



Universidad Científica del Perú - UCP
*Registrada en el Asiento N° 400016 de la Partida N° 11000318, Personas jurídicas de derecho,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUIRUP*

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“ESTUDIO PARA DETERMINAR LA FACTIBILIDAD DE
IMPLEMENTACIÓN DE LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION
PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN OBRAS, TARAPOTO
2022”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**AUTORES: BACH. JIMENA ALEJANDRA RUIZ PASTOR
BACH. JULIO CESAR RODRIGUEZ GONZALES**

ASESORA: ING. LIZBETH CASAS SANDOVAL, M.SC.

Tarapoto – San Martín - Perú

2023

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con gran amor a mis padres por el apoyo incondicional y sabios consejos, a mi compañero de vida; por recorrer conmigo este camino, por darme fuerzas e inspiración, a mis hermosos hijos, el motor de mi vida, a mis hermanos por su apoyo y motivación.

Jimena Alejandra Ruiz Pastor

Dedicado a mi madre Nequita Gonzales Navarro por inculcarme valores, que con esfuerzo y dedicación se logran nuestros objetivos.

A mi Esposa y mis hijos por confiar en mí, y apoyarme moralmente en este camino.

A mi Universidad y mis docentes por inculcarnos valores y el compromiso ético y moral para el desarrollo de nuestra nación.

Julio Cesar Rodríguez Gonzales

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien llena mi vida y la de mi familia con bendiciones.

Agradecer a mis padres Rubén Ruiz y Mercy Pastor por su incondicional apoyo a lo largo de mi vida y por los sabios consejos.

A mi compañero de vida Frank Tapullima, por todo su apoyo brindado, por darme fuerzas e inspiración, por ser mi soporte en todo momento.

Agradecer a mis docentes, son muchos los docentes que han sido parte de mi camino universitario, gracias a todos por transmitirme los conocimientos necesarios para hoy poder estar aquí. Sin ustedes los conceptos serían solo palabras.

Agradecer a todos y cada uno de los que de alguna u otra manera se hicieron presente y formaron parte de este proceso.

Infinitas gracias por creer en mí.

Jimena Alejandra Ruiz Pastor

En primer lugar agradecer a Dios por iluminar mi camino.

Agradecer a mi madre por apoyarme en este proceso de formación profesional. Agradecer a mi Esposa Mildreth J. Isuiza L. por ayudarme pese a las adversidades, logre salir airoso al tomar las mejores decisiones.

Agradecer a mi personalmente por tomar la mejor decisión y lograr concretar una de mis metas trazadas.

Agradecer a todos los que de alguna u otra manera formaron parte de este proceso. Gracias.

Julio Cesar Rodríguez Gonzales

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

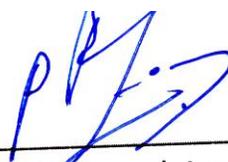
La Tesis titulada:

“ESTUDIO PARA DETERMINAR LA FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN OBRAS, TARAPOTO 2022”

De los alumnos: **JIMENA ALEJANDRA RUIZ PASTOR Y JULIO CESAR RODRIGUEZ GONZALES**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **20% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 01 de Marzo del 2023.



Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética – UCP

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N° 1076-2022-UCP-FCEI del 23 de noviembre de 2022, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- | | |
|--|------------|
| • Ing. Joel Padilla Maldonado, M.Sc. | Presidente |
| • Ing. Luis Armando Cuzco Trigozo, M.Sc. | Miembro |
| • Ing. Caleb Rios Vargas, Dr. | Miembro |

Como Asesor: Lizbeth Casas Sandoval M.Sc.

En la ciudad de Tarapoto, siendo las 20:00 horas del día 09 de marzo del 2023, modo virtual con la plataforma del ZOOM, supervisado en línea por la Secretaria Académica de la Facultad de la Filial Tarapoto de la Universidad, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: "ESTUDIO PARA DETERMINAR LA FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACION DE LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN OBRAS, TARAPOTO 2022".

Presentado por los sustentantes:

JIMENA ALEJANDRA RUIZ PASTOR Y JULIO CESAR RODRIGUEZ GONZALES

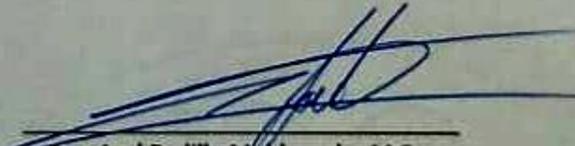
Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS**

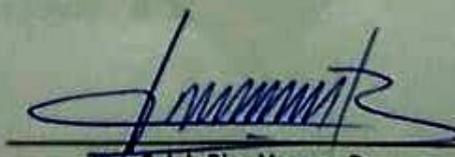
El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR MAYORIA (CON LA NOTA DE QUINCE)**

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.


Ing. Joel Padilla Maldonado, M.Sc.
Presidente


Ing. Luis Armando Cuzco Trigozo
Miembro

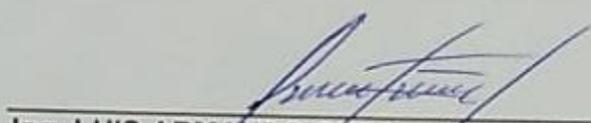

Ing. Caleb Rios Vargas, Dr.
Miembro

HOJA DE APROBACIÓN

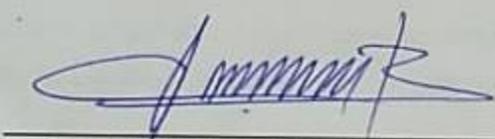
Tesis sustentada en acto público el día 09 de Marzo del 2023, a las 20:00 horas



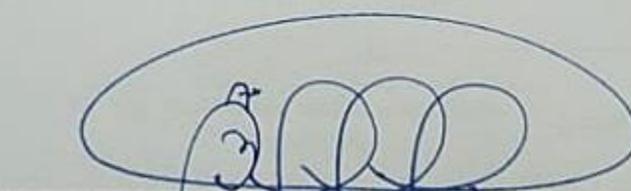
Ing. JOEL PADILLA MALDONADO, M.Sc.
Presidente del Jurado Evaluador



Ing. LUIS ARMANDO GUZCO TRIGOZO M.Sc.
Miembro del Jurado Evaluador



Ing. CALEB RIOS VARGAS, Dr.
Miembro del Jurado Evaluador



Ing. LIZBETH CASAS SANDOVAL, M.Sc.
Asesora

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	1
DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
HOJA DE APROBACIÓN.....	4
ÍNDICE DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE GRÁFICOS	10
RESUMEN.....	11
PALABRAS CLAVE	11
ABSTRACT	12
KEYWORDS.....	12
CAPITULO I: MARCO TEORICO	13
1.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	13
1.1.1. Ámbito Internacional	13
1.1.2. Ámbito Nacional.....	20
1.1.3. Ámbito Local	26
1.2. BASES TEÓRICAS	27
1.2.1. Lean Construction o Construcción sin pérdidas.....	27
1.2.2. Objetivos de la filosofía “Lean Construction”	31
1.2.3. Principios de la Filosofía Lean Construction	32
1.2.4. Planificación y el control bajo la mirada Lean	34
1.2.5. Sistemas desarrollados con la perspectiva “Lean Construction”.....	35
1.2.6. Diferencias entre el sector construcción vs sector industrial.....	47
1.2.7. Implementación Sistema Lean Construction.....	47

1.3. DEFINICIONES DE TERMINOS BÁSICOS.....	51
1.3.1. Productividad	51
1.3.2. Rendimiento.....	52
1.3.3. Cuadrilla.....	53
1.3.4. Pérdidas.....	53
1.3.5. Actividad	54
1.3.6. Calidad.....	54
1.3.7. Ciclo	54
1.3.8. Carta Balance	54
1.3.9. Trabajo Productivo (TP).....	54
1.3.10. Trabajo Contributorio (TC)	55
1.3.11. Trabajo No Contributorio o No Productivo (TNC).....	55
CAPITULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	56
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	56
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	58
2.2.1. Problema General.....	58
2.2.2. Problemas Específicos.....	58
2.3. OBJETIVOS.....	58
2.3.1. Objetivo General	58
2.3.2. Objetivos Específicos.....	58
2.4. HIPÓTESIS.....	59
2.4.1. Hipótesis general	59
2.4.2. Hipótesis Específicas	59
2.5. VARIABLES.....	59
2.5.1. Identificación de Variables	59
2.5.2. Definición Conceptual y Operacional de las Variables.....	60
2.5.3. Operacionalización de las Variables.	61

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	62
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	62
3.1.1. Tipo de Investigación	62
3.1.2. Diseño de Investigación	63
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	63
3.2.1. Población	63
3.2.2. Muestra	64
3.3. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	64
3.3.1. Técnicas de Recolección de Datos	65
3.3.2. Instrumentos de Recolección de Datos.....	66
3.3.3. Procedimientos de Recolección de Datos.....	67
3.4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	68
3.5. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA	68
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	72
4.1 DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO	72
4.2 APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION	82
4.3 DIAGNOSTICO DEL PROCESO ACTUAL DE MEDICIÓN DE PRODUCTIVIDAD.....	104
4.4 PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO ACTUAL DE MEDICIÓN DE PRODUCTIVIDAD	109
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	113
5.1 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	113
5.1.1 Factibilidad de Implementación.....	113
5.1.2. Indicadores de Productividad Global	118
5.1.3. Mejora de la Productividad.....	120

5.2. CONCLUSIONES	123
5.3. RECOMENDACIONES	124
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125
ANEXOS.....	128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de pérdidas - Filosofía “Lean Construction”.....	53
Tabla 2: Actividades clasificadas como tiempo NO contributivo.....	55
Tabla 3: Definición Conceptual y Operacional de las Variables	60
Tabla 4: Operacionalización de variables	61
Tabla 5: Características Climatológicas.....	73
Tabla 6: Resumen de Presupuesto del Proyecto	81
Tabla 7: Partidas de Concreto Armado Seleccionadas	83
Tabla 8: Cronograma Inicial	84
Tabla 9: Actividades Completadas (PAC) – Análisis de Cumplimiento Semana 1.....	85
Tabla 10: Actividades Completadas (PAC) – Análisis de Cumplimiento Semana 2.....	85
Tabla 11: Actividades Completadas (PAC) – Análisis de Cumplimiento Semana 3.....	86
Tabla 12: Actividades Completadas (PAC) – Análisis de Cumplimiento Semana 4.....	86
Tabla 13: Actividades Completadas (PAC) – Análisis de Cumplimiento Semana 5.....	87
Tabla 14: Actividades Completadas (PAC) – Análisis de Cumplimiento Semana 6.....	87
Tabla 15: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) – Semana 1	88
Tabla 16: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) – Semana 2	88
Tabla 17: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) – Semana 3	89
Tabla 18: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) – Semana 4	89
Tabla 19: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) – Semana 5	90
Tabla 20: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) – Semana 6	90
Tabla 21: Ficha para la Identificación de las Pérdidas más Frecuentes	91
Tabla 22: Ficha para la identificación de las causas de pérdidas	92
Tabla 23: Análisis de Restricciones	94
Tabla 24: Carta Balance	96
Tabla 25: Promedio de Productividad	102
Tabla 26: Comparativo de Productividad	118
Tabla 27: Principales Perdidas en el Caso de Estudio	120

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Principios de la metodología Lean Construction.....	33
Gráfico 2: Fases de definición y diseño - Lean Project Delivery System.....	37
Gráfico 3: Procesos para la definición del proyecto.....	39
Gráfico 4: Procesos para el diseño Lean del proyecto	41
Gráfico 5: Sistema de Planificación Last Planner System.....	45
Gráfico 6: Categorización de elementos que inciden negativamente.....	48
Gráfico 7: Principales problemas presentados en la fase de ejecución	56
Gráfico 8: Procedimiento de Recolección de Datos.....	67
Gráfico 9: Procedimiento para el procesamiento y análisis de	68
Gráfico 10: Metodología empleada en la investigación.....	71
Gráfico 11: Macrolocalización del proyecto.....	72
Gráfico 12: Microlocalización del proyecto.....	73
Gráfico 13: Zonificación del Proyecto.....	75
Gráfico 14: Distribución en Planta – Primer Nivel	77
Gráfico 15: Distribución en Planta – Segundo Nivel	78
Gráfico 16: Distribución en Planta – tercer Nivel	79
Gráfico 17: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)	90
Gráfico 18: Promedio de Medición (min) Vs Tipo de Trabajo del Grupo de Partidas de Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	98
Gráfico 19: Promedio de Medición (min) Vs Tipo de Trabajo del Grupo de Partidas de Acero de Refuerzo $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$	100
Gráfico 20: Promedio de Medición (min) Vs Tipo de Trabajo del Grupo de Partidas de Encofrado y Desencofrado.....	102
Gráfico 21: Promedio de Medición (min) Vs Tipo de Trabajo Consolidado	103
Gráfico 22: Productividad de la Mano de Obra Consolidado	103
Gráfico 23: Comparativo de Productividad	119

RESUMEN

La industria de la construcción representa una de las mayores actividades económicas del mundo, y en el Perú esta premisa no es la excepción, siendo uno de los sectores que más aporta para estabilizar la economía nacional, lo cual se refleja en el producto bruto interno del país. Sin embargo, los procesos tradicionales de control usados actualmente por la mayoría de empresas constructoras se hace cada vez más deficiente, originando decrecimiento de los índices de productividad de los proyectos ejecutados.

En los últimos tiempos el mundo ha experimentado diversos cambios en su entorno tales como cambios ambientales, sociales, tecnológicos, etc., los mismos que obligan a las industrias a replantear la forma en la que desarrollan sus actividades. Estos cambios han hecho que el sector construcción, en particular, presente un estancamiento en sus métodos constructivos, inaplicando herramientas de gestión de proyectos para mejorar o propiciar cambios al sistema tradicional.

Estos antecedentes motivan la necesidad de la aplicación de métodos de gestión de proyectos estandarizados internacionalmente tales como la Filosofía del Lean Construction o construcción sin pérdidas para mejorar los procesos de programación, control y ejecución de proyectos, ya que la mayor parte de obras que se ejecutan en la región, se ejecutan con sobrecostos, incumplimiento de plazos y generando desperdicios.

