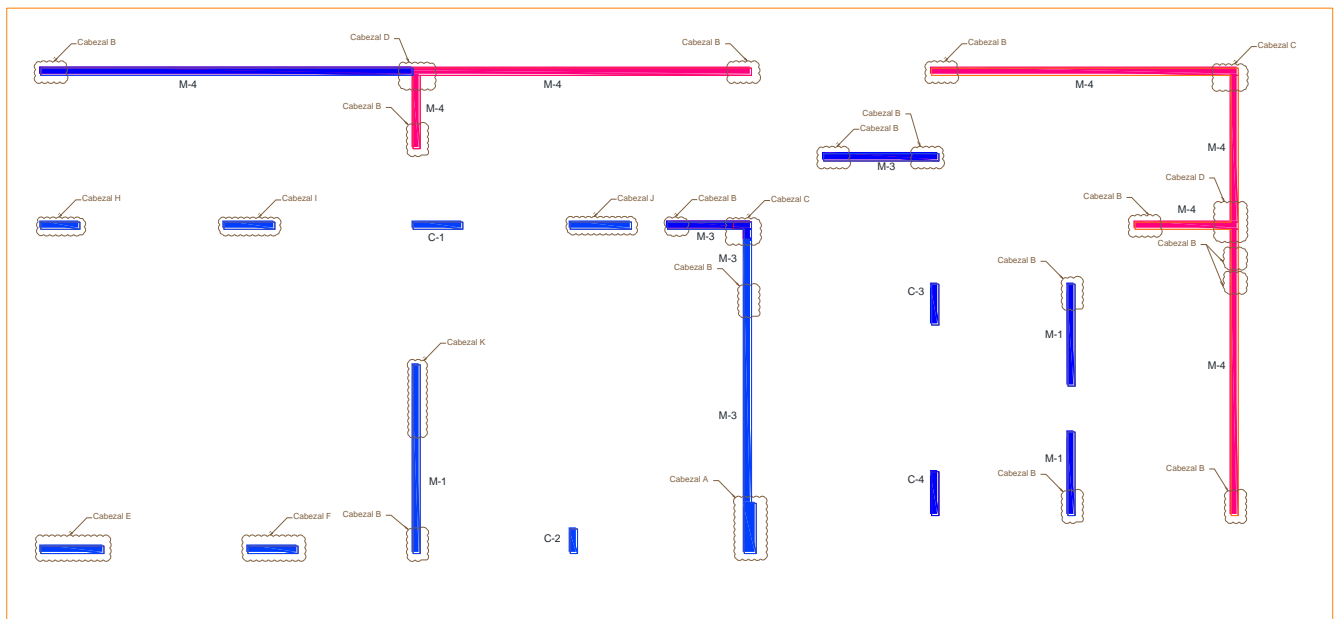
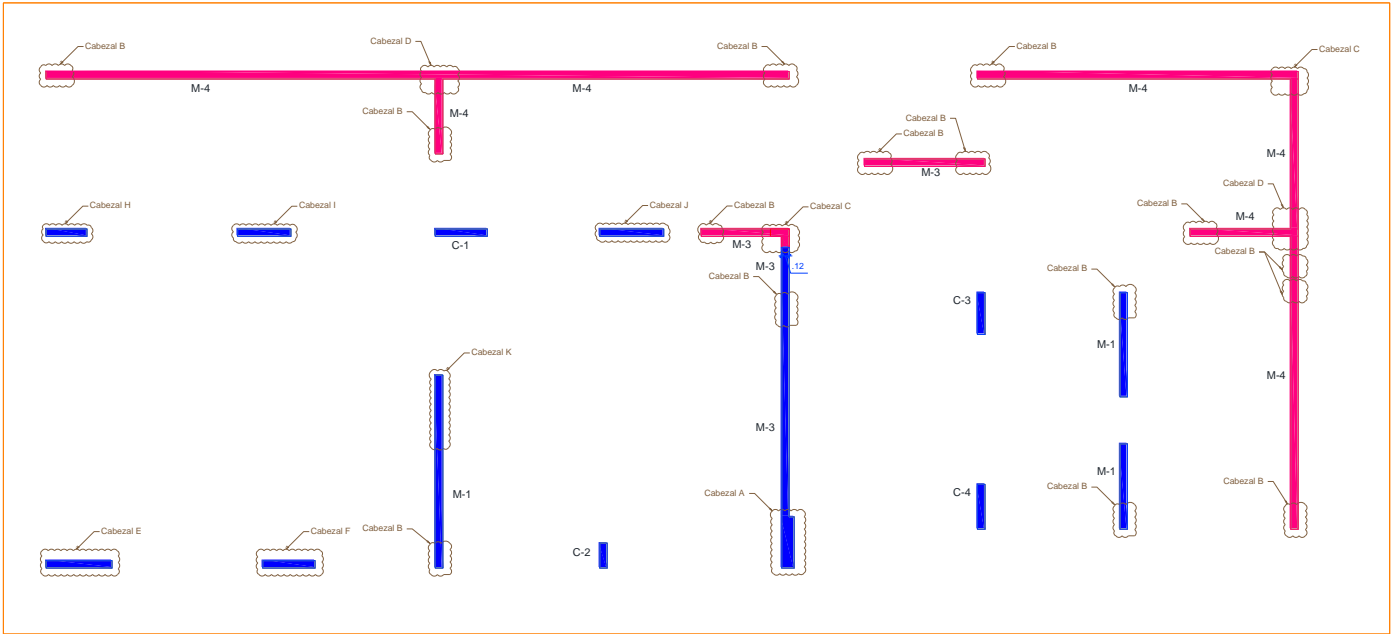


Ilustración 23: Acero de verticales



Cuadro 17: Metrado por Sector en Verticales

VERTICALES	METRADO		
	CONCRETO	ENCOFRADO	ACERO
SECTOR 1	8.78	117.920	1363.67
SECTOR 2	5.71	124.97	1451.45
TOTAL	14.49	242.89	2815.12

- VIGAS

Ilustración 24: Concreto en Vigas

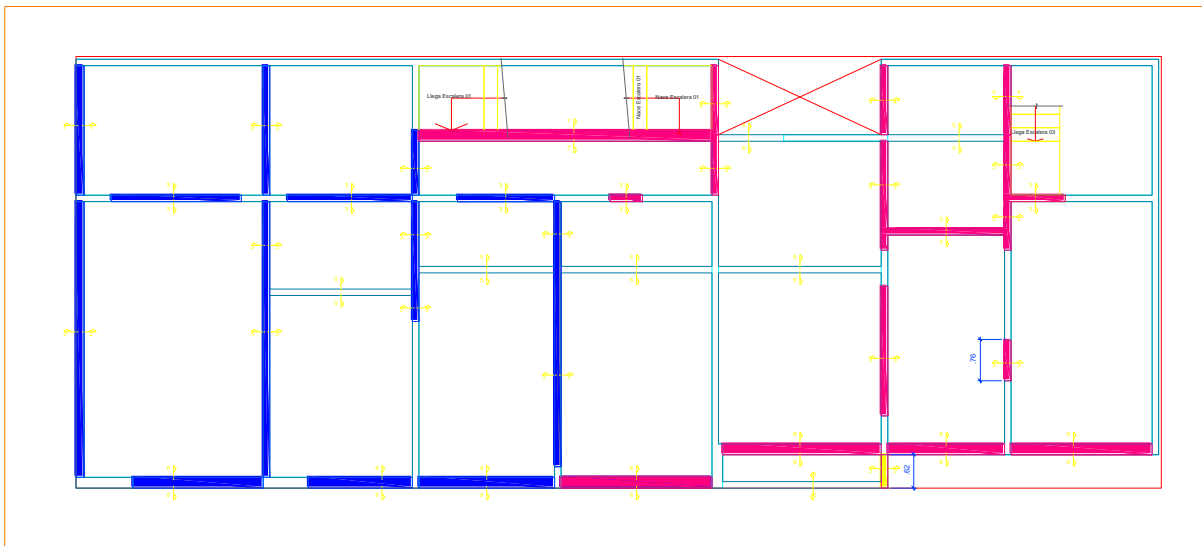


Ilustración 25: Encofrado en vigas

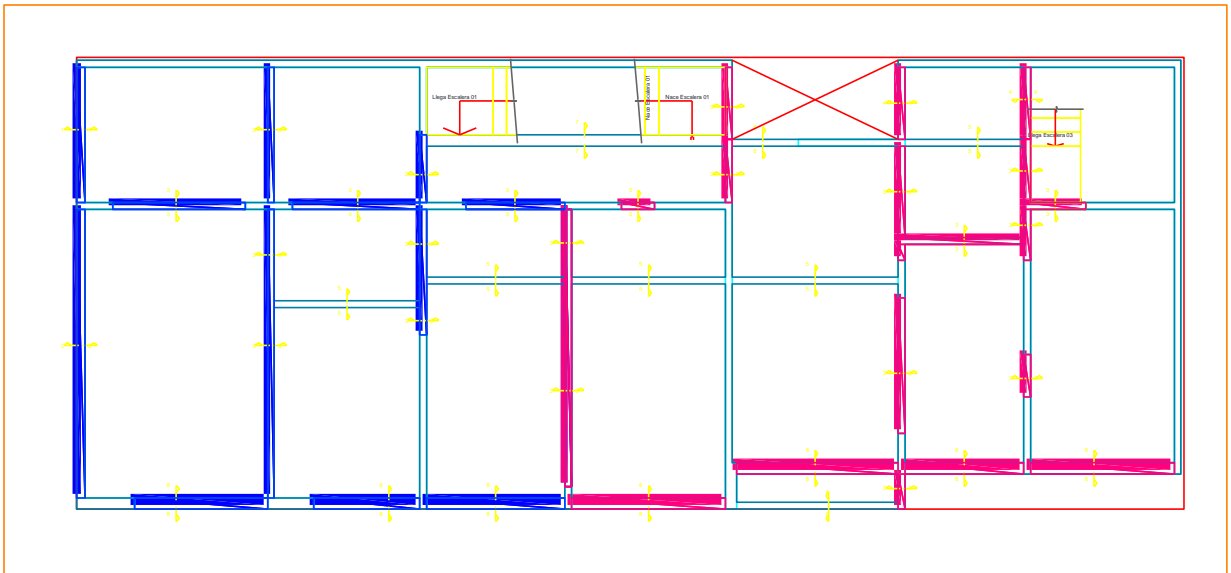
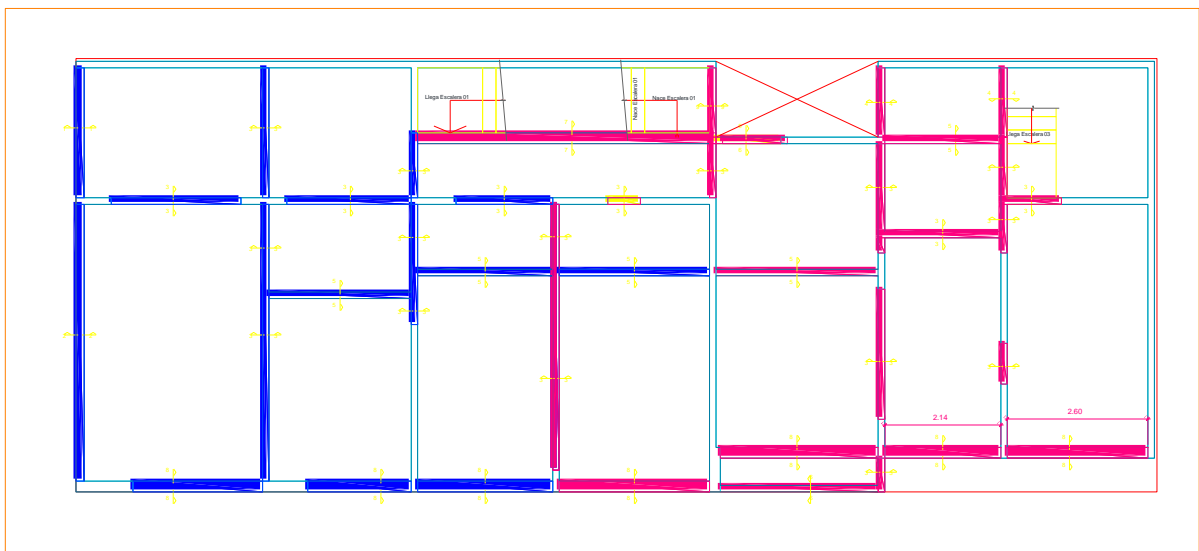