La presente investigación tiene la finalidad de determinar la factibilidad de implementación de la Filosofía Lean Construction para mejorar la productividad en obras a través del análisis realizada a una empresa constructora del ámbito local mediante el diagnóstico para identificar deficiencias en los actuales procesos de optimización de recursos, seguido de un diseño de propuesta de mejora basada en la Filosofía Lean Construction.

PALABRAS CLAVE

Construcción sin pérdidas, Productividad, Gestión de proyectos, Control.

ABSTRACT

The construction industry represents one of the largest economic activities in the world, and in Peru this premise is no exception, being one of the sectors that contributes the most to stabilizing the national economy, which is reflected in the gross domestic product of the country. However, the traditional control processes currently used by the majority of construction companies are becoming increasingly deficient, causing a decrease in the productivity rates of the projects executed.

In recent times, the world has experienced various changes in its environment such as environmental, social, technological changes, etc., the same ones that force industries to rethink the way in which they carry out their activities. These changes have caused the construction sector, in particular, to present stagnation in its construction methods, not applying project management tools to improve or promote changes to the traditional system.

These antecedents motivate the need for the application of internationally standardized project management methods such as the Lean Construction Philosophy or construction without losses to improve the processes of programming, control and execution of projects, since most of the works that are executed in the region, they are executed with cost overruns, failure to meet deadlines and generating waste.

The present investigation has the purpose of determining the feasibility of implementing the Lean Construction Philosophy to improve productivity in works through the analysis carried out at a local construction company through the diagnosis to identify deficiencies in the current processes of optimization of resources, followed by an improvement proposal design based on the Lean Construction Philosophy.

KEYWORDS

Lossless construction, Productivity, Project management, Control.

CAPITULO I: MARCO TEORICO

1.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

En la presente sección se presentan trabajos de investigación que preceden al realizado, por guardar relación directa con los objetivos del estudio planteado, abarcando para ello el contexto internacional, nacional y local.

1.1.1. **Ámbito Internacional**

El modelo Lean tiene sus orígenes después de la segunda guerra mundial, cuando Japón estaba en un periodo de crisis social y una recesión económica muy severa. Sus industrias debían reinventarse para lograr una mayor productividad.

Toyota Motor Company, una compañía que producía 1000 coches al mes (Womack, J., 1992), era pequeña en comparación con las grandes empresas manufactureras de automóviles –como Ford, General Motors y Chrysler– por lo que el modelo de producción en masa que se usaba en estas fábricas no era el más adecuado para la compañía. Toyota necesitaba diseñar un modelo que permitiera reducir el espacio de su manufactura, la mano de obra, la inversión en herramientas de producción y el tiempo para terminar el producto (Ibarra, L., 2011). Con estos antecedentes, el ingeniero Taiichi Ohno visitó durante tres meses la fábrica de Ford, identificando que el sistema de producción en masa no se podía ajustar a las necesidades japonesas. Así, puso en marcha nuevas ideas para obtener una mayor eficiencia sin hacer crecer el volumen, ya que no podían venderlo, teniendo como resultado el Sistema de Producción Toyota, que se puso en marcha en 1962.

Este sistema no tuvo mucha popularidad, sino hasta la década de 1970, cuando comenzó la crisis del petróleo. Las empresas no tenían como solventar las grandes cantidades de productos que requerían para una producción en masa, por lo que empezaron a decaer; sin embargo, Toyota crecía a un ritmo estable.

Esta condición hizo que la industria manufacturera revisara el sistema de producción Toyota.

En cuanto a la construcción, los principios de Lean se remontan a principios de la década de 1990, presentada por Lauri Koskela en su documento "Application of the new production philosophy to construction" (Koskela, L. 1992). En éste se habla de cómo los principios del modelo Lean, aplicado principalmente en el sector automovilístico y de manufactura.

Otros investigadores, como Glenn Ballard, aportaron herramientas para la adaptación de la producción "Lean" al sector constructivo. Ballard empezó a trabajar con Koskela luego de oírlo hablar en una conferencia en la Universidad de Berkeley, y juntos conformaron el Grupo Internacional de Lean Construction, surgido durante la primera conferencia sobre sistemas de gestión de proyectos de construcción en 1993 en Helsinki- Finlandia, donde se decide usar, por primera vez, la expresión "lean construction" para referirse a la implementación de la nueva filosofía de producción en el sector constructivo.

Ballard fue pionero en el desarrollo del Sistema Último Planificador (SUP) en 1992, basado en el concepto de reducción de los niveles jerárquicos de la gestión en la construcción para optimizar el proceso de asignación de recursos disponibles en la planeación semanal, y programación y ejecución de los trabajos. Luego, en 1998, refino más el SUP, centrándose en la gestión de los flujos en el proceso de construcción. Después vino lo que Ballard denominó Sistema de Entrega de Proyectos Lean, cuyo propósito es el planteamiento teórico de la metodología para gestionar los proyectos "Lean".

En 1997 Glenn Ballard y Greg Howell crearon el Lean Construction Institute con el objetivo de desarrollar y difundir nuevos conocimientos en la gestión de proyectos, ya que en los proyectos de construcción tradicionalmente no se respetaban los principios de diseño y la gestión

de los procesos de producción mediante el enfoque diseño-licitación construcción no era completamente óptima para lograr buenos beneficios por el contrario se tenían atrasos en la finalización de la mayoría de ellos, sobrecostos para los constructores y clientes insatisfechos por las demoras.

Aunque los principios en que se sustenta la filosofía “Lean”, como la mejora de los modelos de ejecución de proyectos constructivos, la maximización del valor para el cliente y reducción al mínimo las pérdidas, eran conocidos, fue Lauri Koskela quien los formuló, en el 2000, después de diez años de investigación; luego, en el 2001 Glenn Ballard los mejoró.

Así pues, Lean construction es la adaptación y aplicación de los principios de producción de la fabricación japonesa a la construcción, en la cual se asume que esta es un tipo de producción especial.

En Latinoamérica, los países que muestran más avances en el uso y estudio de Lean construction son Brasil, Chile, Perú y Colombia; en este último ha sido estudiado en el sector privado mientras en las universidades del país no se muestran muchos avances sobre el tema. Las investigaciones sobre el Lean construction las inician en el año 2002 Camacol y el arquitecto Luis Fernando Botero Botero, profesor de la universidad Eafit e integrante del grupo Gescon (Gestión de la Construcción) de la misma universidad, quien ha publicado algunos artículos en la revista Ciencia y Tecnología y dos libros sobre el tema. A esto se suman estudios realizados por estudiantes de ingeniería civil en algunas empresas bogotanas dedicadas a proyectos edificatorios, como requisito para obtener su título, y las capacitaciones en el uso de LC que ha hecho Camacol en convenio con la universidad Eafit, dirigidas al personal de empresas constructoras como Triada, Urbansa, Arpro, Arrecife y Construmax, gracias a las cuales se han obtenido mejoras en los tiempos de entrega de las obras y reducción de los costos.

A. COSTA DE LOS REYES, Claudia G. (2016). En su Tesis Titulada: “Estudio para determinar la factibilidad de introducción de la filosofía “Lean Construction” en la etapa de planificación y diseño de proyectos, en empresas públicas y privadas de ciudades intermedias, casos: Cuenca y Loja” – Universidad de Cuenca - Ecuador, concluye lo siguiente:

- Las ventajas de la implementación de la filosofía “Lean Construction” en la etapa de planificación y diseño de los proyectos es que se programan las actividades con anticipación teniendo claras las limitaciones o restricciones que se deben resolver. De esta forma se optimiza el rendimiento de cualquier tipo de proyecto sea grande, pequeño, público o privado.
- Conociendo como se llevan a cabo algunos procedimientos de planificación y diseño de proyectos, se puede decir que modificar la estructuración de los trabajos y dar secuencia y más control a las actividades es la propuesta Lean que se presenta y apoya la generación de nuevos procesos organizados y coordinados a través de los cuales se pueda mejorar el diseño y planificación de los proyectos. Pues, la indefinición de procesos pone en evidencia la obsolescencia de las prácticas de la gestión pública y privada y son las deficiencias identificadas el punto de partida para la elaboración de los lineamientos de planificación y diseño no en base a generalidades si no en base a realidades locales, con principios fundamentados en la filosofía Lean Construction.
- Las herramientas propuestas en este documento constituyen la aplicación de los principios teóricos de la filosofía “Lean Construction” y son el punto de partida para llevar a la realidad este pensamiento a la forma de planificar y diseñar los proyectos, mejorando el flujo de trabajo y la producción del diseño.

B. S. Caballero O, B. Zambrano O, y E. Ponce B, Claudia G. (2018). En su artículo técnico Titulado: “Estado actual de la aplicación de la metodología lean construction en la gestión de proyectos de construcción en Colombia” – Universidad Libre Barranquilla - Colombia, concluye lo siguiente:

- A pesar de que la metodología LC incursionó relativamente hace poco en el país (2002), la acogida entre las empresas grandes y reconocidas de la construcción ha sido satisfactoria y con resultados positivos, en general.
- La incidencia de esta metodología en Colombia, en general, es baja debido que la parte gerencial desea ver resultados inmediatos. Sumado a esto es necesario realizar una inversión en tiempo y dinero que la mayoría de las constructoras no están dispuestas a comprometer.
- Ahora bien, es difícil romper el paradigma de la construcción convencional en las empresas constructoras, ya que estas siempre han funcionado y dado resultados “satisfactorios” con la metodología convencional para construir.
- Como ventajas sobresalientes de implementar la metodología LC se encuentran la optimización de recursos, la minimización de desperdicios, el incremento del porcentaje de la productividad, la reducción del tiempo en actividades que no le generan valor al producto final, el aumento del nivel de confiabilidad en la planificación y las variables que al final aumentan la utilidad en los proyectos de construcción.

C. LOBATON MORA, Víctor Fabián (2020). En su trabajo de investigación Titulado: “Implementación de la metodología Lean Construcción para la optimización de recursos en la empresa Arquitectura y Construcciones S.A.S” – Universidad Católica de Colombia - Colombia, concluye lo siguiente:

- Haciendo un análisis desde un punto de vista gerencial como integrante de la empresa, es preocupante ver como en un proyecto se pierda más de un 20% del valor del contrato pagando ANS o multas. Con un margen tal alto de pérdida por proyecto hace que este sea inviable.
- Aplicando la presente metodología se logra disminuir los costos adicionales a un 10% si se compara con el primer proyecto ejecutado el colegio Teodoro Aya y a un 9% si se compara con el Colegio Ebenecer, lo que se pretende aparte de la actual mejora es que se continúe mejorando y culminando los proyectos con mayor eficiencia creando una cultura dentro de la organización de retro alimentación, cada vez que se inicie un nuevo proyecto tener en cuenta que aspectos que nos produzcan pérdidas o atrasos se pueden repetir en el nuevo proyecto para así planear una estrategia y así mitigar el daño al proyecto.
- Aplicando la presente metodología se logra disminuir los costos adicionales a un 10% si se compara con el primer proyecto colegio Teodoro Aya y a un 9% si se compara con el Colegio Ebenecer, proyecto.
- Al implementar la metodología LC no solo se ve una mejora en cuanto a presupuesto y al cronograma también se observa una notoria mejoría en cuanto al clima laboral dentro de la obra ya que al mejorar los procesos de construcción de las actividades se incrementa la cantidad de salario para el operario, se mejora las condiciones de trabajo, se evitan trasiegos y pérdidas de tiempo.

D. SANCHEZ FIGUEREDO, Helmer Giovanni (2022). En su Tesis Titulada: “Análisis del sistema Lean Construction como herramienta para la mejora continua en la productividad de la empresa Constructora Kuman para el proyecto Torres de Altiva” – Fundación Universidad de América - Colombia, concluye lo siguiente:

- El sistema Lean Construction se orienta a minimizar pérdidas y a la optimización de procesos durante el desarrollo técnico en la ejecución de proyectos, este sistema se constituye así en una herramienta que fortalece los procesos constructivos.
- El sistema Lean Construction define las posibles fallas y problemas que se pudiesen presentar en los proyectos, permitiendo que, desde la gestión en la gerencia de empresas constructoras, se aborde de forma preventiva y correctiva las causales de pérdidas de recursos (financieros, físicos, humanos) y el deterioro de la imagen corporativa.
- El sistema Lean Construction, es estructurado, pero no rígido, que enfatiza en crear herramientas específicas y aplicadas al proceso de planeación y ejecución del proyecto, para ello plantea claramente una metodología de fases en búsqueda de la productividad con calidad y eficiencia.
- Lean Construction brinda herramientas para controlar, verificar, medir y corregir la implementación de las fases productivas orientadas al logro de los objetivos y alcances del proyecto.
- Los procesos que actualmente desarrolla la Constructora Kuman, si bien han funcionado en el desarrollo de sus actividades, pueden someterse a una reestructuración que influya positivamente a la organización, contribuyendo con las buenas prácticas y reducción de pérdidas de recursos.

1.1.2. Ámbito Nacional

Sanchez Cusihuaman, Rosa Cruz, & Benavides Salazar, 2016 presento la tesis de post grado Titulado: "Implementación del sistema Lean Construction para el proceso de mejora de rendimientos acerca de la producción en la ejecución de los trabajos de estructuras en obras de edificación de las viviendas multifamiliares", el cual fija como objetivo general: Implementar las técnicas de gestión de productividad de la filosofía "Lean Construction" para mejorar la producción de los trabajos de concreto armado para edificación de viviendas multifamiliares, empleando la metodología: El presente proyecto fue realizada desde un enfoque cuantitativo, cuyo tipo de investigación es experimental, obteniendo como resultado: Los niveles óptimos acerca de TP 60%, TC 25% mientras en TNC 15%, en los proyectos posteriores, requieren de las herramientas responsables propuestas en este trabajo, las cuales deben combinarse con una adecuada gestión de contratos, durante el desarrollo, diseñar e implementar tecnología e innovación en el proceso de construcción, y finalmente concluyo: Si bien implementar la filosofía de construcción ajustada no es una de las tareas fáciles, es un requisito importante reconocer a todas las partes involucradas en el proceso, comenzando por los gerentes, ingenieros, técnicos y personal, que se desempeñan en base a los objetivos básicos descritos en el proyecto por costo, calidad, tiempo y también la seguridad.