Ilustración 26: Acero en vigas



Cuadro 18: Metrado por sector en vigas

VIGAS	METRADO		
	CONCRETO	ENCOFRADO	ACERO
SECTOR 1	1.24	23.11	241.88
SECTOR 2	1.09	19.95	237.80
TOTAL	2.33	43.05	479.68

- **LOSAS Y ESCALERAS**

Ilustración 27: Concreto en losas y escalera

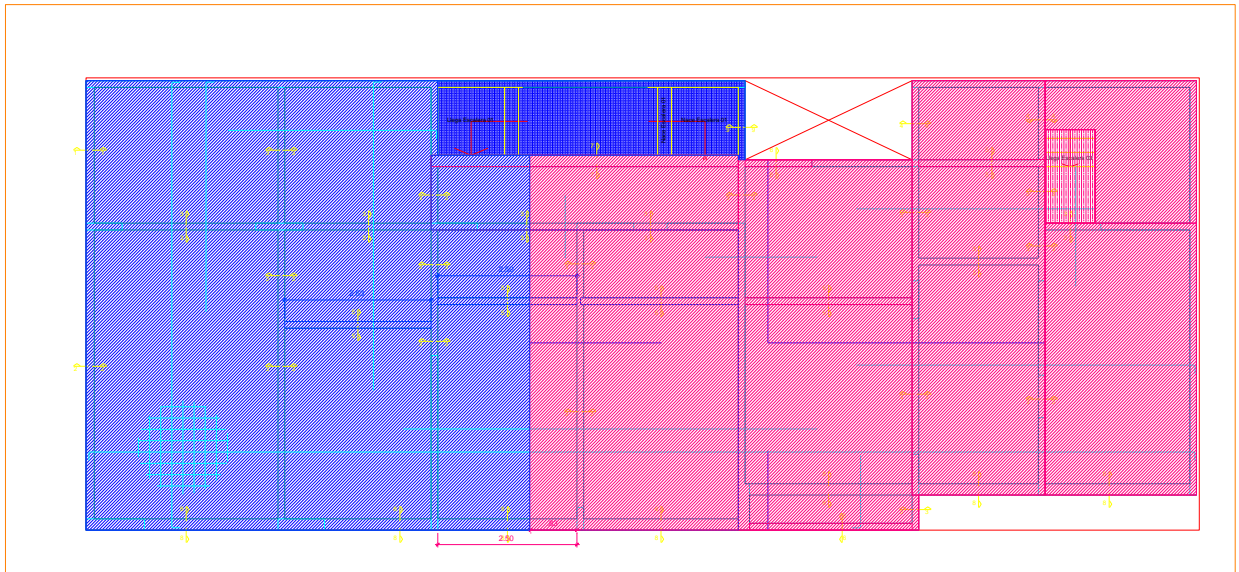


Ilustración 28: Encofrado en losa y escalera

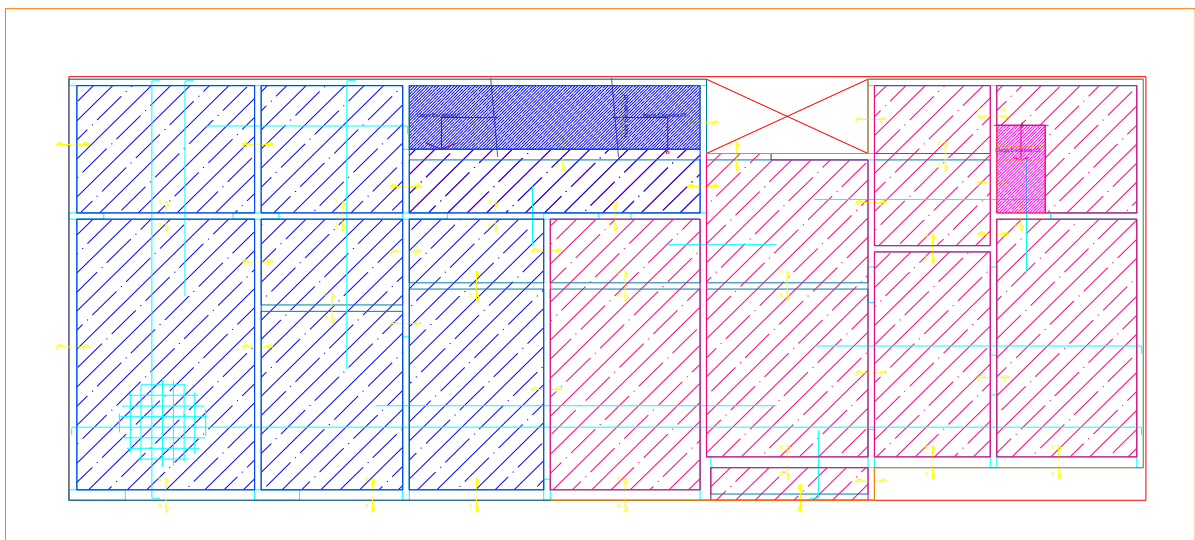
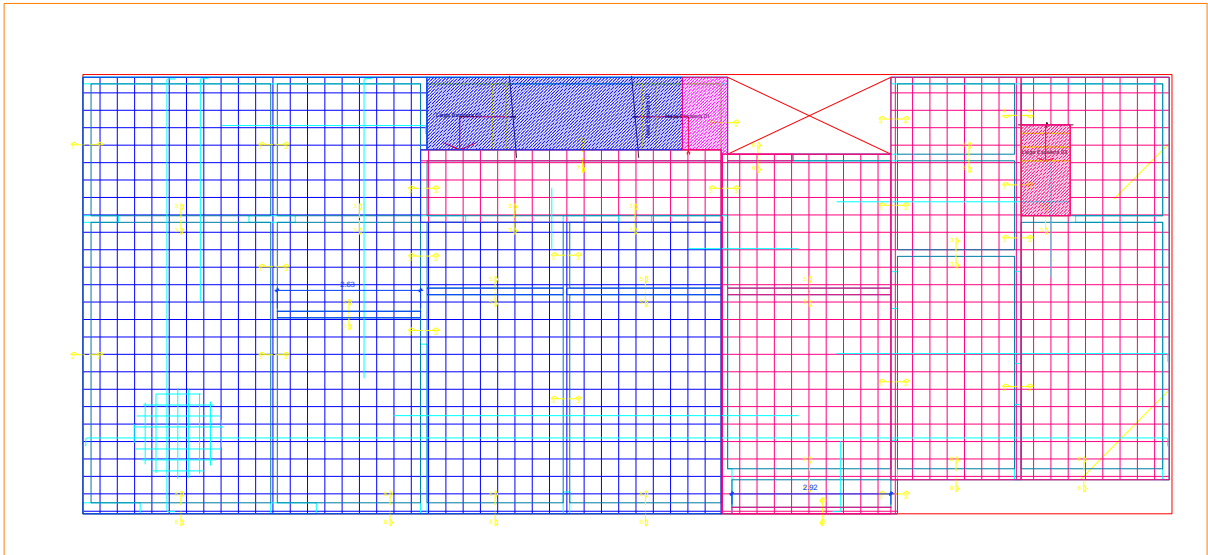


Ilustración 29: Acero en losa y escaleras



Cuadro 19: Metrado por sector en losas

LOSAS	METRADO		
	CONCRETO	ENCOFRADO	ACERO
<b>SECTOR 1</b>	11.95	68.49	<b>804.38</b>
<b>SECTOR 2</b>	10.71	68.29	<b>804.38</b>
<b>TOTAL</b>	22.66	136.78	1608.76

Cuadro 20: Metrado por sector en escaleras

ESCALERAS	METRADO		
	CONCRETO	ENCOFRADO	ACERO
<b>SECTOR 1</b>	1.40	5.28	<b>175.18</b>
<b>SECTOR 2</b>	1.85	7.03	<b>161.88</b>
<b>TOTAL</b>	3.25	12.31	337.06

Tabla 2: Cálculo de trenes de trabajo para un día de un sector

**CÁLCULO DE TRENES PARA UN DÍA DE TRABAJO**

<b>CONCRETO</b>		<b>CAPATAZ</b>	<b>OPERARIO</b>	<b>OFICIAL</b>	<b>PEÓN</b>	<b>OPERADOR</b>	
<b>VERTICALES</b>	<b>Sector 1</b>						
Metrado	8.78	0.1	1	2	8	1	
Rendimiento	15	0.1	1	2	8	1	12.1
Duración [día]	0.59						
Cuadrilla	1						
Duración Neta	0.59						

<b>ENCOFRADO</b>		<b>CAPATAZ</b>	<b>OPERARIO</b>	<b>OFICIAL</b>	<b>PEÓN</b>	<b>OPERADOR</b>	
<b>VERTICALES</b>	<b>Sector 1</b>						
Metrado	117.92	0.1	1	2	1	0	
Rendimiento	85	0.5	5	10	5	0	20.5
Duración [día]	1.39						
Cuadrilla	5						
Duración Neta	0.28						

<b>ACERO</b>		<b>CAPATAZ</b>	<b>OPERARIO</b>	<b>OFICIAL</b>	<b>PEÓN</b>	<b>OPERADOR</b>	
<b>VERTICALES</b>	<b>Sector 1</b>						
Metrado	1363.67	0.1	1	1	0	0	
Rendimiento	350.00	0.6	6	6	0	0	12.6
Duración [día]	3.90						
Cuadrilla	6						
Duración Neta	0.65						

<b>CONCRETO PREMEZCLADO</b>		<b>CAPATAZ</b>	<b>OPERARIO</b>	<b>OFICIAL</b>	<b>PEÓN</b>	<b>OPERADOR</b>	
<b>VIGAS</b>	<b>Sector 1</b>						
Metrado	1.24	0.012	0.246	0.123	0.49	0.12	
Rendimiento	60	0.012	0.246	0.123	0.49	0.12	0.979
Duración [día]	0.02						
Cuadrilla	1						
Duración Neta	0.02						

<b>ENCOFRADO</b>	
<b>VIGAS</b>	<b>Sector 1</b>
Metrado	23.11
Rendimiento	35
Duración [día]	0.66
Cuadrilla	3
Duración Neta	0.22

<b>CAPATAZ</b>	<b>OPERARIO</b>	<b>OFICIAL</b>	<b>PEÓN</b>	<b>OPERADOR</b>	
0.1	2	2	1	0	
0.3	6	6	3	0	15

<b>ACERO</b>	
<b>VIGAS</b>	<b>Sector 1</b>
Metrado	241.88
Rendimiento	280.00
Duración [día]	0.86
Cuadrilla	7
Duración Neta	0.12

<b>CAPATAZ</b>	<b>OPERARIO</b>	<b>OFICIAL</b>	<b>PEÓN</b>	<b>OPERADOR</b>	
0.1	1	1	0	0	
0.7	7	7	0	0	14

<b>CONCRETO PREMEZCLADO</b>	
<b>LOSAS</b>	<b>Sector 1</b>
Metrado	11.95
Rendimiento	60
Duración [día]	0.20
Cuadrilla	1
Duración Neta	0.20

<b>CAPATAZ</b>	<b>OPERARIO</b>	<b>OFICIAL</b>	<b>PEÓN</b>	<b>OPERADOR EQ. LIVIANO</b>	
0.012	0.246	0.123	0.49	0.123	
0.012	0.246	0.123	0.49	0.123	0.994

<b>ENCOFRADO</b>	
<b>LOSAS</b>	<b>Sector 1</b>
Metrado	68.49
Rendimiento	120
Duración [día]	0.57
Cuadrilla	4
Duración Neta	0.14

<b>CAPATAZ</b>	<b>OPERARIO</b>	<b>OFICIAL</b>	<b>PEÓN</b>	<b>OPERADOR</b>	
0.1	1	2	2	0	
0.4	4	8	8	0	20.4



<b>ACERO</b>	
<b>LOSAS</b>	<b>Sector 1</b>
Metrado	804.38
Rendimiento	320.00
Duración [día]	2.51
Cuadrilla	6
Duración Neta	0.42

<b>CAPATAZ</b>	<b>OPERARIO</b>	<b>OFICIAL</b>	<b>PEÓN</b>	<b>OPERADOR</b>	
0.2	1	1	0	0	
0.1	0.4	0.4	0.0	0.0	0.92

<b>CONCRETO PREMEZCLADO</b>	
<b>ESCALERA</b>	<b>Sector 1</b>
Metrado	1.40
Rendimiento	60.00
Duración [día]	0.02
Cuadrilla	1
Duración Neta	0.02

<b>CAPATAZ</b>	<b>OPERARIO</b>	<b>OFICIAL</b>	<b>PEÓN</b>	<b>OPERADOR</b>	
0.012	0.246	0.123	0.49	0.123	
0.012	0.246	0.123	0.49	0.123	0.99

<b>ENCOFRADO</b>	
<b>ESCALERA</b>	<b>Sector 1</b>
Metrado	5.28
Rendimiento	120.00
Duración [día]	0.04
Cuadrilla	1
Duración Neta	0.04

<b>CAPATAZ</b>	<b>OPERARIO</b>	<b>OFICIAL</b>	<b>PEÓN</b>	<b>OPERADOR</b>	
0.1	0	1	2	0	
0.1	0	1	2	0	3.1

<b>ACERO</b>	
<b>ESCALERA</b>	<b>Sector 1</b>
Metrado	175.18
Rendimiento	250.00
Duración [día]	0.70
Cuadrilla	6
Duración Neta	0.12

<b>CAPATAZ</b>	<b>OPERARIO</b>	<b>OFICIAL</b>	<b>PEÓN</b>	<b>OPERADOR</b>	
0.1	1	1	0	0	
0.01	0.12	0.12	0	0	0.25

Ver ANEXO N° 1

### 3.2.1.2.Tren de Actividades:

Teniendo como base la sectorización del Proyecto, se asignará un día para cada partida, pudiéndose hacer dos o más en un solo día, solo limitadas por criterios de Constructabilidad, temas técnicos y temas de recursos.

Cabe resaltar que en el tren fue trabajado para la planta típica del 3er al 6to piso.

Tabla 3: Tren de actividades de Planta Típica (3er a 6to piso)

ACTIVIDADES	SEMANA 1							SEMANA 2						
	L	M	Mi	J	V	S	D	L	M	Mi	J	V	S	D
ACERO EN VERTICALES	S13	S23						S14	S24					
ENCOFRADO EN VERTICALES		S13	S23						S14	S24				
VACIADO EN VERTICALES			S13	S23						S14	S24			
ENCOFRADO DE HORIZONTALES				S13	S23						S14	S24		
ACERO EN HORIZONTALES					S13	S23						S14	S24	
VACIADO EN HORIZONTALES						S13		S23					S14	

Fuente: Elaboración propia

Ver ANEXO N° 2

### 3.2.1.3.Lookahead de Producción

Terminado los trenes de trabajo tanto del sótano, torre de 5 y 13 pisos se realiza el Lookahead de producción, calculando un metrado total de cada actividad para 4 semanas, la cantidad de Horas Hombre que se requiere.

Tabla 4: Lookahead de Producción

LOOKAHEAD DE PRODUCCIÓN																							
								SEMANA:	DEL	29/05/2015	AL	25/07/2015											
PARTIDA DE CONTROL	Und.	TOTAL						SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3				SEMANA 4			
		METRADO	HH/día	Días	HH	RATIO	RENDIM.	METRADO	HH	RATIO	RENDIM.	METRADO	HH	RATIO	RENDIM.	METRADO	HH	RATIO	RENDIM.	METRADO	HH	RATIO	RENDIM.
ACERO EN VERTICALES	Kg	11260.47	65.46	8.00	523.65	0.05	1407.56	2815.12	130.91	0.05	1407.56	2815.12	130.91	0.05	1407.56	2815.12	130.91	0.05	1407.56	2815.12	130.91	0.05	1407.56
ENCOFRADO EN VERTICALES	m <sup>2</sup>	971.56	45.50	8.00	364.03	0.37	121.45	242.89	91.01	0.37	121.45	242.89	91.01	0.37	121.45	242.89	91.01	0.37	121.45	242.89	91.01	0.37	121.45
VACIADO EN VERTICALES	m <sup>2</sup>	57.94	56.65	8.00	453.23	7.82	7.24	14.49	113.31	7.82	7.24	14.49	113.31	7.82	7.24	14.49	113.31	7.82	7.24	14.49	113.31	7.82	7.24
ENCOFRADO DE HORIZONTALES	m <sup>2</sup>	768.57	125.28	8.00	1002.23	1.30	96.07	192.14	250.56	1.30	96.07	192.14	250.56	1.30	96.07	192.14	250.56	1.30	96.07	192.14	250.56	1.30	96.07
ACERO EN HORIZONTALES	Kg	9701.99	79.98	8.00	639.82	0.07	1212.75	2425.50	159.95	0.07	1212.75	2425.50	159.95	0.07	1212.75	2425.50	159.95	0.07	1212.75	2425.50	159.95	0.07	1212.75
VACIADO EN HORIZONTALES	m <sup>2</sup>	99.29	5.77	7.00	40.39	0.41	14.18	14.59	5.77	0.40	14.59	28.24	11.54	0.41	14.12	28.24	11.54	0.41	14.12	28.24	11.54	0.41	14.12

Fuente: Elaboración Propia

Ver ANEXO N° 3

### 3.2.1.4. Lookahead de Materiales:

Terminado los trenes de trabajo de la Planta Típica, se realiza el Lookahead de materiales, calculando un metrado total de cada material para 4 semanas, teniendo así un mayor control de los materiales.