Quispe Mitma, 2017 presentó la tesis de pregrado Titulado: Aplicación del programa "lean construction" para optimizar la productividad en el proceso constructivo de proyectos de edificación, Huancavelica, en el año 2017, el cual fija como objetivo general: fue determinar el impacto de la aplicación acerca de las técnicas del programa Lean Construction en la producción durante la implementación de la construcción en la región de Huancavelica en 2017, empleando la metodología en el trabajo mencionado de investigación es experimental y Explicativo, obteniendo como resultado: En la

aplicación en las actividades de la obra, obtuvimos conforme al grupo experimental por medio de p-valor comprobado o calculado inferior ($0.044 < \alpha=0.05$) al valor del nivel acerca de la significancia 0.05 y el $t = -2.301$, y finalmente concluyo: La aplicación a la actividad de obra y la aplicación de nivel, influye de manera contundente, de acuerdo a la producción en el transcurso del proceso constructivo sobre las obras acerca de la edificación en la región de Huancavelica en el año 2017.

Castro Paico & Ruiz Dávila, 2018 presentó la tesis de pregrado Titulado: “Optimización del rendimiento del proyecto de edificación nuevo Centro de Salud a desarrollarse en el distrito de Luya - Amazonas, aplicando la metodología Lean Construction”, el cual fija como objetivo general: Elaborar una metodología que optimice el desempeño en la ejecución del Proyecto, empleado con la metodología acerca del proceso de Lean Construction, donde permitió reducir las pérdidas en la construcción, empleando la metodología: En el presente trabajo de investigación es Descriptivo y Explicativo, obteniendo como resultado: La planificación tradicional de la manera que el CPM (Critical Path Method o Método de la Ruta Crítica) incluye un lote desesperado que eventualmente se incluye en el presupuesto por medio de las consecuencias por altos costos, y eventualmente concluyo: Según la planificación tradicional no se usan en proceso los detalles sobre los diarios de la construcción detallado, lo que más genera incertidumbre. Donde este tipo de incertidumbre se refleja en el índice de la construcción de las unidades.

A. NINA TICONA, Wilfredo Lucas (2019). En su Tesis Titulada: “Optimización de la producción mediante la integración de la gestión del tiempo de la Guía PMBOK y las herramientas de Lean Construction en la ejecución de las partidas de estructuras de la construcción de una institución educativa en la ciudad de Arequipa” – Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa - Perú, concluye lo siguiente:

- Mediante el uso de los procesos de la gestión del tiempo se logró realizar un procedimiento adecuado para poder aplicar las herramientas de Lean Construction.
- Mediante la integración de gestión del tiempo de la guía PMBOK como guía para el uso adecuado de las herramientas de Lean Construction en la ejecución de las partidas de estructuras de la construcción de una institución educativa en la ciudad de Arequipa, Se obtuvo el siguiente resultado: trabajo productivo 52.11%, trabajo contributorio 24.47% y trabajo no contributorio 23.42%. Los resultados obtenidos no fueron los esperados sin embargo es una mejora significativa.
- Mediante la integración de la Gestión del Tiempo de la Guía PMBOK y las Herramientas de Lean Construction, en la ejecución de las partidas de estructuras de la construcción de una institución educativa en la ciudad de Arequipa, Se optimizó la producción de la obra en comparación con los valores de productividad del expediente técnico. El costo real de la ejecución de la obra alcanzó a ser 15.67% menor a lo programado en el expediente técnico.
- Al conocer las herramientas de Lean Construction en la ejecución de proyectos, se identificó las principales ventajas en comparación al sistema de ejecución convencional.
- Como se puede observar en los resultados de porcentaje de plan cumplido, los resultados aún no son los adecuados pero si está en el rango medio. Es decir se puede aumentar mucho más la producción.
- El planeamiento tradicional no utiliza detalles diarios de construcción, lo que genera mayor incertidumbre. Esta incertidumbre se refleja en los ratios unitarios de construcción.

B. HUAPAYA ESCUDERO, Carlos Xavier y TORRES PEREZ, Hesmayer (2021). En su Tesis Titulada: "Implementación de la metodología Lean Construction y las herramientas de la calidad para mejorar la productividad en la obra de reconstrucción y modernización de la Institución Educativa N° 21508 ubicado en el distrito de imperial - provincia de cañete - departamento de Lima" – Universidad San Martín de Porres - Perú, concluye lo siguiente:

- La aplicación de manera constante de la metodología Lean Construction y las Herramientas de la Calidad en una obra de edificación incrementa de manera significativa la confiabilidad de su planificación, ya que fue corroborado en el incremento de los trabajos productivos, pese a que al inicio la productividad se encontraba por debajo del programado. Mediante la Metodología Lean Construction y las Herramientas de la calidad se pudo tener un rendimiento superior al 20% y un avance programado de 87% del avance mensual.
- El uso de la herramienta Carta Balance permite detectar las actividades improductivas generando así baja productividad en la ejecución de las partidas, una vez detectados estas actividades y habiéndose aplicado las medidas correctivas se obtuvo una mejora en la optimización de las partidas de zapata de (17% TP, 40% TC, 43% TNC) a (36% TP, 52.67% TC, 11.33% TNC), columna de (17% TP, 40% TC, 43% TNC) a (36% TP, 52.67% TC, 11.33% TNC), viga de (19% TP, 49.67% TC, 31.33% TNC) a (36.67% TP, 52.33% TC, 11% TNC), losa aligerada de (22.33% TP, 41.67% TC, 36% TNC) a (45% TP, 44% TC, 11% TNC), obteniendo una mejora de la productividad mayor al 20% en la ejecución de las partidas.
- La implementación de la herramienta Análisis de Restricciones permitió identificar con anticipación las restricciones que impide o genere un retraso en la ejecución de las partidas, permitiendo levantar estas observaciones mediante un responsable

designado, obteniendo así un porcentaje de plan cumplido de 87% con respecto a las actividades programadas.

C. ZURITA HORNA, Fernando Adrián (2021). En su Tesis Titulada: “Aplicación del sistema lean construction en la construcción de pilotes del puente la cultura Arequipa” – Universidad Peruana Los Andes - Perú, concluye lo siguiente:

- La aplicación de la filosofía lean construction en la construcción de pilotes del Puente La Cultura – Arequipa apporto mejoras significativas a los procesos constructivos, motivo por el cual se optimizo los recursos (equipos, materiales, mano de obra) reduciendo los costos de ejecución, en cuanto los plazos (tiempos) fueron optimizados eliminando procesos no requeridos o incluyendo nuevos procesos que acortaron los plazos de ejecución, cave recalcar que el sistema lean construction también permitió generar el trabajo en equipos entre las áreas involucradas (producción , calidad , seguridad, etc) , lo cual también genera un aporte en costos y tiempos ya que se simplifican los procesos y eliminan barreras de falta de comunicación.
- Los parámetros utilizados para la aplicación de la filosofía lean construction principalmente fue en las mejoras de los procesos constructivos (utilización de equipos pesados y así evitar procesos manuales); en cuanto los costos para determinadas partidas (excavación de pilotes) se elevaron sin embargo nos generó un ahorro de tiempo que nos ayudó a mantener la curva S por encima de lo planificado con el cliente lo cual se traduce en mayor utilidad , teniendo en cuenta lo mencionado se pudo plantear un mejor proceso constructivo de pilotes en el Puente La Cultura-Arequipa.

D. LLAJA JIMENEZ, Christian Jefferson (2022). En su Tesis Titulada: “Aplicación de la Filosofía Lean Construction en la programación, ejecución y control de proyectos en la localidad de Chachapoyas - 2019” – Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas - Perú, concluye lo siguiente:

- La Filosofía Construcción sin pérdidas optimiza en un 9.00% la programación, un 11.00% la ejecución y un 12.00% el control en los proyectos, presentándose los siguientes obstáculos, en programación: incompatibilidad en el expediente técnico con un 20.00% de incidencia y los pocos proveedores en un 30.00% de incidencia, en ejecución: los retrasos en la entrega de materiales en un 40.00% de incidencia, las condiciones atmosféricas desfavorable en un 15.00% de incidencia y los reprocesos en un 10.00% de incidencia y en control: Falta de profesionales capacitados en un 20.00% de incidencia y cambios constructivos en un 15.00% de incidencia.
- El Gasto de implementación de la Filosofía Construcción sin pérdidas oscilan entre S/. 10,000.00 (Diez mil con 00/100 soles) y S/. 20,000.00 (Veinte mil con 00/100 soles), determinados en el presente informe, aplicando el modelo de encuesta anexo.
- La solución a los obstáculos presentados en la programación de obra es hacer un estudio de mercado con anticipación para encontrar más variedad de proveedores, así mismo evaluar desde el primer momento el expediente técnico para en un primer asiento de cuaderno de obra, hacer las consultas pertinentes por incompatibilidad de documentos que forman parte de un Expediente Técnico.

1.1.3. **Ámbito Local**

MACEDO SILVA, Rister y MELENDREZ MORETO, Olfier Ivan (2022)
En su Tesis Titulada: “Control de la productividad en obras aplicando la Filosofía de Lean Construction, Tarapoto 2021” – Universidad Científica del Perú - Perú, concluye lo siguiente:

- La aplicación constante del seguimiento de las herramientas del Lean Construction en una obra de edificaciones incrementa de manera significativa, la confiabilidad de su planificación, puesto que se corroboró un incremento de la productividad para los rendimientos, a pesar de que, inicialmente, estaba por debajo de lo previsto en la planificación.
- El análisis de restricciones es una herramienta de control que anticipa las restricciones posibles que se pueden obtener en el campo, junto a la herramienta de porcentaje de plan cumplido (PPC) que trabaja realizando en control que permitió media la confiabilidad del sistema.
- Es fundamental contar con un número representativo de mediciones aplicando los procedimientos Lean a cabalidad con la finalidad de obtener resultados confiables, así mismo es por ello que en la aplicación de las herramientas de gestión de proyectos se cumplió estrictamente con los criterios establecidos por Serpell, obtenido un número mínimo de mediciones (384 para obtener el 95% de confiabilidad) garantizando la validez de los resultados.
- Con el desarrollo de la presente investigación se ha demostrado la factibilidad técnica y económica para la aplicación de herramientas de gestión basadas en la Filosofía Lean Construction y la implantación de un nuevo proceso de control de la productividad de la mano de obra en una obra de construcción.

1.2. BASES TEÓRICAS

1.2.1. Lean Construction o Construcción sin pérdidas

El diseño y la planificación de proyectos es una actividad que ha quedado relegada por la falta de conocimiento sobre procesos y métodos adecuados que permitan optimizar esta actividad.

Existe una nueva alternativa dentro de la planificación en el campo de la arquitectura y construcción, que ha sido difundida a nivel mundial e introduce el concepto de la “Lean Construction” ó Construcción sin Pérdidas (Kostela, 2000), que se constituye en un conjunto de conceptos y técnicas basadas en el sistema de producción Toyota, que se concentra en la reducción de pérdidas a lo largo del flujo productivo.

Es una filosofía propuesta por Lauri Kostela en 1992, cuyo enfoque considera el valor y minimiza las pérdidas en los proyectos, mediante la aplicación de principios que contribuyen al mejoramiento de la productividad de los procesos de planificación de proyectos y por ende al mejoramiento de la productividad de las empresas.

El pensamiento Lean introduce una visión integradora de la producción que tiene su enfoque en tres objetivos claves: reducción de costes, ahorro de tiempo e incremento de valor (calidad) de los proyectos. Esto otorga confiabilidad, responsabilidad y seguridad en el entorno de los proyectos, promoviendo mejoras en los métodos de ejecución de las actividades.

En este enfoque, la filosofía se estudia por ser una estrategia competitiva de mejoramiento de los procesos de planificación de proyectos, vistos como una forma diferente de elaboración por ser temporales y de bajo volumen de producción (Orihuela, 2011).

Kostela (1992, 2000, 2007) señala que los proyectos se desarrollan con mucha incertidumbre en la planificación debido a una mala

concepción de la producción, que es vista como modelo de transformación solamente y propone bases teóricas para que esta sea vista como un proceso de transformación, de flujo y generador de valor.

La perspectiva Lean implica tener una nueva visión de la planificación integral de los proyectos a través del desarrollo de acciones sistemáticas que organicen el trabajo y que permitan a las empresas, oficinas o entidades dedicadas al diseño y construcción proyectos, alcanzar mejores niveles de eficiencia y competitividad en sus proyectos (Pons, 2013).

Se enfoca en implementar procesos para mejorar la gestión de los proyectos en las fases de desarrollo de los mismos. La base teórica de la filosofía “Lean Construcción” o Construcción sin pérdidas será aplicada en estrategias que consideren al proyecto en la etapa de diseño y planificación para evitar que en la fase de ejecución existan problemas.

La gestión de proyectos bajo la filosofía Lean, implica tener ventaja competitiva debido a la capacidad de respuesta a la demanda y al aumento de la disciplina en los procesos. Promueve la eliminación de todo lo que no agrega valor a un producto como: reuniones inútiles, tareas secundarias que carecen de importancia crítica, documentación que no aporta valor, forma ineficientes de trabajo, entre otras (Ballard, 2009).

Una de las fases más importantes en la generación de un proyecto de construcción es su diseño, un proceso en el cual se define el propósito del proyecto y el desarrollo de los medios para cumplirlo. (Cervero, 2014). Por ende aplicar la filosofía Lean en los procesos de planificación y diseño de los proyectos de construcción busca la mejora constante de los procesos y resultados que se pueden ver en la calidad o productividad de los proyectos y la rentabilidad de las

empresas.

Lean Construction no es una metodología ni una herramienta, es una filosofía [Cervero, 2010] para el diseño y construcción de proyectos y con base en sus principios, se pueden crear procesos que ayuden a mejorar el desempeño de las operaciones que implican la planificación y definición de los proyectos con procedimientos sistemáticos que priorizan las actividades.