Tabla 5: Planta Típica Lookahead de Materiales (Suministro a Obra)

LOOKAHEAD DE MATERIALES						
SEMANA:		DEL	29/06/2015	AL	25/07/2015	
PARTIDA DE CONTROL	Und.	TOTAL	CONSUMO SEMANA 1	CONSUMO SEMANA 2	CONSUMO SEMANA 3	CONSUMO SEMANA 4
		CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD
<b>Acero en Verticales</b>						
alambre negro recocido N°16	Kg	563.02	140.76	140.76	140.76	140.76
Fierro corrugado de 1/2"	Kg.	11260.47	2815.12	2815.12	2815.12	2815.12
<b>Encofrado en Verticales</b>						
Alambre negro recocido # 8	Kg	48.58	12.14	12.14	12.14	12.14
Desencofrante	Kg	23.32	5.83	5.83	5.83	5.83
Separador para mallas	p <sup>2</sup>	1943.12	485.78	485.78	485.78	485.78
Sistema de encofrado Metálico para placas (Ligero)	m <sup>2</sup>	971.56	242.89	242.89	242.89	242.89
Limpieza y Mantenimiento de Equipos de Encofrado Vertical	m <sup>2</sup>	97.16	24.29	24.29	24.29	24.29
<b>Concreto en Verticales</b>						
Piedra chancada de 1/2"	m <sup>3</sup>	49.25	12.31	12.31	12.31	12.31
Arena Gruesa	m <sup>3</sup>	24.34	6.08	6.08	6.08	6.08
Agua Puesta en Obra	m <sup>3</sup>	10.43	2.61	2.61	2.61	2.61
Cemento Portland tipo I (42.5 Kg)	Bols.	564.34	141.09	141.09	141.09	141.09
Petroleo D-2	Gal	2.90	0.72	0.72	0.72	0.72
<b>Encofrado de Vigas</b>						
Alambre negro recocido #8	Kg	4.31	1.08	1.08	1.08	1.08
Desencofrante	Kg	4.13	1.03	1.03	1.03	1.03
Liston de madera Tornillo 3"x3"x7'	p <sup>2</sup>	86.10	21.53	21.53	21.53	21.53
Sistema de encofrado para fondos y laterales de viga	m <sup>2</sup>	172.21	43.05	43.05	43.05	43.05
Limpieza y Mantenimiento de Equipos de Encofrado Horizontales	m <sup>2</sup>	17.22	4.31	4.31	4.31	4.31
<b>Acero en Vigas</b>						
alambre negro recocido N°16	Kg	95.94	23.98	23.98	23.98	23.98

Fierro corrugado de 1/2"	Kg	1918.71	479.68	479.68	479.68	479.68
<b>Encofrado de losas y escaleras</b>						
Clavos para madera de 2 a 4	Kg	29.82	7.45	7.45	7.45	7.45
Desencofrante	Kg	14.31	3.58	3.58	3.58	3.58
Liston de madera Tornillo 3"x3"x7'	p <sup>2</sup>	1.19	0.30	0.30	0.30	0.30
Panel de Madera de Triplay Fenólico 2.44x1.22m.	und.	200.34	50.08	50.08	50.08	50.08
Separador para mallas	und.	2981.84	745.46	745.46	745.46	745.46
Sistema de encofrado para fondos de losa	m <sup>2</sup>	596.37	149.09	149.09	149.09	149.09
Limpieza y Mantenimiento de Equipos de Encofrado Horizontales	m <sup>2</sup>	59.64	14.91	14.91	14.91	14.91
<b>Acero en Losas</b>						
alambre negro recocado N°16	Kg	321.75	80.44	80.44	80.44	80.44
Fierro corrugado de 1/2"	Kg.	6435.03	1608.76	1608.76	1608.76	1608.76
<b>Acero en Escaleras</b>						
alambre negro recocado N°16	Kg	67.41	16.85	16.85	16.85	16.85
Fierro corrugado de 1/2"	Kg.	1348.24	337.06	337.06	337.06	337.06
<b>Concreto en Horizontales</b>						
Concreto Premezclado c/ cemento tipo I F'c=210/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	13.50	1.98	3.84	3.84	3.84

Fuente: Elaboración Propia

Ver ANEXO N° 4

Tabla 6: Cuadro de Recursos Críticos

ITEM	ESPECIALIDAD	ELEMENTO	Cotización y selección (a)	Orden de compra/ servicios (b)	Entrega puesta en obra (c)	Fecha de instalación (d)	Tiempo de llegada	Semana 1							Semana 2												
								22/06/2015	23/06/2015	24/06/2015	25/06/2015	26/06/2015	27/06/2015	28/06/2015	29/06/2015	30/06/2015	1/07/2015	2/07/2015	3/07/2015	4/07/2015	5/07/2015						
EDIFICIO DE 3° A AZOTEA	ESTRUCTURAS							L	M	Mi	J	V	S	D	L	M	Mi	J	V	S	D						
		1	acero corrugado Fy=4200 Kg/cm <sup>2</sup> Grado 60	1	1	1		3																			
		3	Concreto	1	1	1		3																			
		4	concreto pre-mezclado (Horizontales)	1	1	1		3																			

Fuente: Elaboración Propia

Ver ANEXO N° 5

Tabla 7: Cuadro de Recursos Alta Rotación

ITEM	ESPECIALIDAD	ELEMENTO	Cotización y selección (a)	Orden de compra/ servicios (b)	Entrega puesta en obra (c)	Fecha de instalación (d)	Tiempo de llegada	Semana 1							Semana 2								
								22/06/2015	23/06/2015	24/06/2015	25/06/2015	26/06/2015	27/06/2015	28/06/2015	29/06/2015	30/06/2015	1/07/2015	2/07/2015	3/07/2015	4/07/2015	5/07/2015		
								L	M	Mi	J	V	S	D	L	M	Mi	J	V	S	D		
EDIFICIO DE 3° A AZOTEA	ESTRUCTURAS	acero corrugado Fy=4200 Kg/cm <sup>2</sup> 1/2"	1	1	1		3																
		Alambre #16	1	1	1		3																
		alambre #8	1	1	1		3																
		Concreto concreto pre- mezclado (Horizontales)	1	1	1		3																

Fuente: Elaboración Propia

Ver ANEXO N° 6

Tabla 8: Cantidad de Uso según tipo de Recurso

TIPO DE RECURSO	CANTIDAD DE USO	TOTAL DE USO POR RECURSO	% DE USO POR RECURSO
<b>RECURSOS CRÍTICOS</b>			
Acero corrugado Fy=4200 Kg/cm <sup>2</sup> Grado 60	20	40	50%
Concreto	10		
Concreto pre-mezclado (Horizontales)	10		
<b>RECURSOS ALTA ROTACIÓN</b>			
Acero corrugado Fy=4200 Kg/cm <sup>2</sup> Grado 60	20	40	50%
Concreto	10		
Concreto pre-mezclado (Horizontales)	10		
<b>TOTAL</b>	80		100%

Fuente: Elaboración Propia



## IV. DISCUSION DE RESULTADOS

### 4.1. Lead Time

En base a los Lookahead, se calculó los Lead Time. Siendo estos lead time el tiempo que demora desde el momento en que se hace el requerimiento del material hasta su instalación en obra.

Este proceso se realizó para la Planta Típica desde el nivel 3° hasta la azotea.

Cuadro 21: Datos de la empresa

PARTIDA DE CONTROL	UND	SEMANA 0	SEMANA 1 (INICIO DE OBRA)	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6 (TÉRMINO DE OBRA)											
		22/06/2015	23/06/2015	24/06/2015	25/06/2015	26/06/2015	27/06/2015	28/06/2015	29/06/2015	30/06/2015	01/07/2015	02/07/2015	03/07/2015	04/07/2015	05/07/2015	06/07/2015	07/07/2015	08/07/2015	
<b>PISO 3</b>																			
<b>Acero en Verticales</b>																			
alambre negro recocido N°16	Kg																		
Fierro corrugado de 12"	Kg																		
<b>Encofrado en Verticales</b>																			
Alambre negro recocido # 8	kg																		
Desencofrante	kg																		
Separador para mallas	p <sup>2</sup>																		
Sistema de encofrado Metálico para placas (Ligero)	m <sup>2</sup>																		
Limpieza y Mantenimiento de Equipos de Encofrado Vertical	m <sup>2</sup>																		

Fuente: Elaboración Propia

Ver ANEXO N° 7

#### 4.2.Rutas de Proceso Logístico:

Del proceso logístico de la empresa en estudio se determinó 6 rutas, las cuales se utilizan para realizar los pedidos de materiales.

Cuadro 22: Datos de la empresa

<b>1kwh</b>	S/.	0.4504	
<b>1 computadora</b>		300	W
<b>1kw</b>		1000	W
<b>computadora</b>		70	S/. Mes
<b>Internet</b>		79	S/. Mes
<b>Teléfono</b>		79	S/. Mes
<b>Luz</b>		250	S/. Mes
<b>Alquiler de oficina y almacén de obra</b>		150	S/. Mes
<b>Escáner</b>		150	W

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 23: Costo de cada Procedimiento Logístico

Nombre	COSTO (S./m)	TIEMPO (m)	COSTO TOTAL (S/.)
<b>Pedido planificado</b>	0.005	180	0.950
<b>Ingresar solicitud</b>	0.011	30	0.332
<b>Revisar solicitud de pedido</b>	0.011	60	0.664
<b>Aprobar solicitud</b>	0.607	30	18.212
<b>Rechazar solicitud</b>	0.011	30	0.332
<b>Verificar existencia en almacén</b>	0.009	60	0.567
<b>Realizar solicitud de pedido</b>	0.007	20	0.148
<b>Revisar solicitud de pedido</b>	0.009	60	0.554
<b>Aprobar solicitud</b>	0.007	15	0.111
<b>Rechazar solicitud</b>	0.009	10	0.092
<b>Cotizo orden de pedido</b>	0.011	300	3.319
<b>Selecciono mi proveedor</b>	0.011	3240	35.850
<b>Orden de compra</b>	0.008	15	0.114
<b>Distribución de materiales a obra</b>			
<b>Recepción de materiales a obra</b>	0.604	300	181.085