Koranda (2012), recalca algunos conceptos fundamentales planteados por Howell en 1999 para Lean Construction que son:

- Identificación y entrega de valor.
- La organización de la producción en un proceso continuo de flujo.
- El perfeccionamiento de los productos y el aumento de fiabilidad a través de la distribución de actividades y toma de decisiones.
- Promueve la mejora continua de productos y procesos

El valor para el cliente es definido como la diferencia entre los valores que el cliente obtiene al poseer y usar un producto y los costes de obtener el producto (Vasquez, 2006) es decir, el valor se expresa si satisface las necesidades del cliente, incluyendo un precio razonable y dentro de los tiempos estimados. Y el flujo se entiende como las tareas necesarias que se deben realizar para entregar un proyecto completo al cliente. Entre las tareas, se deben diferenciar aquellas que agregan valor y aquellas que no, que son denominadas como pérdidas. Para lograr el flujo de valor se debe mantener un movimiento continuo de actividades.

La filosofía "Lean Construction" o construcción sin pérdidas, se presenta como una nueva forma de entender la planificación de proyectos, por ello algunas universidades del mundo (EE.UU, Chile, Brasil, Perú, España, Reino Unido), centran actualmente gran parte de su investigación en esta filosofía, además algunas empresas de

muchos países usan estas herramientas de gestión y los resultados muestran una disminución del costo, aumento de la calidad y reducción del plazo de entrega de proyectos y construcciones (Alarcón, 2009), lo cual conlleva a incrementar confiabilidad de estos procesos.

Entre aspectos que marcan la diferencia entre “Lean Construction” y la producción tradicional están: se afectan a todas las actividades de la empresa, el alcance definido por la gestión, asesoramiento y control, el modo de aplicación se realiza por convencimiento y participación, la metodología se enfoca en prevenir errores, todos los miembros de la empresa son responsables de la producción, involucran a los clientes dentro de los procesos, la producción diferencia actividades que agregan valor y aquellas actividades de flujos con el fin de eliminar las que no agregan valor.

La mejora de esta forma de producción se realiza en base a la reducción de pérdidas y al aumento de la eficiencia de los procesos [Kostela, 1992].

El perfil de la estrategia de construcción sin pérdidas, implica abordar los aspectos críticos y tratar los aspectos necesarios para conseguir una planificación integral de proyectos con miras hacia el fortalecimiento del desempeño y en favor del desarrollo de las nuestras ciudades. Sin duda la introducción de cambios en la forma de cómo se planifican los proyectos, es el punto de partida para mejorar los procesos de gestión.

Una de las maneras más efectivas para aumentar la eficiencia en el diseño de los proyectos, es mejorando el proceso de planificación y control. Bajo la mirada de la filosofía “Lean Construction” la planificación y el control son procesos complementarios y dinámicos, en donde la planificación define los criterios y crea las estrategias necesarias para alcanzar los objetivos del proyecto y el control se

asegura de que cada evento se producirá después de la secuencia prevista.” (Porrás, 2014).

Lean Construction se basa en la planeación durante todo el ciclo de vida de los proyectos, es decir, todas las actividades se programan con anticipación, para ello es indispensable entonces establecer inicialmente cuales son las actividades que se van a realizar a lo largo del proyecto. El resultado es un nuevo sistema de planificación que optimiza el rendimiento y que se puede aplicar a cualquier tipo de proyecto de construcción en sus diferentes etapas.

1.2.2. Objetivos de la filosofía “Lean Construction”

El diseño y la planificación de los proyectos bajo la filosofía Lean difiere con la práctica que comúnmente se realiza debido a que tiene un conjunto de objetivos claros que maximizan el valor de los productos y minimizan las pérdidas, es decir, que promueven la mejora continua, acabando con la incertidumbre de los procesos. La diferencia con la gestión o planificación tradicional de proyectos es que ella estructura las fases y busca relaciones entre ellas y los participantes en la planificación de las obras de construcción (Ballard, 2007).

Especificando estos son:

- Mejorar la calidad.
- Eliminar pérdidas.
- Reducir tiempos de espera.
- Reducir costes totales de un proyecto.

La diferencia con los objetivos de la gestión de proyectos tradicional es que la filosofía Lean, se enfoca más en el comportamiento, el cambio y la mejora y los objetivos de los proyectos normales se orientan más en métodos y resultados.

1.2.3. Principios de la Filosofía Lean Construction

Bajo esta filosofía, se establecen principios de mejora del diseño, control y producción, que podrían insertarse en los procesos de diseño y planificación de proyectos debido a que mejoran la eficiencia de las actividades y simplifican procesos, además enfoca el control de procesos e introduce reformas continuas al mismo con el objetivo de mejorar la productividad, que involucra la eficiencia y efectividad (Serpell, 2002).

La eficiencia de esta nueva forma de producción se atribuye, tanto a las conversiones como a los flujos, las actividades de conversión dependen del nivel de tecnología, las destrezas, la motivación, etc. y las actividades de flujo dependen de la cantidad de las mismas y la eficiencia con las que éstas interactúan con las conversiones, es decir de la planeación efectuada (Kostela, 2000).

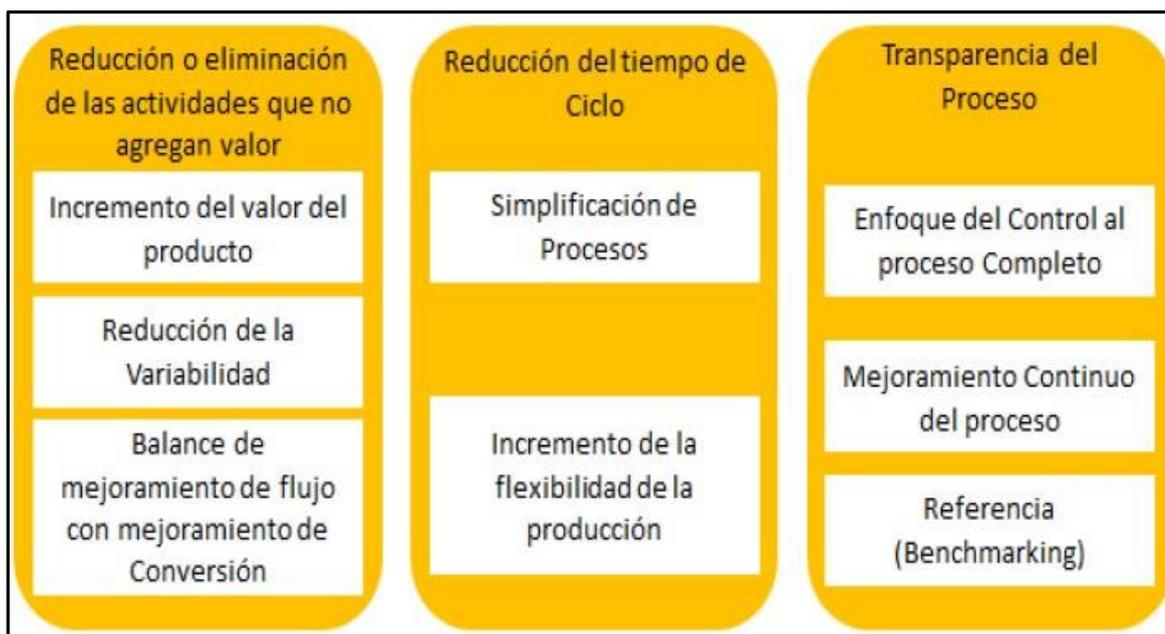
Los principios básicos para el diseño, control y mejora de los proyectos, según Alarcón (2009) son:

- Incrementar la eficiencia de las actividades que agregan valor.
- Reducir la participación de actividades que no agregan valor (pérdidas).
- Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de los requerimientos del cliente.
- Reducir la variabilidad.
- Reducir el tiempo.
- Simplificar procesos.
- Incrementar la flexibilidad.
- Incrementar la transparencia de los procesos.
- Enfocar el control al proceso completo.
- Introducir la mejora continua de los procesos.
- Mejorar continuamente el flujo de trabajo.
- Referenciar procesos con los de las organizaciones líderes (benchmarking).

El proceso de la construcción tiene diversas variables, por lo tanto, es importante regirse por normas o principios que busquen la implementación de Lean Construction en cualquier proyecto de construcción. Algunos principios por los cuales se rige la filosofía Lean acorde a lo referido por Lean Construction Institute (2021) son:

- Identificar el valor del proyecto e incrementarlo bajo las necesidades del cliente.
- Programar el flujo de valores.
- Simplificar y minimizar pasos y etapas.
- Implementar la entrega por demanda.
- Buscar la perfección y el desarrollo continuo.
- Reducir la variabilidad.
- Reducir los tiempos de ciclo.
- Incrementar de la flexibilidad.
- Incrementar la transparencia.
- Otorgar poder de decisión a los trabajadores.
- Benchmarking (Modelos de éxito)

**Gráfico 1:
Principios de la metodología Lean Construction**



Fuente: KOSKELA, Lauri. Application of the new production philosophy to Construction. New York: Stanford University, 1992. p.94.

1.2.4. Planificación y el control bajo la mirada Lean

Es diferente a la práctica tradicional debido a que:

- Tiene un conjunto claro de objetivos para el proceso de entrega.
- Está orientado a maximizar el rendimiento para el cliente.
- Se realizan al mismo tiempo el diseño de procesos y productos.
- Se aplica el control de la producción en toda la vida del proyecto

Planificación:

Define los criterios para el éxito y elabora estrategias para lograr los objetivos de los proyectos. En esta etapa se identifican los posibles generadores de problemas que se traducen en atrasos, costes y otras complicaciones. Es decir, consiste según (Cruz-Machado y Rosa, 2007) en un conjunto de evaluaciones ordenadas y efectuadas por todas las partes interesadas en el diseño y planificación de un proyecto.

Control:

Respetar y revisar los procedimientos conforme han sido planificados ayudando a mejorar al aprendizaje y la re planificación. El control de los flujos productivos ha sufrido modificaciones a lo largo del tiempo, siendo necesario modificarlas en base a su evolución de mercados, cada vez más exigentes y complejos. Es necesario una mayor flexibilidad en la planificación y control de procesos, de forma de hacer posible que estos se adecuen a los requisitos del cliente (Cruz-Machado y Rosa, 2007).

En las obras, la planificación y las respuestas a las variaciones de la misma tienen que ser rápidas y precisas. Cruz-Machado y Rosa (2007) afirman que un proyecto es una actividad finita y singular que posee objetivos definidos en función del problema que además incluye un grado de incertidumbre en relación a los resultados esperados, por ello el saber tomar decisiones es lo que tiene mayor capacidad de influenciar en el costo final.

1.2.5. Sistemas desarrollados con la perspectiva “Lean Construction”

A raíz de los planteamientos revisados se han desarrollado sistemas que mejoran la fiabilidad en el diseño y la planificación y, por tanto, incrementan la eficacia de los proyectos ya que plantean procedimientos claros de planificación y control que optimizan el rendimiento de los proyectos.

A. Lean Project Delivery System (LPDS)

La filosofía “Lean Construction” se concreta en el LPDS cuyo objetivo es desarrollar el mejor camino para diseñar (Campero y Alarcón, 2008). Está pensado para ser aplicado en proyectos temporales, como es el diseño y construcción de proyectos.

El Lean Project Delivery System, ó Sistema de entrega de proyectos sin pérdida, abarca una perspectiva integral y clara de paso que contempla las fases del desarrollo de proyectos (Alarcón, 2009). Considera el control de la producción y la estructuración del trabajo, creando condiciones para que el diseño y la planificación de proyectos sea un proceso de creación de valor y de colaboración de actores con el fin de optimizar el proceso de producción.

Este sistema descompone los proyectos en fases para su gestión, que con la ayuda de herramientas técnicas solventan los problemas tanto en el diseño como la ejecución de los proyectos, es decir, es el sistema operativo para la gestión del trabajo en el proyecto. (Cervero, 2014). Tiene como objetivo lograr la cooperación y definir la forma de organizar todas las personas involucradas en el proyecto y alinear todos los procesos y actividades.

La estructura teórica del Lean Project Delivery System, pretende solucionar los problemas de la gestión tradicional de proyectos, que trabaja de forma aislada y sin una buena coordinación de

actividades. Al trabajar bajo una estructura de trabajo planificada se optimiza y agiliza el proceso de construcción de proyectos.

El sistema para lograr ser ejecutable se apoya en herramientas existentes con las cuales se pueda mejorar cada uno de los procesos. Encontrar y desarrollar estas herramientas que permitan identificar las tareas y coordinar el trabajo de diseño es la clave para la introducción del LPDS en el diseño de proyectos.

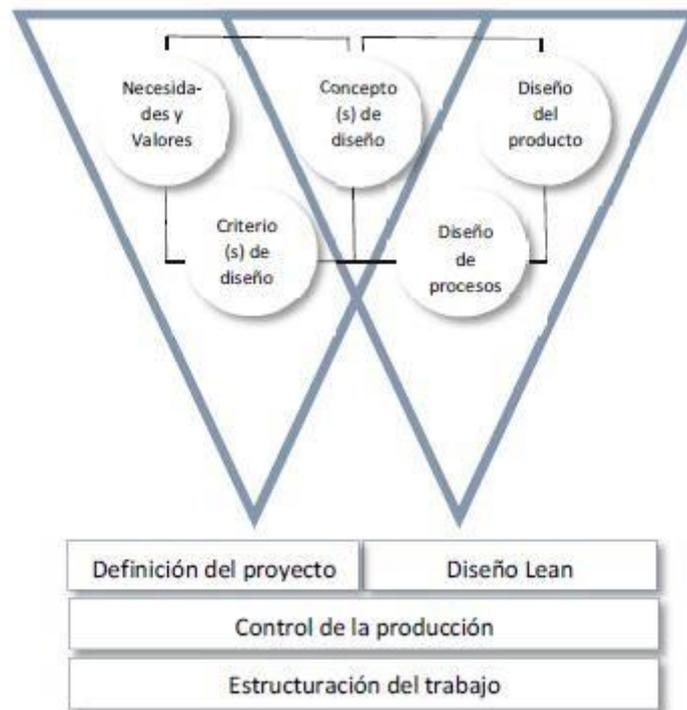
La estrategia del Lean Project Delivery System, se basa en cinco ideas básicas (Alarcón, 2009):

- Colaboración durante el diseño, planificación y ejecución del proyecto.
- Desarrollar relaciones de coordinación y confianza entre los involucrados.
- Articular los trabajos como cadenas de compromisos,
- Optimizar todos los procesos del proyecto.
- Retroalimentación de involucrados en los diferentes procesos

El Lean Project Delivery System, abarca toda la vida del proyecto desde la fase de definición, diseño, suministro ensamble hasta el uso del mismo (Ballard, 2007). Esta investigación se centra en las fases de definición y diseño bajo la planificación del LPDS.