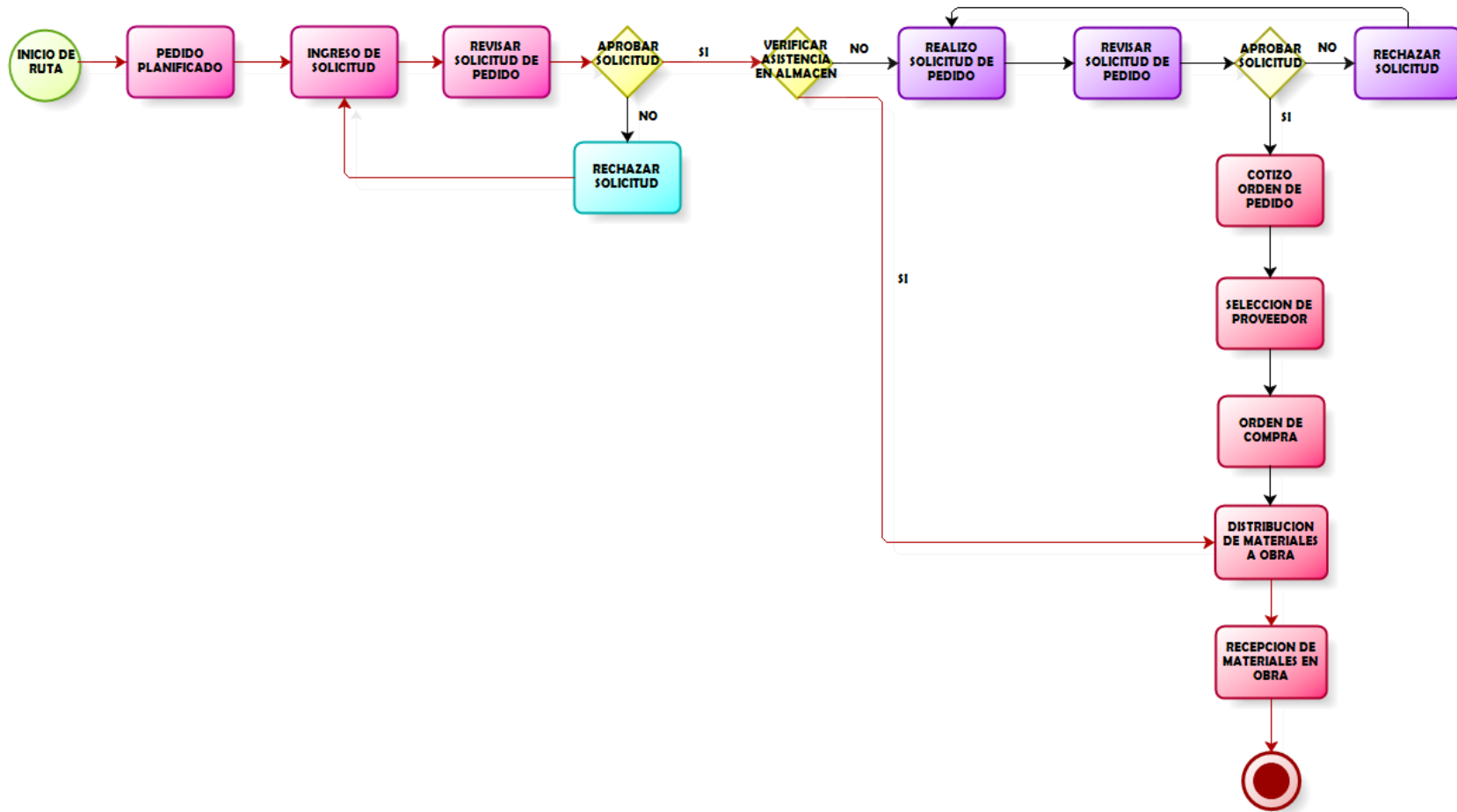
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 24: Rutas de cada Procedimiento Logístico

	RUTA DE PROCESO LOGÍSTICO					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6
Pedido planificado	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950	0.950
Ingresar solicitud	0.332	0.332	0.332	0.332	0.332	0.332
Revisar solicitud de pedido	0.664	0.664	0.664	0.664	0.664	0.664
Aprobar solicitud	18.212	18.212	18.212	18.212	18.212	18.212
Rechazar solicitud	0.332		0.332		0.332	
Verificar existencia en almacén	0.567	0.567	0.567	0.567	0.567	0.567
Realizar solicitud de pedido	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148
Revisar solicitud de pedido			0.554	0.554	0.554	0.554
Aprobar solicitud			0.111	0.111	0.111	0.111
Rechazar solicitud					0.092	0.092
Cotizo orden de pedido			3.319	3.319	3.319	3.319
Selecciono mi proveedor			35.850	35.850	35.850	35.850
Orden de compra			0.114	0.114	0.114	0.114
Distribución de materiales a obra		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Recepción de materiales a obra	181.085	181.085	181.085	181.085	181.085	181.085
<b>COSTO TOTAL DE RUTA</b>	<b>202.289</b>	<b>201.957</b>	<b>242.238</b>	<b>241.906</b>	<b>242.331</b>	<b>241.999</b>
<b>COSTO TOTAL DE RUTA SIN COTIZACION, NI SELECCIÓN DE PROVEEDORES</b>	<b>202.289</b>	<b>201.957</b>	<b>203.069</b>	<b>202.737</b>	<b>203.161</b>	<b>202.829</b>

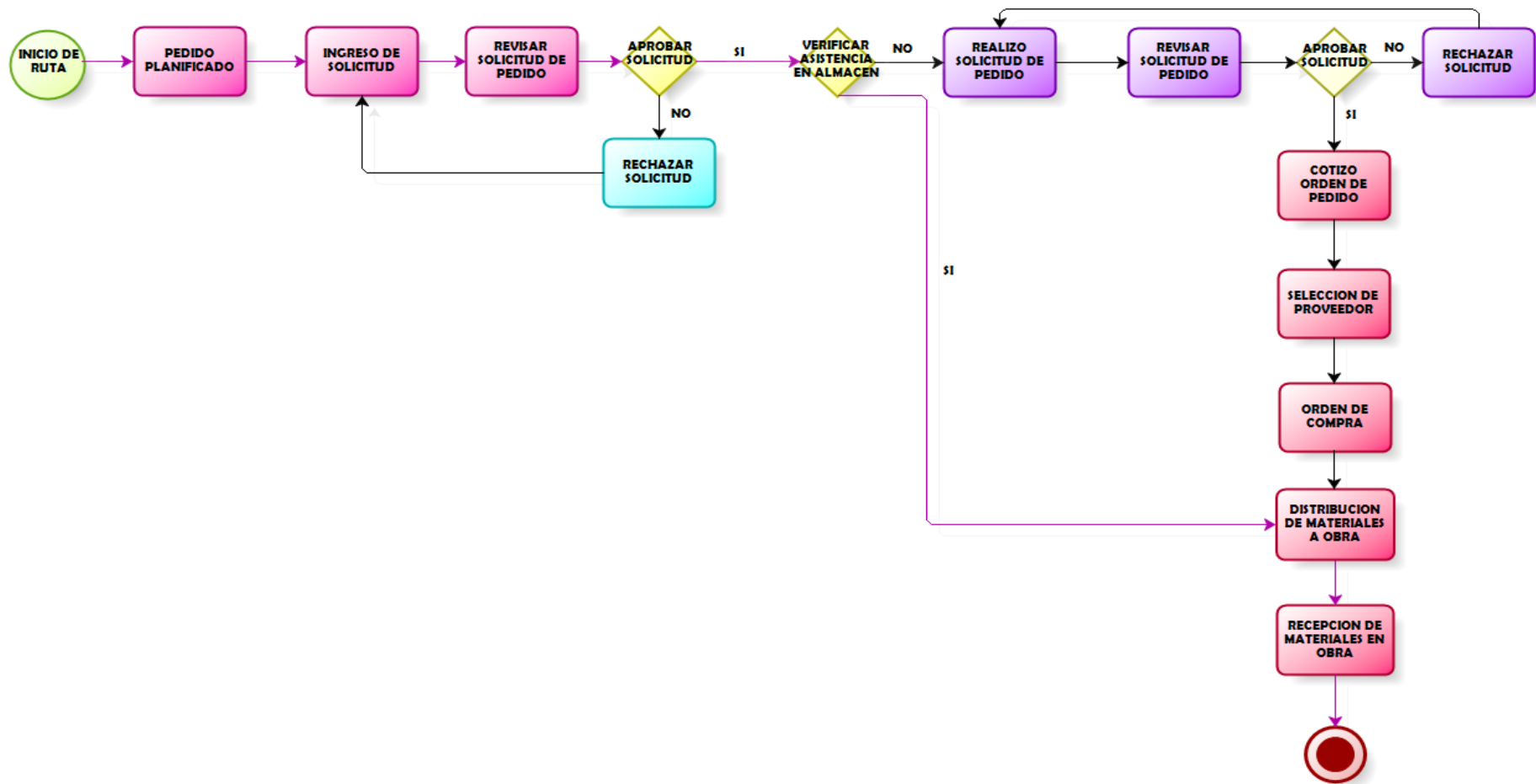
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 30: Ruta 1



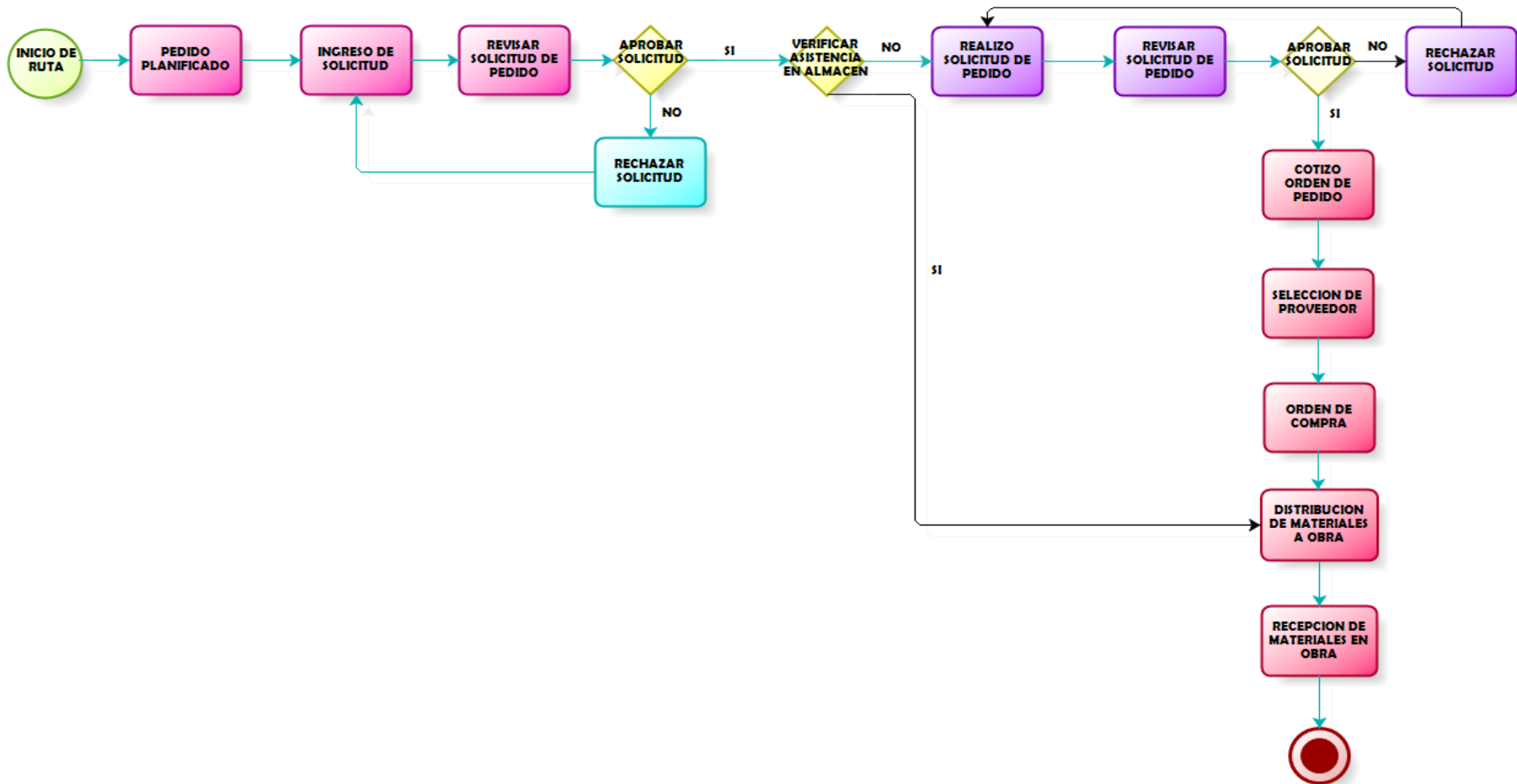
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 31: Ruta 2