Los módulos que integran estas fases se observan en la siguiente figura:

Gráfico 2:
Fases de definición y diseño - Lean Project Delivery System



Fuente: Elaboración Propia 2023, con información extraída de Ballard, 2000

Como se observa en el gráfico cada fase tiene tres módulos que se desarrollan bajo los principios de control de la producción y la estructuración del trabajo.

Definición del proyecto:

Consiste en tres módulos que tienen como objetivos, determinar las necesidades y valores de los clientes (también conocido como propósitos), traducirlas en criterios de diseño (que más adelante fueron restricciones), tanto de productos y procesos para convertirlos en conceptos de diseño. (Ballard y Zabelle, 2000, 2008).

Aunque conocer las necesidades parece el punto de partida lógico para la definición del proyecto, la interacción entre estos tres elementos es muy importante y no necesita específicamente seguir una secuencia. Este ciclo de tres módulos se lo realiza para

indicar al cliente el proyecto que es consecuente con sus requerimientos y presentar además todas las posibilidades que pueden agregar valor al proyecto. La definición se centra en la planificación integral de los proyectos que incluye la planeación de los espacios e incluye además la viabilidad de los proyectos.

Los re-procesos que generalmente ocurren en los proyectos, como se lo identificó tienen que ver con la falta de coordinación y los cambios que se dan durante el desarrollo de los proyectos.

Esto se da porque las necesidades y valores de los clientes no han sido entendidos, expresados claramente, o por el desconocimiento de las normativas o reglamentos que ocasionan que se tengan que repetir actividades. Por este motivo planificar o definir adecuadamente el proyecto, logrará un buen diseño Lean.

Módulos de la Definición del proyecto:

Orihuela (2011), en el sistema que plantea para la incorporación de “Lean Construction” en los proyectos, conceptualiza los módulos que corresponden a la definición del proyecto que se describen a continuación:

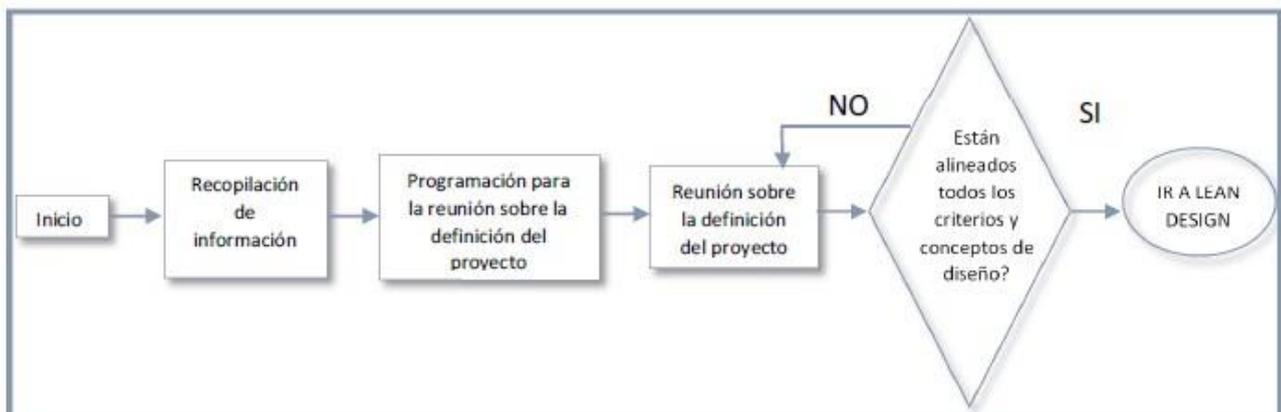
- Necesidades y valores del cliente: constituyen los propósitos del proyecto que tienen como fin satisfacer las necesidades y los valores del cliente, que son los propietarios de los proyectos y/o los usuarios del mismo. Es importante conocer los deseos del cliente y la disposición para poder cumplir todos los requerimientos, que pueden ir desde necesidades básicas como lugar para comer o dormir hasta la imagen que quieren tener dentro del sector o su posicionamiento en el mercado, etc.

- Criterios de diseño: que tienen que ver con las regulaciones y las condiciones de sitio. Los diseños deben ajustarse a leyes, reglas que son controladas por las entidades municipales. Estas son distintas dependiendo del tipo de proyecto, contexto y ubicación geográfica del proyecto. Además los diseños deben adaptarse a las condiciones del lugar en donde se va a realizar el proyecto.
- Concepto de diseño: o diseño conceptual que tiene que cumplir con las restricciones identificadas requiere más de una alternativa para escoger la mejor. El concepto será el mejor alineado con las necesidades y valores de los clientes.

Procesos para la definición del proyecto

Además el Lean Project Delivery System (LPDS) establece una secuencia de procedimientos para la definición del proyecto.

**Gráfico 3:
Procesos para la definición del proyecto**



Fuente: Elaboración Propia 2023, con información extraída de Ballard y Zabelle, 2000

Inicio: Es el primer proceso a través del cual se identifican los propósitos del proyecto.

Recopilación de información: Ayuda a entender las necesidades y valores del cliente y además se entienden las condiciones del sitio.

Programación para la reunión sobre la definición del proyecto: En donde se desarrollan las alternativas del diseño conceptual que tendría el proyecto y las primeras especificaciones de los criterios de diseño.

Reunión sobre la definición del proyecto: en donde participan los involucrados en el proyecto, diseñadores y constructores. Se define el proyecto en reuniones de coordinación, revisando las necesidades, criterios y conceptos planteados por el equipo de diseño.

Si: están alineados todos los criterios y conceptos de diseño, se puede pasar al diseño Lean.

No: están alineados todos los criterios y conceptos de diseño, se elaboran nuevas reuniones para la definición del mismo.

Sobre la base de la argumentación anterior, es evidente que la fase de diseño y planificación de los proyectos requiere introducir mejoras. Para conseguir esto es importante identificar las actividades que agregan valor y aquellas que producen pérdidas durante el planteamiento de los proyectos.

Los procedimientos que plantea el LPDS (Ballard, 2009) para esta fase se describen a continuación:

Gráfico 4: Procesos para el diseño Lean del proyecto



Fuente: Elaboración Propia 2023, con información extraída de Ballard y Zabelle, 2000

Organización de equipos multidisciplinarios:

Es de vital importancia en el de los proyectos. Armar equipos de trabajo según las necesidades ayuda de forma favorable a agilizar este proceso y el desarrollo de los documentos que se requieren en esta etapa (Orihuela, 2011).

Ingeniería basada en múltiples alternativas:

Elimina la práctica de la única solución de forma que se evita decisiones prematuras en los proyectos que causan re-procesos. Ballard (2009) considera que esta estrategia, permite el análisis y contribuye a la generación de un mejor diseño. Considerar más de una alternativa para escoger la más conveniente a los requerimientos, es una propuesta del LPDS. Esta estrategia ha sido utilizada desde la producción Toyota, evita la toma de decisiones prematuras, es un proceso estructurado y administrado.

Los principios que menciona Ballard (2000) para Set based design o estrategia de múltiples alternativas son: asignar el espacio de diseño, integrar puntos en común, establecer viabilidad antes de

hacer contratos. En donde mapear el espacio de diseño ayuda a identificar las alternativas realizables; encontrar puntos en común, se refiere a buscar soluciones y valores basados en algo común para empezar a desarrollar las posibles soluciones y el establecimiento de viabilidad, hace referencia a la coherencia que debe tener el diseño con lo que se puede hacer, esto permitirá estimar los tiempos y costes para incluir en los plazos y presupuestos que se desarrollaran de la propuesta.

Trabajo estructurado:

Se estructuran las actividades y se trabaja simultáneamente el diseño del proceso y del producto. Estructurar el trabajo es importante en cada etapa del proyecto. La estructuración del trabajo de diseño en relación a los objetivos “Lean”, ayuda a minimizar las pérdidas y otorgar valor al cliente. En la etapa de diseño, las tareas no siempre se han definido y los tiempos no se pueden estimar fácilmente por ello no se suele controlar esta etapa. Es importante plantear procesos que identifiquen, secuencien y asignen responsabilidades formalmente (Orihuela, 2011).

El trabajo debe ser estructurado con el uso de herramientas que faciliten la coordinación y desarrollo simultáneo del diseño y de los procesos, a través de conocer sus responsabilidades y mantener una constante comunicación con los equipos de trabajo.

Minimizar interacciones negativas:

A través de la planificación para “jalar” la producción. Lo ideal es trabajar con una matriz estructurada de diseño. Los re-procesos son considerados como iteraciones negativas para la filosofía “Lean”, estas son pérdidas en el diseño de los proyectos. Sólo aquellas actividades que se repiten para agregar valor al producto son las denominadas positivas (Ballard y Zabelle, 2000).

Para minimizar las interacciones negativas el trabajo debe ser organizado y distribuido entre los miembros de los equipos, con ello además de reorganizar los procesos de diseño, se evitan las pérdidas y se asignan actividades específicas a cada equipo.

Dentro de las estrategias que rigen el desarrollo del diseño Lean, se consideran (Ballard y Zabelle, 2000):

- Mantener reuniones que permitan la interacción.
- Sólo se entrega el proyecto cuando este haya alineado todos los módulos que se considera en la fase de diseño.
- El Diseño debe estar terminado con la información completa y con especificaciones que permitan las actividades posteriores de ensamblaje y construcción.

Usar el Last Planner para el control de producción:

Se puede utilizar el PPC (porcentaje de programación cumplida), además se debe identificar y actuar sobre las causas de no cumplimiento.

Uso de tecnología:

Usar modelos tridimensionales e interfaces basadas en la web para mejorar el trabajo de planificación y diseño de proyectos.

B. Last Planner System

Una de las herramientas más útil en la aplicación de “Lean Construction” es el Sistema del Último Planificador (SUP) o Last Planner System (LPS), que definido por Alan Mosmman “es un sistema para la gestión colaborativa de la red de relaciones y conversaciones requeridas para la coordinación de la programación, producción, planificación y ejecución de los proyectos.” (Porras Hernán y otros, 2014, p.37)

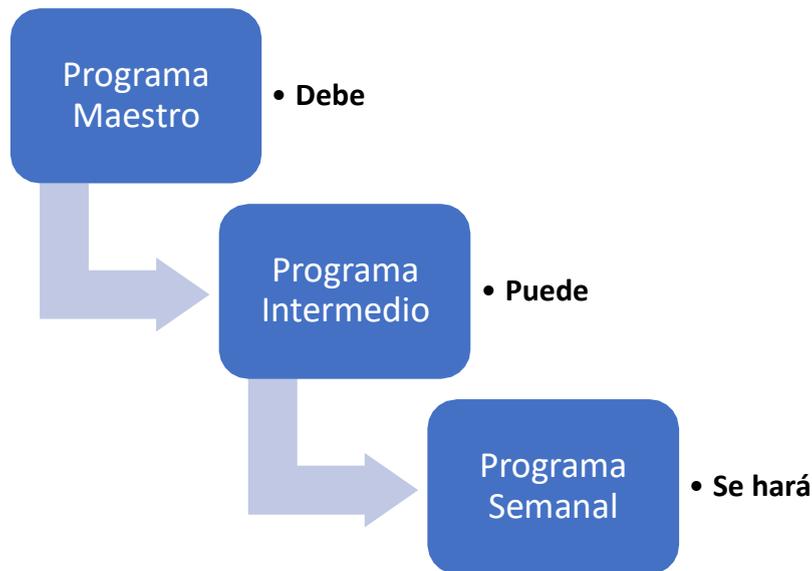
El SUP desarrollado por Glenn Ballard y Greg Howell, es una herramienta para transformar lo que debe hacerse en lo que se

puede hacer, desarrollando un inventario de actividades del proyecto y en donde se pueden hacer planificaciones de acuerdo a lo que se puede hacer. Cada actividad asumida como compromiso por parte de las personas encargadas en relación a lo que van a hacer.

El objetivo es generar una planificación real y no una optimista de las actividades, mejorando de esta forma la confiabilidad y minimizando al máximo la incertidumbre en la planificación. El Sistema del Último Planificador difiere del sistema tradicional debido a que este adiciona el control de la producción entre sus actividades, es decir, está basado en un sistema Pull que se preocupa de gestionar interdependencias. (Alarcón, 2009).

Según Ballard (2003) las tareas tienen tres categorías: deben, pueden y se harán. Estas se reflejan en cada nivel de planificación, es decir, en el programa maestro se indica lo que se debe realizar, en el programa intermedio que prepara el trabajo y analiza las restricciones para cumplir con las actividades (que constituyen los llamados cuellos de botella) y en el programa o plan semanal en donde se estable las actividades se pueden realizar comprometiendo a los involucrados a cumplir con las tareas programadas, además a través del indicador PAC (porcentaje de actividades cumplidas) se puede realizar el seguimiento de lo planificado.

**Gráfico 5:
Sistema de Planificación Last Planner System**



Fuente: Elaboración Propia 2023, con información extraída de Botero 2005

Para entender, lo que el sistema Last Planner System propone es importante conocer a qué se refieren los siguientes términos (Cervero 2010):

- a) Debería: planteamiento de los objetivos globales considerando las restricciones existentes en el proyecto.
- b) Puede: Con los objetivos planteados anteriormente se planifican actividades detalladas y se especifica cómo y cuáles serían los medios para conseguir los mismos.
- c) Se hará: No se consideran las restricciones. Se determina y se establece el compromiso de que se va a realizar, no solamente con una planificación general sino con planificaciones intermedias y semanales. Además, se controla su cumplimiento con el indicador PPC.

El Last planner system mejora la planificación gracias a la comunicación y coordinación en la planificación de actividades con las todas las personas involucradas en el proyecto.