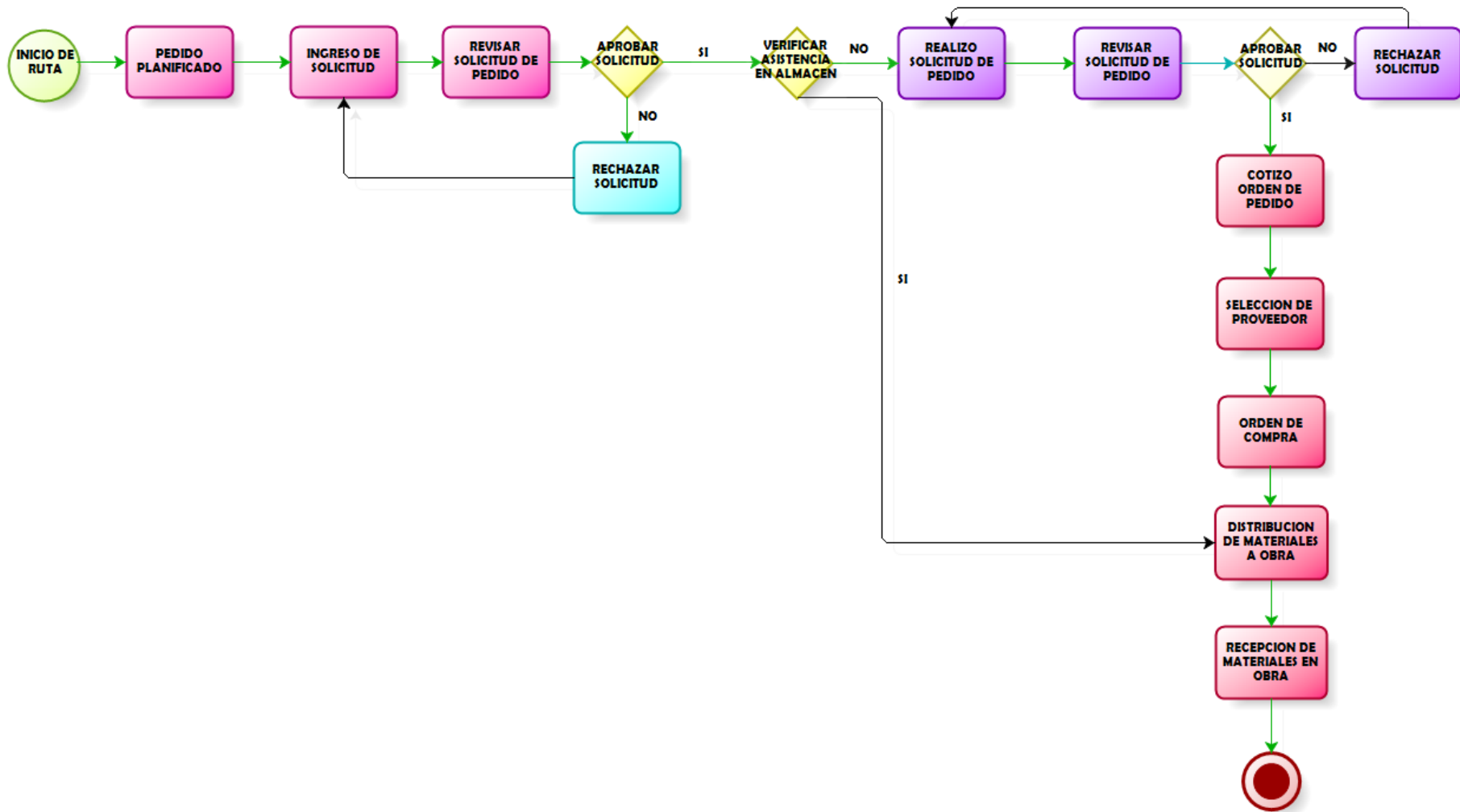
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 32: Ruta 3



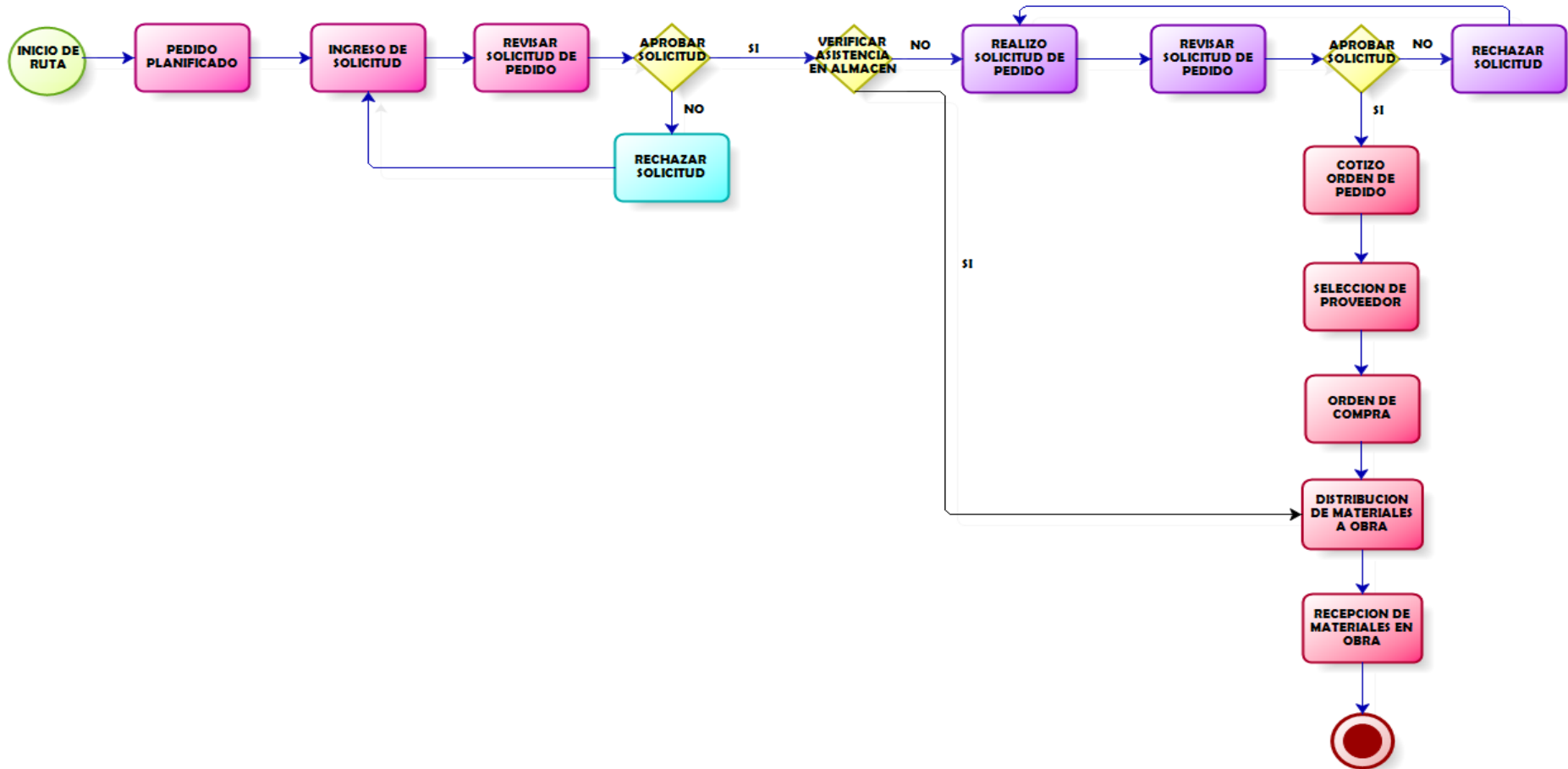
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 33: Ruta 4