En los estudios realizados por Alarcón (2009) sobre los impactos que tiene el Sistema del Último Planificador, menciona los siguientes: En resumen, la implementación de la filosofía “Lean Construction”, está estrechamente ligada a la organización y coordinación de las entidades, oficinas o empresas dedicadas al diseño.

- Mejora la gestión y control de los proyectos, debido al orden y sistematización de la planificación de los proyectos que permite un mejor control del proyecto.
- Mayor y mejor involucramiento y compromiso de los mandos medios gracias al papel activo que cumplen en la nueva propuesta de planificación.
- Disminución de imprevistos, que generalmente son altos en la gestión tradicional por la falta de planificación y control en los proyectos.
- Mayor productividad de los procesos y de los proyectos, que se ven reflejados en costes, tiempos y calidad mejor.

En resumen, la implementación de la filosofía “Lean Construction”, está estrechamente ligada a la organización y coordinación de las entidades, oficinas o empresas dedicadas al diseño y a la planificación de proyectos. Tiene que ver con la organización interna de cada empresa, esto constituye un desafío que requiere considerar nuevas prácticas en su organización (Pons, 2014).

La filosofía Lean implica que desde el inicio del proyecto, todas las personas involucradas en la planificación de los proyectos, trabajen para maximizar el valor y minimizar las actividades que no añaden valor.

Estructurar el trabajo para la generación del valor, comprender y ampliar los propósitos del cliente son la base del diseño Lean (Ballard, 2003), en donde lo importante es entender la secuencia de la planificación para optimizar el proceso de diseño.

1.2.6. Diferencias entre el sector construcción vs sector industrial

Kostela (como se citó en Pons, 2013) hace referencia a las peculiaridades que existen en la industria del diseño y construcción en relación con el sector industrial y señala que son:

- Cada proyecto tiene un carácter único, es decir, es un prototipo diferente al anterior.
- Cada vez se debe adaptar a una geografía diferente del lugar y entorno, cada una con condiciones diferentes.
- La organización o estructuración es temporal, para cada proyecto se trabaja con personas y empresas diferentes según sus necesidades.
- Tienen regulaciones poco flexibles, es decir, normativas locales y nacionales.

1.2.7. Implementación Sistema Lean Construction

La aplicación tiene como finalidad el concepto de cero residuos y minimizar en la medida de lo posible las actividades que no generan valor. Por lo tanto, la metodología tiene en cuenta siempre dos términos que son fundamentales: el valor y los residuos; el valor son todos aquellos elementos que maximizan positivamente la percepción y los resultados del proyecto. Por su parte los residuos o desechos es todo aquello que no genera valor a las actividades productivas, generando un escenario en el que fácilmente se pueden presentar fallas y problemas, que reducen la efectividad del proyecto. El Lean Construction Institute (2021) los clasifica en siete categorías:

- a) Desperdicios en la construcción.
- b) Defectos Demoras.

- c) Excesos de procesado.
- d) Exceso de producción.
- e) Inventarios excesivos.
- f) Transporte innecesario.
- g) Movimiento no útil de personas.

En consecuencia y con éste última categoría de residuos, se evidencia que con estos dos términos se integra el talento humano como pieza clave en el logro de los objetivos, por lo cual aspectos como el contar con personal competente, capacitado y entrenado junto al fortalecimiento del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo orientado a la salud ocupacional, seguridad de los trabajadores y a la reducción de la accidentalidad deben ser controlados y supervisados. (Rojas López, Henao Grajales, & Valencia Corrales, 2015). Con estos elementos, para la obtención de resultados favorables y realizando una categorización de los elementos que inciden negativamente sobre la productividad en los proyectos de construcción según (Rojas López, Henao Grajales, & Valencia Corrales, 2015) encontramos:

**Gráfico 6:
Categorización de elementos que inciden negativamente**

PLANEACION	RECURSO HUMANO
<ul style="list-style-type: none"> • Errores en los diseños y falta de especificaciones. • Modificaciones a los diseños durante la ejecución del proyecto. • Lotes con condiciones difíciles para su desarrollo. • Falta de materiales requeridos. • Falta de suministro de equipos y herramientas. • Distribución inadecuada de los materiales en obra. 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de supervisión de los trabajadores. • Alta rotación de trabajadores. • Condiciones deficientes de seguridad industrial que generan altas tasas de accidentes. • Composición inadecuada de cuadrillas de trabajo. • Agrupamiento de trabajadores en espacios muy reducidos (sobrepoblación en el trabajo).

Fuente: Elaboración Propia 2023, con información extraída de Guia Lean Costruction

En consecuencia, Lean Construction busca maximizar el valor y minimizar los residuos a través del reconocimiento de pasos en su implementación en los que todos los riesgos sean controlados, para ello se identifican 3 propuestas. La primera, es la establecida por Lean Project Delivery System (LPDS); quienes según lo citado por (Ramos, Dávalos Chargoy, López León, & Rodríguez Esparza, 2015) incluyen las siguientes fases:

- Fase de definición del proyecto.
- Fase de diseño.
- Fase de suministro.
- Fase de montaje y uso.

La segunda propuesta de las fases de implementación del sistema Lean Construcción es la de Mayer (s,f), citado por (Rojas López, Henao Grajales, & Valencia Corrales, 2015) las cuales pasan de ser 4 a 5 fases:

- Definición del proyecto; en esta etapa se establecen propósitos, criterios y conceptos.
- Diseño del sistema Lean Construction, en el cual se definen procesos, productos y conceptos.
- Suministro Lean Construction, se organizan productos, ingeniería, fabricación y logística de suministros.
- Lean Construction, se pone en marcha la construcción, fabricación y logística previamente definida.
- Operación, se realiza seguimiento de posibles residuos, puesta en marcha y operación.

Y la última es la planteada por Botero, (2019), fundamentada en el sistema Lean Construction, plantea el Modelo Integrado, el cual inicia desde la conceptualización hasta la operación y el mantenimiento:

- Conceptualización. Inicia en el momento que se determine el QUÉ va a ser construido.
- Criterios de diseño (validación o diseño ampliado). Durante esta fase, el proyecto comienza a tomar forma, es donde empieza a intervenir el QUIEN, sin dejar de lado el QUÉ del proyecto.
- Diseño detallado. Se da fin a la fase de conceptualización, o sea que se concluye el para QUÉ del proyecto. Modelos visuales precisos son parte del diseño eliminando la incertidumbre y las interferencias durante la construcción.
- Contratos. En esta fase, el uso de herramientas BIM, la participación temprana de los interesados para la validación de la información ayuda a la validación de la información con el fin de que en la fase de construcción no se generen modificaciones.
- Construcción. Es la fase donde se empieza el HACER del proyecto, después de una cuidadosa planeación. Los miembros del equipo están listos para empezar su trabajo de una forma eficiente, dando un uso adecuado a los materiales y minimizando las pérdidas.
- Operación del proyecto. Se hace entrega o puesta en funcionamiento del producto final al propietario. Se entrega un modelo más completo con la información necesaria para su uso y mantenimiento”.

1.3. DEFINICIONES DE TERMINOS BÁSICOS

La definición de términos básicos es un glosario de los conceptos principales involucrados en las variables de investigación. Los términos básicos que se definen en la presente investigación son aquellos que a consideración de los autores posibilitarán que los lectores conozcan los términos que no se definen en el marco teórico pero que son importantes toda vez que su definición ayudan a comprender el cuadro completo de la teoría que se expone.

1.3.1. Productividad

Las primeras investigaciones de (Serpell Bley, 1986) la productividad en la industria de la construcción, son del PhD. Alfredo Serpell Bley profesor del departamento de ingeniería de construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile.

“La productividad en la construcción es afectada por una gran cantidad de factores, positivos (Motivación adecuada, buena supervisión, buena organización, métodos apropiados, incentivos, buena planificación grupos de apoyo eficientes, capacitación, etcétera) y negativos (políticas motivadoras, ubicación de obra, grupos de apoyo deficientes, administración deficiente, clima, información pobre, mano de obra incapaz, etcétera).” Mismos que no son fáciles de identificar y/o cuantificar, ya que la mayoría de los constructores responsabilizan a los trabajadores de gran parte de los problemas de productividad, y en realidad intervienen un sin número de factores internos y externos que forman parte de la administración y control de obra.

Como comenta el PhD Alfredo (Serpell Bley, Administración de operaciones de construcción, 2002) las principales fuentes de problemas que afectan la productividad son las siguientes:

- La administración de la obra (La cadena de suministros).
- El entorno en el que se desarrolla la obra, con todos sus participantes.
- El tipo y método de trabajo

- El personal del proyecto
- Entre otras.

Detectar la improductividad no es sencillo debido a las siguientes premisas:

- En las actividades que giran alrededor de la construcción se tiende a normalizar el desperdicio, a hacerlo parte del fondo de nuestro diario vivir, no teniendo conciencia del costo de este material de sobrante.
- Ya que el personal que labora en obra es un personal efímero, no se forma ni inculca una cultura de reducción y minimización de desperdicio.
- No es sencillo detectar la improductividad pues esta se oculta, volviéndose para todos productivas las labores que en realidad no lo son.
- Generalmente la jornada del personal técnico esta tan saturada de diversas actividades que resulta complicado identificar qué actividad genera demoras y/o retrasos

Concepto de productividad en la construcción. Una aproximación a la definición de productividad presenta la relación existente entre lo producido y lo gastado. De una manera más amplia, se puede definir la productividad en la construcción como "la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado (CANTÚA, Alejandro; MORENOA, Jorge; GALLINAA, Mauro y GARCÍA, Germán 2019).

1.3.2. Rendimiento

Es la medida de trabajo realizado por una cuadrilla, comprendida por uno o varios operarios por unidad de recurso humano, expresado como hm/hH.

1.3.3. Cuadrilla

Conjunto de trabajadores designados a realizar una actividad determinada en la construcción.

1.3.4. Pérdidas

Se considera pérdidas, todo lo que sea distinto de los recursos mínimos absolutos de materiales, máquinas y mano de obra necesarios para agregar valor al producto (Alarcon 2002).

Tipo de pérdidas:

Corresponden a la agrupación categorizada de tipos de pérdidas definidos específicamente para la aplicación de la filosofía “Lean Construction”. Las pérdidas se pueden clasificar en 9 tipos.

Tabla 1: Tipos de pérdidas - Filosofía “Lean Construction”

ITEM	TIPOS DE PÉRDIDA	DEFINICIÓN	EJEMPLO
1	TIEMPO DE ESPERA	Interrupciones del trabajo o tiempo de inactividad.	Operarios esperando por información, averías de máquinas, material, etc.
2	DEFECTOS	Actividad que requiere re-trabajo por errores u omisiones.	Repetición o corrección de procesos.
3	MOVIMIENTOS INNECESARIOS	Desplazamiento innecesario de personal o maquinaria durante su trabajo.	Cualquier movimiento que el operario realice aparte de generar valor agregado al producto o servicio.
4	TRANSPORTE	Movimientos innecesarios en obra de personas, equipos o materiales desde un proceso a otro. Esto puede incluir trabajo administrativo, así como actividades físicas.	Mover materiales, partes o productos terminados hacia y desde el almacenamiento.
5	SOBRE PROCESAMIENTO	Movimientos innecesarios en obra de personas, equipos o materiales desde un proceso a otro. Esto puede incluir trabajo administrativo, así como actividades físicas.	Proveer niveles de calidad más altos que los requeridos por el cliente
6	INVENTARIOS INNECESARIOS	Cantidad de materiales que va por sobre la necesidad inmediata. Además de materiales puede incluir trabajo en proceso y productos terminados.	Excesivo almacenamiento de materia prima, producto en proceso y producto terminado.
7	TALENTO HUMANO	Desaprovechar el potencial de las personas en la organización.	No utilizar la creatividad e inteligencia de la fuerza de trabajo para eliminar desperdicios.
8	SOBRE PRODUCCION	Ejecutar una actividad antes de que sea realmente necesaria.	Procesar artículos más temprano o en mayor cantidad de las requeridas por el cliente.
9	HACER POR HACER	Improvisación por parte del personal.	Ejecución de una tarea continúa, aunque los elementos necesarios no estén disponibles.

Fuente: Elaboración propia, 2023, con información extraída de www.bomconsulting.com

1.3.5. Actividad

En un contexto productivo, la palabra "actividad" se refiere a una serie de procesos que se emprenden simultáneamente o posteriormente para la adquisición de un producto.

1.3.6. Calidad

Cuando se hace referencia al término calidad en el producto final, se refiere a algunas características o especificaciones que determinan si el producto final mencionado anteriormente cumple con los estándares de la industria y las necesidades del cliente.

1.3.7. Ciclo

El término también se conoce como ciclo de vida y se refiere a un conjunto de actividades relacionadas que transforman continuamente un elemento o material de entrada en un resultado concreto o producto final

1.3.8. Carta Balance

Herramienta que se utiliza después de obtener datos estadísticos, va a describir de forma muy explícita el proceso de una actividad buscando el mejoramiento. La carta balance toma intervalos de tiempos cortos, entre uno o dos minutos, de las actividades que realiza cada obrero, siendo divididas en Tiempo Contributivo, Tiempo no Contributivo y Tiempo Productivo.

1.3.9. Trabajo Productivo (TP)

Son las actividades que agregan valor es decir es el trabajo que cambia la forma o la naturaleza del producto (o servicio) de una manera que contribuye a la forma final que el cliente está dispuesto a pagar. Ejemplo, vaciar concreto, asentar ladrillos, colocar cerámicos, etc.

1.3.10. Trabajo Contributorio (TC)

Son las actividades de soporte, es decir es aquel tiempo dedicado a labores de apoyo necesarias para que se realicen las acciones productivas. Las categorías de tiempo contributivo son: Transporte de material, personal, equipo, recibir instrucciones, realizar mediciones, realizar limpieza, prepara materiales, mezclas, instalar andamios, elementos de seguridad, desplazamientos, entre otros.

1.3.11. Trabajo No Contributorio o No Productivo (TNC)

Son las actividades que no agregan valor, es decir es cualquier otra actividad que no corresponde a las categorías anteriores y que implica tiempo que no sea aprovechado por diferentes causas. Ejemplos: viajes, descanso, tiempo ocioso, necesidades fisiológicas, etc.