Fuente: Elaboración Propia

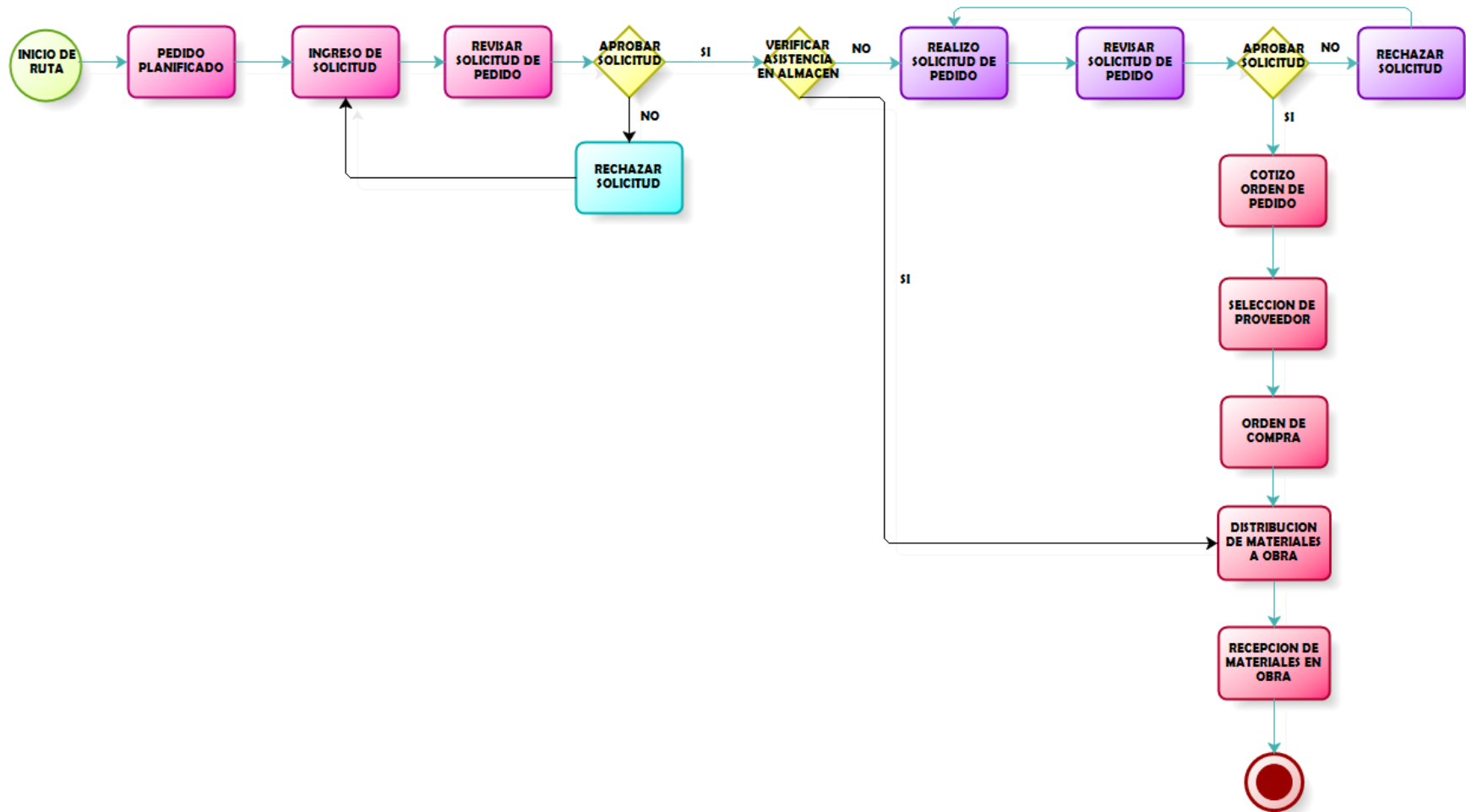
Ilustración 34: Ruta 5



Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 35: Ruta 6



Fuente: Elaboración Propia

### 4.3. Propuesta de Mejora

#### Proceso Logístico

Al contar con las 6 rutas con las que la empresa trabaja como también se conocen las fechas de pedido de material por parte de la empresa para Acero, concreto y Concreto pre-mezclado. Se procedió a calcular los costos por el número de rutas para obtener cual es el costo por parte de la Empresa, para así poder hacer nuestros cálculos y ver en cuanto porcentaje se puede disminuir el costo logístico.

Tabla 9: Pedido de material para planta típica

MATERIALES	26-Jun-15	1-Jul-15	8-Jul-15	15-Jul-15	22-Jul-15	31-Jul-15
acero corrugado Fy=4200 Kg/cm <sup>2</sup> Grado 60	R4	R4	R4	R6	R6	R6
MATERIALES	29-Jun-15	6-Jul-15	13-Jul-15	20-Jul-15	27-Jul-15	
Concreto	R5	R5	R4	R4	R4	
MATERIALES	2-Jul-15	10-Jul-15	16-Jul-15	23-Jul-15	1-Ago-15	
concreto pre-mezclado (Horizontales)	R4	R4	R6	R6	R6	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10: Costo de pedidos de la Empresa sin Cotización ni Selección de Proveedores

MATERIALES	N° DE PEDIDOS	R1	R2	R3	R4	R5	R6	SUMA DE RUTAS	COSTO TOTAL
acero corrugado Fy=4200 Kg/cm <sup>2</sup> Grado 60	6	202.28	201.96	203.07	202.74	203.16	202.829	3R6+3R4	1216.7
Concreto	5	202.28	201.96	203.07	202.74	203.16	202.829	2R5+3R4	1014.5
concreto pre-mezclado (Horizontales)	5	202.28	201.96	203.07	202.74	203.16	202.829	2R4+3R4	1014
									3245.2

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11: Pedido de material para planta típica Escenario 1

ESCENARIO 1					
MATERIALES	26-Jun-15	1-Jul-15	8-Jul-15	15-Jul-15	22-Jul-15
acero corrugado $F_y=4200 \text{ Kg/cm}^2$ Grado 60	R6		R4		R4
MATERIALES	29-Jun-15	6-Jul-15	13-Jul-15	20-Jul-15	27-Jul-15
Concreto	R5		R5		R4
MATERIALES	2-Jul-15	10-Jul-15	16-Jul-15	23-Jul-15	1-Ago-15
concreto pre-mezclado (Horizontales)	R4	R4	R4	R4	R4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12: Costo de pedidos de la Empresa sin Cotización ni Selección de Proveedores

ESCENARIO 1									
MATERIALES	N° DE PEDIDOS	R1	R2	R3	R4	R5	R6	SUMA DE RUTAS	COSTO TOTAL
acero corrugado $F_y=4200 \text{ Kg/cm}^2$ Grado 60	3	202.28	201.96	203.07	202.74	203.16	202.82	R6+2R4	608.3
Concreto	3	202.28	201.96	203.07	202.74	203.16	202.82	2R5+R4	609.06
concreto pre-mezclado (Horizontales)	5	202.28	201.96	203.07	202.74	203.16	202.82	5R4	1013.7
									2231

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13: Pedido de material para planta típica Escenario 2

ESCENARIO 2					
MATERIALES	26-Jun-15	1-Jul-15	8-Jul-15	15-Jul-15	22-Jul-15
acero corrugado Fy=4200 Kg/cm <sup>2</sup> Grado 60	R6		R4		R4
MATERIALES	29-Jun-15	6-Jul-15	13-Jul-15	20-Jul-15	27-Jul-15
Concreto	R5	R5	R5	R4	R4
MATERIALES	2-Jul-15	10-Jul-15	16-Jul-15	23-Jul-15	1-Ago-15
concreto pre-mezclado	R4	R4	R4	R4	R4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14: Costo de pedidos de la Empresa sin Cotización ni Selección de Proveedores

ESCENARIO 2									
MATERIALES	N° DE PEDIDOS	R1	R2	R3	R4	R5	R6	SUMA DE RUTAS	COSTO TOTAL
acero corrugado Fy=4200 Kg/cm <sup>2</sup> Grado 60	3	202.28	201.96	203.07	202.74	203.16	202.82	R6+2R4	608.3
Concreto	5	202.28	201.96	203.07	202.74	203.16	202.82	3R5+3R4	1015
concreto pre-mezclado	5	202.28	201.96	203.07	202.74	203.16	202.82	5R4	1013.7
									2636.9

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15: Cuadro Comparativo entre la Empresa y la Propuesta de mejora

<b>DISMINUCIÓN DE COSTOS LOGISTICOS ESCENARIO 1</b>	
<b>COSTO PROPUESTO</b>	<b>2231.0</b>
<b>COSTO EJECUTADO POR LA EMPRESA</b>	<b>3245.2</b>
<b>DIFERENCIA GENERADORA DE VALOR</b>	<b>45%</b>
<b>DISMINUCIÓN DE COSTOS LOGISTICOS ESCENARIO 2</b>	
<b>COSTO PROPUESTO</b>	<b>2636.9</b>
<b>COSTO EJECUTADO POR LA EMPRESA</b>	<b>3245.2</b>
<b>DIFERENCIA GENERADORA DE VALOR</b>	<b>23%</b>

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados obtenidos se propone que La Empresa Constructora Representaciones Daca S.A.C. Debe usar el Escenario numero 1 ya que con este su variación de costos Logísticos es un 45% en donde sus pedidos de acuerdo a los Lead Time se tienen que realizar en esas fechas propuestas.

### Optimización de Material – Encofrado

Tabla 16: Rendimiento de Encofrado

<b>RENDIMIENTOS</b>			
	<b>ENCOFRADO MADERA [m<sup>2</sup>/d]</b>	<b>ENCOFRADO METÁLICO [m<sup>2</sup>/d]</b>	<b>DIFERENCIAL [m<sup>2</sup>/d]</b>
<b>VERTICALES</b>	35.00	85.00	50.00
<b>VIGAS</b>	24.00	35.00	11.00
<b>LOSAS MACIZA</b>	54.00	120.00	66.00
<b>ESCALERAS</b>	12.00	120.00	108.00

Fuente: Elaboración Propia

VER ANEXO N° 8

### Rentabilidad Operativa

Con el fin de ser más productivos, disminuir tiempos y costos para los procesos constructivos, optamos por cambiar el tipo de material de encofrado de madera a metálico. Con esta propuesta demostraremos que el rendimiento por día variara según el tipo de encofrado que se use.

Interprendo los resultados del cuadro anterior se observa que en la partida de verticales hay una diferencia adicional de 50 m<sup>2</sup>/d, usando encofrado metálico, en comparación con el encofrado madera.

Tabla 17: Rentabilidad por Método Last Planner System ®

RENTABILIDAD OPERATIVA UTILIZANDO EL SISTEMA LAST PLANER SYSTEM	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	AZOTEA	
	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6
<b>COSTO DE MATERIALES</b>	30153.76	28106.16	28106.16	28106.16	2071.90	1044.24
<b>COSTO DE PERSONAL</b>	24066.85	26468.23	26468.23	26468.23	681.73	405.36
<b>HERRAMIENTAS</b>	1534.49	1534.49	1534.49	1534.49	306.90	306.90
<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>55755.10</b>	<b>56108.87</b>	<b>56108.87</b>	<b>56108.87</b>	<b>3060.53</b>	<b>1756.50</b>
<b>GASTOS GENERALES (10%)</b>	5575.51	5610.89	5610.89	5610.89	306.05	175.65
<b>COSTO INDIRECTO</b>	5575.51	5610.89	5610.89	5610.89	306.05	175.65
<b>COSTO TOTAL</b>	61330.61	61719.76	61719.76	61719.76	5298.73	
<b>VENTA</b>	<b>155108.67</b>	<b>155063.99</b>	<b>138749.42</b>	<b>152705.10</b>	<b>14830.91</b>	
<b>R2 (Rentabilidad Operativa final)</b>	<b>153%</b>	<b>151%</b>	<b>125%</b>	<b>147%</b>	<b>180%</b>	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18: Rentabilidad por Método Tradicional

<b>RENTABILIDAD OPERATIVA CON LA FORMA TRADICIONAL POR NIVELES</b>	<b>NIVEL 3</b>	<b>NIVEL 4</b>	<b>NIVEL 5</b>	<b>NIVEL 6</b>
<b>COSTO TOTAL</b>	70298.6	69423.42	72191.81	75331.69
<b>VENTAS</b>	155108.67	155063.99	138749.42	152705.10
<b>R1 (Rentabilidad Operativa Inicial)</b>	<b>121%</b>	<b>123%</b>	<b>92%</b>	<b>103%</b>

Fuente: Elaboración Propia

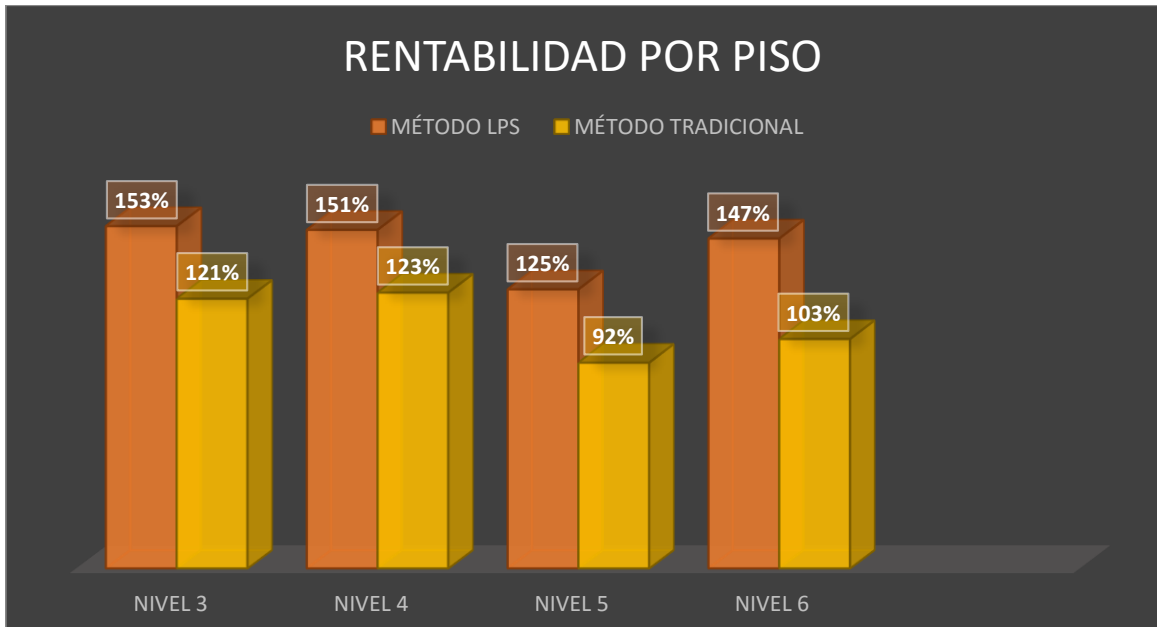
Tabla 19: Rentabilidad Operativa

	<b>NIVEL 3</b>	<b>NIVEL 4</b>	<b>NIVEL 5</b>	<b>NIVEL 6</b>
<b>R1</b>	121%	123%	92%	103%
<b>R2</b>	153%	151%	125%	147%
<b>RENTABILIDAD OPERATIVA</b>	<b>27%</b>	<b>23%</b>	<b>35%</b>	<b>44%</b>

Fuente: Elaboración Propia

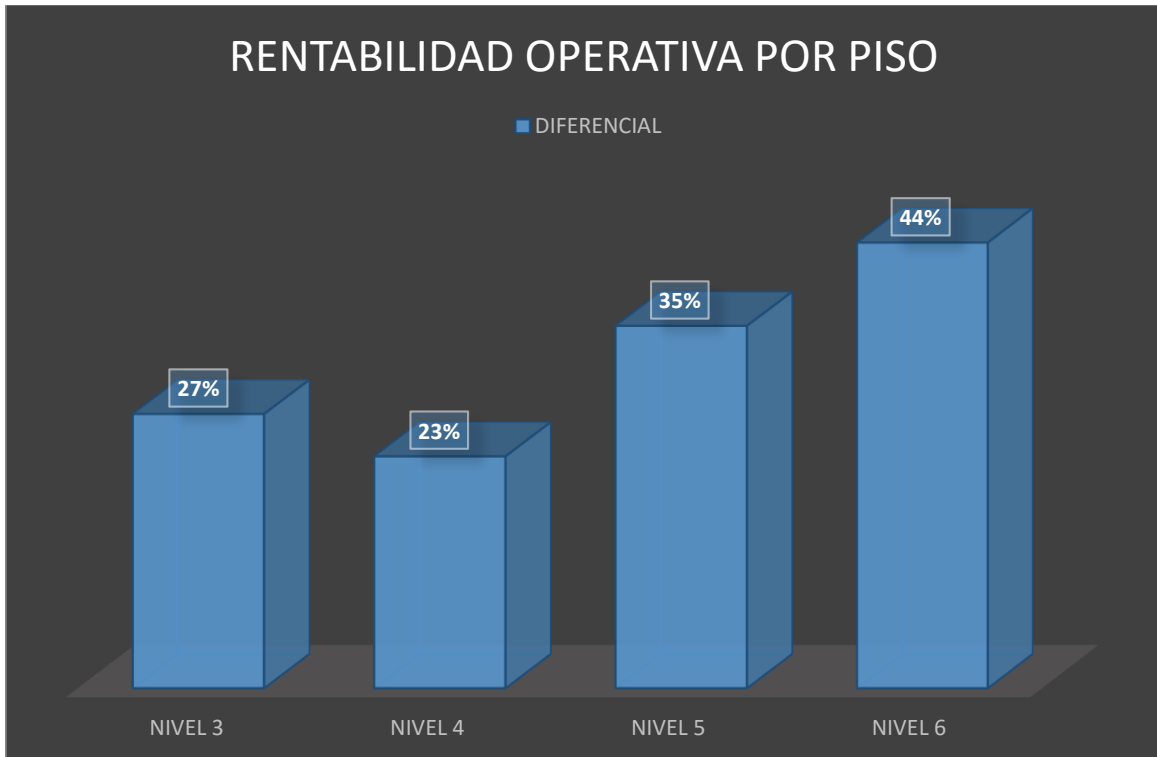
En la siguiente figura, se observa que  $RO_f$  (Método LPS) es mayor que  $RO_i$  (Método Tradicional), lo cual cumple con los objetivos planteados.

Ilustración 36: Rentabilidad por piso



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 37: Diferencial



Fuente: Elaboración Propia



Con los resultados de **RENTABILIDAD OPERATIVA POR PISO**, se comprueba que utilizando Last Planner System<sup>®</sup> se Incrementó la Rentabilidad Operativa Del proyecto Edificio Multifamiliar Los Claveles en por lo menos un 5%.

## V. CONCLUSIONES

Luego de discutir los resultados del presente estudio de investigación concluimos en lo siguiente:

1. De acuerdo a la programación Last Planner System (Sistema del Último Planificador) de la obra Edificio Los Claveles se obtuvo una diferencia de 24 días menos comparado con la programación tradicional de la empresa.( ver Anexo N°7).
2. Las tablas de suministro calendarizadas cobra especial importancia en la administración del proyecto porque sirve de herramienta de monitoreo para garantizar el proceso de envío de recursos a la obra ya que mediante la aplicación del formulario Lookahead (Planificación intermedia) de materiales dentro de la Programación Last Planner System (Sistema del Último Planificador) se puede conocer con anticipación la cantidad de material requerido semana a semana evitando demoras en la ejecución de las partidas programadas.( ver Anexo N°9).
3. Tomando como base los tiempos antelados de ejecución de obra, es decir los Lead Time (Pazo de Abastecimiento) (6 días) se puede saber las fechas en la que se puede hacer los pedidos de materiales; esto evitará retrasos en la entrega e incremento de costos para el proyecto.( ver Anexo N° 13)
4. La utilización de los cuadros de recursos críticos (50.00 %) y de alta rotación (50.00 %), sirven para advertirnos qué materiales son los más usados en la obra, ello sirve para tener mayor control y monitoreo al proceso logístico y disminuir o atenuar las restricciones que podría ocasionar un incremento de costo. (ver Tabla 8)
5. Producto de la aplicación del Last Planner System (Sistema del Último Planificador) logró un ahorro significativo del 45.00 % comparando el costos del proceso logístico tradicional de la empresa Inversiones DACA S.A.C. con el costo Logístico de nuestra propuesta. (ver Tabla 15).

6. El resultado más relevante es la Rentabilidad Operativa que se encontró de la comparación de la Rentabilidad por el Método Tradicional y la Rentabilidad por el Método Last Planner System<sup>®</sup>.

## VI. RECOMENDACIONES

Luego de analizado los resultados obtenidos en la presente investigación, se recomienda los siguientes puntos:

- Se recomienda que la Empresa Constructora Representaciones DACA S.A.C deben trabajar con el sistema Last Planner para tener un orden lógico en su proceso constructivo y de esta manera poder aumentar la Rentabilidad Operativa de la Obra.
- Se recomienda elaborar los Lead Time para saber cuándo son las fechas de pedido de materiales.
- Se recomienda que la empresa siga la propuesta como resultado de este estudio de investigación porque de esa manera disminuiría costos.
- Se recomienda realizar capacitación a las personas responsables en todo el proceso Logístico sobre el llenado adecuado tanto para el requerimiento como para la elaboración de pedido por parte de área Logística para evitar el rechazo de solicitudes.
- Se recomienda que debe existir una comunicación estrecha con proveedores con la finalidad para evitar demoras del suministro de material a obra.
- Recomendamos continuar con el estudio de la logística aplicando Last Planner System para distintos tipo de obra.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- **Alarcón, L. F. (1997).** *Lean Construction.* Holanda: A.A. Balkema Publishing Rotterdam.
- **Arce Manrique, S. (2009).** *Identificación de los Principales Problemas en la Logística de Abastecimiento de las Empresas Bogotanas y Propuesta de Mejoras.* Bogotá.
- **Ballard, H. G. (2000).** *The last planner system of production control.* United States: The University of Birmingham.
- **Botero, L. (2005).** *Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción.* Bogotá: Universidad del Norte.
- **Elberth Delgado Orduz (2011),** *Aplicacion de la metodologia de la planeacion Last Planner System en el mejoramiento de la productividad, efectividad y eficiencia en el sistema constructivo aporticado, Universidad industrial de Santander, Facultad de Ingenieria Civil Bucaramanga*
- **Jose Rau Alvarez (2013)** *Analisis y propuesta de mejora para la gestion de abastecimiento de una empresa comercializadora de luminarias.*
- **Miranda, D. (2012).** *Implementación del sistema Last Planner en una habilitación urbana.* Lima: Universidad Pontificia Católica del Perú, Facultad de Ingeniería Civil.

## **VIII. ANEXOS**