Tabla 2:
Actividades clasificadas como tiempo NO contributivo

Categoría y causas tiempo NO contributivo	
Categoría	Causa
Espera	<ul style="list-style-type: none">- Falta de equipo o herramienta.- Falta de materiales- Superpoblación- Actividad previa sin terminar- Falta de continuidad- Cambio de maquinaria- Falta de instrucción- Otros
Tiempo ocioso Desplazamientos	<ul style="list-style-type: none">- Actitud del trabajador- Toma de decisiones- Falta de supervisión- Conversaciones- Falta de recursos- Inadecuadas condiciones de trabajo
Descanso	<ul style="list-style-type: none">- Agotamiento
Necesidades fisiológicas	<ul style="list-style-type: none">- Hidratación- Aseo personal- Ir al baño- Otros similares.
Re procesos	<ul style="list-style-type: none">- trabajo mal ejecutado- Daños por cuadrillas anteriores- Falta de planeación- Cambio de diseños
Transporte	<ul style="list-style-type: none">- Mala distribución de recursos- Falta de personal- Métodos inadecuados

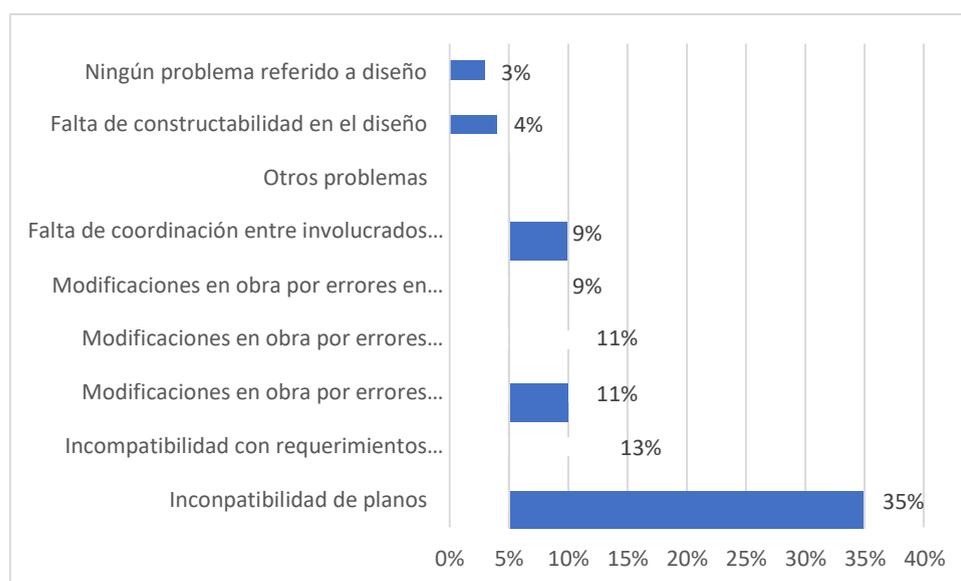
Fuente: Elaboración Propia 2023, con información extraída de BOTERO 2014

CAPITULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La industria de la construcción es muy importante para muchos países, debido a la gran incidencia y aporte que tiene para con la economía. Los proyectos de construcción se han caracterizado por tener un efecto multiplicador de empleo, podríamos decir a mayor cantidad de edificaciones que se construyen mayor será el empleo y bienestar que se genere. Sin embargo, muchos proyectos de magnitud considerable suelen tener un ciclo de ejecución lento y poco productivo; generando como consecuencia desaceleración en la economía. Estudios realizados en obras ejecutadas en diversos países de Latinoamérica y entre ellos en el Perú, determinan que estas presentan muchas deficiencias, lo que desencadena en problemas constructivos durante la etapa de ejecución, tales como ampliaciones de plazo, adicionales de obra, deficiencia en los expedientes técnicos entre otros, siendo necesario mejorar los procesos constructivos mediante la aplicación o uso de herramientas de gestión de proyectos. En el siguiente gráfico se presentan los principales problemas presentados en la fase de ejecución de proyectos debido a un diseño deficiente.

Gráfico 7:
Principales problemas presentados en la fase de ejecución



Fuente: Elaboración Propia 2023 (Vásquez Ayala, 2006)

El personal o mano de obra es el recurso más predominante en el proceso constructivo, razón por la cual su productividad tiene un efecto muy alto en el tiempo de ejecución y costos de un proyecto, por tal motivo es indispensable utilizar una metodología eficaz que mejore la productividad en la ejecución de los procesos constructivos de inicio a fin.

Existen razones estadísticas para sostener que el sector construcción en el Perú mantendrá un crecimiento según lo indicado por el Fondo Monetario Internacional (2021), la proyección de crecimiento del producto bruto interno (PBI) de Perú será en 9% al cierre del 2021. Con el levantamiento de la cuarentena producto de la pandemia por Covid19, diversas obras y proyectos a nivel nacional se han activado, dándole a la economía peruana un nuevo dinamismo.

En el 2022, el sector construcción acumuló crecimiento de 0,74% entre enero y mayo. Niveles de producción se encuentran por encima de lo registrado en prepandemia por impulso de la inversión privada. Dicha actividad económica aporta 6,7% al PBI que se traduce en US\$ 16.500 millones.

A partir de la realidad problemática descrita en los párrafos precedentes, la aplicación de herramientas de gestión de proyectos para mejorar la productividad en obras reduciendo o minimizando retrasos internos, trabajos rehechos por falta de gestión en el control de calidad o del sistema en su defecto y tiempos perdidos en el desarrollo de las partidas a ejecutar.

En el presente estudio, se plantea una alternativa para mejorar la productividad en la ejecución de obras para incrementar los índices de eficiencia, tomando decisiones oportunamente para corregir errores y minimizar desperdicios. Para ello se propone el uso de la Filosofía Lean Construction, considerada un método de trabajo colaborativo y estructurada con la finalidad de ejecutar proyectos minimizando desperdicios o pérdidas.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.2.1. Problema General

- ¿Será posible determinar la factibilidad de implementación de la Filosofía Lean Construction para mejorar la productividad en obras?

2.2.2. Problemas Específicos

- ¿Será posible identificar las actividades que no agregan valor en la ejecución de la obra bajo el sistema tradicional, que permita consolidar un diagnóstico de la situación actual del proceso de control?.
- ¿Será posible desarrollar una propuesta de mejora de la productividad en obras basada en la Filosofía Lean Construction?.

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. Objetivo General

- Determinar la factibilidad de implementación de la Filosofía Lean Construction para mejorar la productividad en obras.

2.3.2. Objetivos Específicos

- Identificar las actividades que no agregan valor en la ejecución de la obra bajo el sistema tradicional, que permita consolidar un diagnóstico de la situación actual del proceso de control.
- Desarrollar una propuesta de mejora de la productividad en obras basada en la Filosofía Lean Construction.

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. Hipótesis general

- Determinar la factibilidad de implementación de la Filosofía Lean Construction para mejorar la productividad en obras, es posible.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- Identificar las actividades que no agregan valor en la ejecución de la obra bajo el sistema tradicional, que permita consolidar un diagnóstico de la situación actual del proceso de control, es posible.
- Desarrollar una propuesta de mejora de la productividad en obras basada en la Filosofía Lean Construction, es posible.

2.5. VARIABLES

Según Muñoz, C. (2013), las variables son aquellos atributos, cualidades, fenómenos, características, rasgos o propiedades inherentes al problema de investigación, que se analizan para determinar sus correlaciones. Su variación es susceptible de medirse, en tanto que toman diferentes valores, magnitudes o intensidades.

2.5.1. Identificación de Variables

Para el desarrollo de la investigación, se utilizaron las variables dependiente e independiente donde: la variable dependiente es la Productividad, es de tipo de enfoque cuantitativo ordinal y la variable independiente es la Filosofía Lean Construction, son de tipo de enfoque cuantitativo ordinal debido a que es posible realizar mediciones, representarlos en número y establecer un orden en la aplicación de la Filosofía Lean Construction para el mejoramiento de la productividad en obras.

- Productividad: Variable dependiente de tipo cuantitativo ordinal.
- Filosofía Lean Construction: Variable independiente de tipo cuantitativo ordinal.

2.5.2. Definición Conceptual y Operacional de las Variables

La definición conceptual es la definición nominal y descriptiva de la variable. La definición operacional es el proceso en la cual se transforma la variable, de conceptos abstractos a términos concretos, observables y medibles.

Tabla 3: Definición Conceptual y Operacional de las Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL
Variable Dependiente: Productividad	Medida de eficiencia y efectividad, puesto que mediante la productividad se puede determinar la forma en que se administran los recursos consumidos (horas hombre, tiempo, horas máquina, bolsas, unidades, S/, U\$, etc.) para obtener un resultado, el cual se desarrolla en un plazo determinado y con estándares de calidad dados.	Maximizar la productividad de las cuadrillas encargadas de la ejecución de las partidas de casco estructural, maximizar los valores que el cliente percibe y disminuir los desperdicios que no generan valor agregado.
Variable Independiente: Filosofía Lean Construction	Modelo de gestión que se enfoca en minimizar las pérdidas de los sistemas de manufactura al mismo tiempo que maximiza la creación de valor para el cliente final. Para ello utiliza la mínima cantidad de recursos, es decir, los estrictamente necesarios para el crecimiento.	Determinar la metodología para medir y realizar las secuencias de los datos para ser evaluado de manera práctica, aproximándose al objetivo principal

Fuente: Elaboración propia, 2023.

2.5.3. Operacionalización de las Variables.

La operacionalización de variables es un proceso que se presenta solamente en el enfoque cuantitativo debido a que las variables deben ser susceptibles a ser observadas y medidas. En la siguiente tabla se presenta la forma como se produce la operacionalización de las variables:

Tabla 4: Operacionalización de variables

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES			
Variable dependiente	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Productividad	Trabajo Productivo	Porcentaje estadístico de la productividad de los trabajos productivos	Libros Microsoft Project Guías de observaciones Microsoft Excel Microsoft Word
		Análisis y evaluación de propuesta de mejora	
	Trabajo Contributorio	Porcentaje estadístico de la productividad de los trabajos contributorios	
		Análisis y evaluación de propuesta de mejora	
	Trabajo No Contributorio	Porcentaje estadístico de la productividad de los trabajos no contributorios	
		Análisis y evaluación de propuesta de mejora	
Variable independiente	Dimensiones	Indicadores	
Filosofía Lean Construction	Herramienta Carta Balance	Formato de campo para el muestreo de las partidas evaluadas	Microsoft Word
		Registro de datos e identificación de pérdidas por partidas	
		Análisis de información de las partidas identificadas y una propuesta de mejora	
	Análisis de Restricciones	Análisis de incumplimientos	

Fuente: Elaboración propia, 2023.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

A partir de la manipulación de variables, el estudio de investigación se divide en:

3.1.1. Tipo de Investigación

El estudio se enmarca a una investigación de tipo Aplicada, se aplica conceptos teóricos por medio de libros y conceptos prácticos y científicos para lograr el mejoramiento de la productividad en obras.

El enfoque es Cuantitativo, ya que se recolecta datos numéricos, resultados expresados en números. El estudio y análisis se realizará mediante procedimientos estadísticos.

Asimismo el nivel de la investigación es:

- a) Explicativo, ya que se explica de manera detallada todo el desarrollo de la presente investigación de forma secuencial.
- b) Descriptivo, se describe el flujo y procedimientos de las actividades que se van a desarrollar para la evaluación y medición de los indicadores.
- c) Correlacional, se mide y evalúa la relación entre la variable independiente y dependiente.

Según Ñaupas, H. & Valdivia, M. & Palacios, J. & Romero, H. (2018), sobre la investigación descriptiva: el fin es recopilar datos e informaciones sobre las características, así también como las propiedades, aspectos o dimensiones.

3.1.2. Diseño de Investigación

Para Ñaupas, H. & Valdivia, M. & Palacios, J. & Romero, H. (2018), diseño de investigación: es un instrumento de dirección esquematizado que aplica un investigador para relacionar y controlar las variables de estudio. En ese contexto la presente investigación es:

- a) No experimental, es realizado sin la intervención del autor y sin que los indicadores sean manipulados. Lo que se hace es observar cómo se desarrollan las actividades del proceso constructivo. El desarrollo de las actividades es ajeno a la voluntad de los investigadores.
- b) Longitudinal, se investiga de manera continua o repetida a una misma cuadrilla durante la jornada laboral, es requerido el uso de datos estadísticos. Los datos obtenidos son de tipo cuantitativo.
- c) Prospectivo, se recolecta información aplicando criterios técnicos por los investigadores con la finalidad de alcanzar las hipótesis y objetivos planteados.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

Para Tamayo, (2014); una población es “la totalidad de un fenómeno de estudio, incluyendo el total de unidades de análisis o entidades poblacionales que crean este fenómeno y debe calcularse para un estudio dado combinando alrededor de N entidades con características definidas y llamadas población porque incluye la totalidad de los fenómenos enumerados en los estudios de investigación”.

Por tanto, la población para la presente investigación es una obra en ejecución a cargo de una empresa constructora del ámbito local la misma que se denomina "Mejoramiento y ampliación del servicio educativo en los niveles primaria y secundaria de la I.E N° 00623 – Segunda Jerusalen, distrito de Elias Soplin Vargas, provincia de Rioja – San Martín.

3.2.2. Muestra

Para el presente estudio se utilizó una muestra no probabilística (muestra dirigida), en la cual señala (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010) fue una muestra que no dependió de probabilidad, sino por razones relacionadas con las características del estudio. Para el presente estudio, toda la población suele ser manejable.

Para la presente investigación, se tomó como muestra las partidas de concreto armado más representativas en costo y tiempo del presupuesto de un modulo de aulas de la obra unidad de analisis.

3.3. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para el desarrollo de esta investigación se usó la técnica de recolección de datos por medio de las fichas realizadas basándose según la programación Lookahead con las cuales detectamos las restricciones de obra, parte del Last Planner que nos brinda un panorama más extenso constructivamente hablando, de la Filosofía Lean Construction, con la finalidad de analizar los plazos en cada uno del proceso de la construcción de las partidas seleccionadas como muestra (obras de concreto armado). De igual manera, se utilizó los reportes semanales de avance acerca de las actividades programadas.

3.3.1. Técnicas de Recolección de Datos

Según, Arias (2006), "las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información". Son ejemplos de técnicas, la observación directa, la encuesta y la entrevista, el análisis documental, de contenido, entre otros.

Para la presente investigación se consideró la aplicación de las siguientes técnicas de recolección de datos.

A. Análisis Documental:

Según la Licenciada Isabel A. Solís Hernández "El análisis documental es la operación que consiste en seleccionar las ideas informativamente relevantes de un documento a fin de expresar su contenido sin ambigüedades para recuperar la información en él contenida".

Para la presente investigación se realizó la revisión bibliográfica de la Filosofía Lean Construction como herramienta de gestión de proyectos para aplicarlo adecuadamente en el camino de mejorar la productividad, así mismo se consultó libros, tesis, revistas, artículos técnicos, etc.

Asimismo se revisó y analizó la documentación técnica y financiera de la obra (presupuesto, metrados, análisis de costos unitarios, cronogramas, valorizaciones, cuaderno de obra, informes mensuales, etc.).

B. Observación Participante:

La Observación participante es según Taylor y Bogdan (1984) la investigación que involucra la interacción social entre el investigador y los informantes en el milieu (escenario social, ambiente o contexto) de los últimos, y durante la cual se recogen datos de modo sistemático y no intrusivo.

La observación participante es definida sucintamente como un proceso, en el cual la presencia del observador en la situación social, es mantenida para fines de investigación científica. El observador está en relación cara a cara con los observados y en participación directa con ellos en sus ambientes naturales de vida.

Para la presente investigación la observación se realizó de manera participante y selectiva, centrándonos en las partidas seleccionadas como muestra lo cual permitió la medición y análisis del porcentaje de tiempo que la mano de obra calificada y no calificada dedica a la ejecución de los trabajos relacionados al concreto armado del módulo de aulas unidad de análisis.

C. Encuesta:

La encuesta es el método utilizado para la realización de esta investigación fue la encuesta, la cual consiste en un conjunto de preguntas respecto a una o más variables a medir (Sampieri et. al., 2003). Las encuestas pueden ser descriptivas o explicativas.

En la presente investigación una vez delimitado el problema de investigación se realizó una encuesta la misma que fue realizada a expertos con la finalidad de recoger información para identificar y conocer la magnitud de los principales problemas que influyen en la improductividad en el sector construcción del ámbito local.

3.3.2. Instrumentos de Recolección de Datos

Los instrumentos de medición (Hernández S., y otros, 2010 pág. 200) son recursos que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente.

Para la presente investigación se usaron diferentes tipos de formatos los cuales junto a la recopilación de datos realizados en el área de trabajo se representarán en gráficos, tablas y figuras que hacen

referencia en la demostración de la hipótesis de la presente investigación. Los datos que se obtuvieron fueron procesados mediante los siguientes instrumentos:

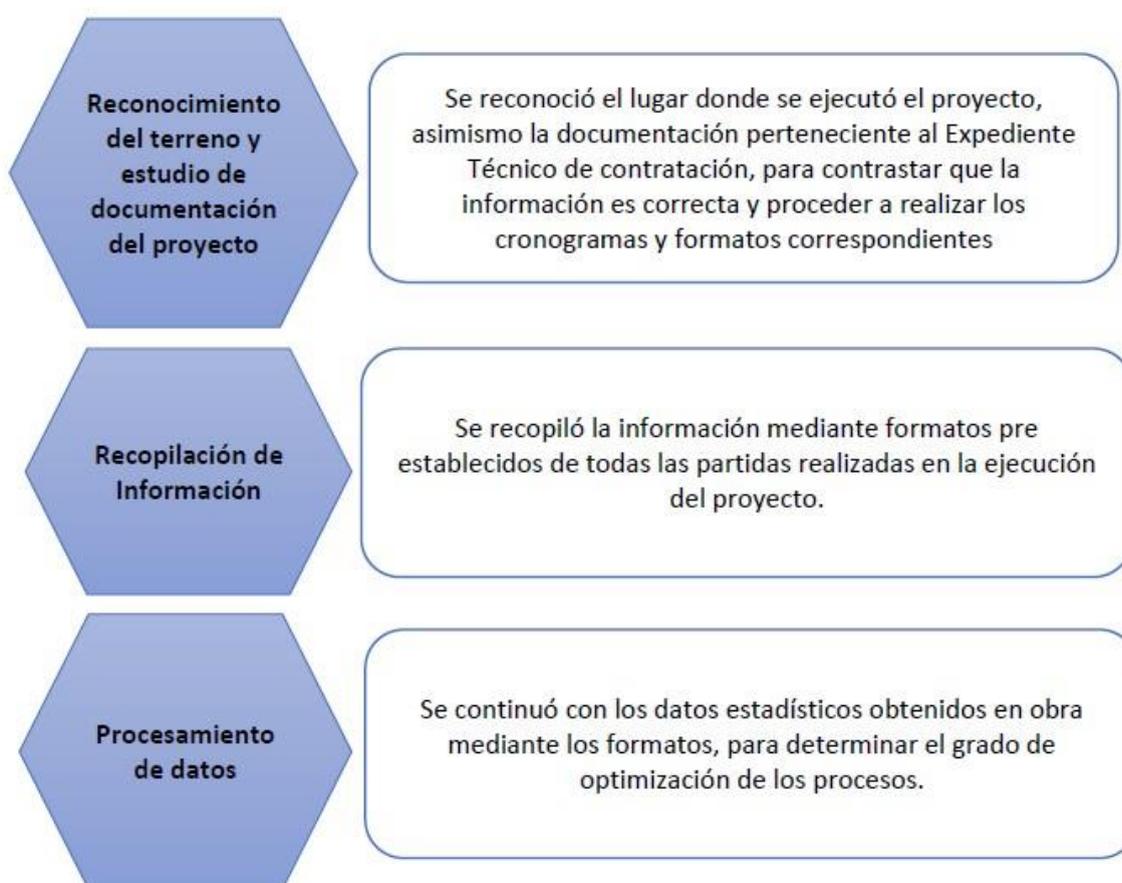
- Libros.
- Microsoft Project.
- Guías de Observaciones.
- Microsoft Excel.
- Microsoft Word

3.3.3. Procedimientos de Recolección de Datos

Para la presente investigación se adoptó el siguiente procedimiento para la recolección de datos:

Gráfico 8:

Procedimiento de Recolección de Datos

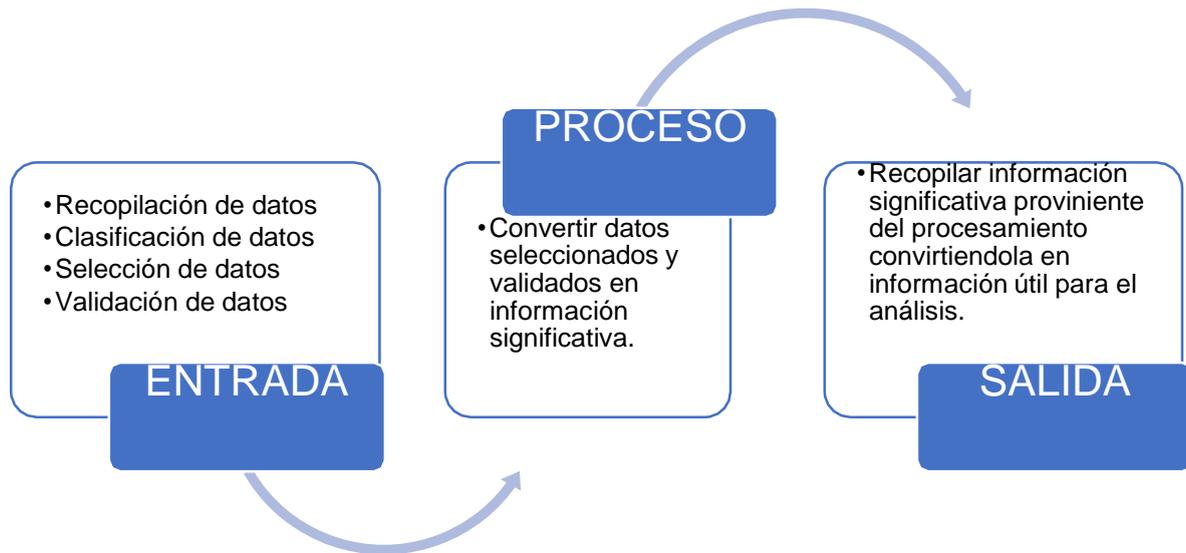


Fuente: Elaboración Propia, 2023.

3.4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

En la presente investigación se aplicó el siguiente proceso para el procesamiento y análisis de datos.

Gráfico 9:
Procedimiento para el procesamiento y análisis de datos



Fuente: Elaboración Propia, 2023.

3.5. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA

Para la presente investigación se utilizó los siguientes métodos:

- **Deductivo:** este método permitió describir y explicar la realidad problemática de la variable independiente y la variable dependiente desde los indicadores, para luego aplicar la filosofía Lean Construction en la programación, ejecución y control de la obra y evaluar el grado de optimización.
- **Analítico:** este método facilitó analizar los resultados obtenidos después del procesamiento de datos, de los instrumentos aplicados, con la finalidad de analizar los indicadores que describan y evalúen la variable independiente y dependiente.

El proceso metodológico utilizado en la investigación tiene tres etapas claras que se describen a continuación:

a) Recopilación bibliográfica

La implementación de la filosofía “Lean Construction” o construcción sin pérdidas en la etapa de diseño, planificación y ejecución de los proyectos, necesita de la comprensión de los procesos que son necesarios para realizar las actividades y generar el diseño de los proyectos.

Para ello, el primer paso consistió en conocer y analizar la filosofía “Lean Construction” que permita determinar la diferencia y sus ventajas frente a los procesos actuales de planificación, diseño y ejecución de los proyectos. Para este fin, se describe los objetivos, principios y procedimientos que sugiere esta nueva perspectiva de trabajo que servirán de base para el planteamiento y desarrollo de procesos y herramientas que se puedan introducir en la fase de planificación, diseño y ejecución de los proyectos.

b) Investigación de campo:

Se ha procedido a realizar el control y las mediciones correspondientes a las partidas seleccionadas como muestra y poder identificar tiempos productivos, contributorios y no contributorios.

Así mismo en el contexto de conocer la realidad actual y por qué no es posible cumplir con el tiempo, costos y calidad que demandan los proyectos, se estudia las causas que impiden cumplir con estos aspectos en la planificación y diseño de los proyectos, con ello se puede comprender el contexto práctico en el que nos desenvolvemos.

Para estudiar la factibilidad de implementación de la Filosofía Lean Construction, se realizaron encuestas a 50 personas, que incluyen funcionarios públicos, gerentes de empresas, profesionales ligados al sector construcción (oficina y campo), considerando que es la forma

idónea de indagar los procesos que se utilizan y conocer las causas que ocasionan el incumplimiento de plazos, sobrecostos y problemas de calidad de los mismos.

Con ello partiendo de conocer los puntos críticos que impiden la productividad de los proyectos se plantean estrategias pertinentes que ayuden a resolver y minimizar los actuales problemas, con herramientas factibles de ser introducidas en cada procedimiento.

Para representar los resultados se lo hace con tablas, formatos y gráficos en los cuales se distingue el número de las personas que ha respondido a las consultas y los ejes que se preguntaron.

Además se realiza un análisis crítico de las preguntas según las respuestas de los encuestados, que permite integrar de mejor forma la percepción de quienes están involucrados en ésta área.

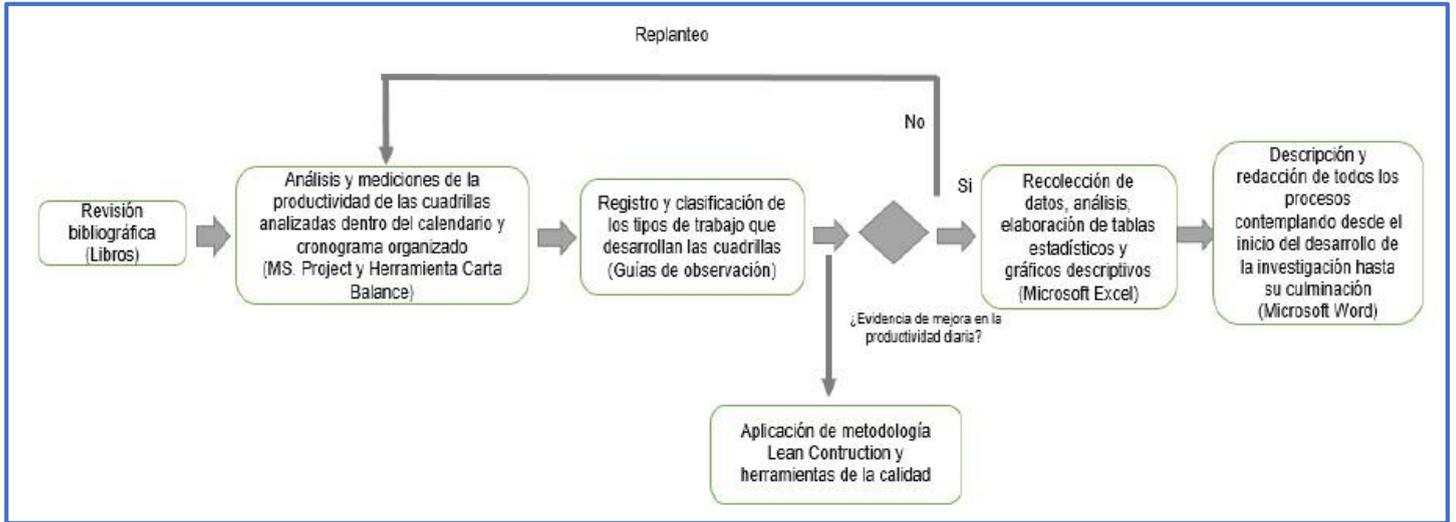
c) Análisis, adaptación y desarrollo de herramientas

Para el desarrollo de procesos se implementaron herramientas que faciliten la introducción de los mismos a la práctica diaria de las empresas o entidades encargadas o dedicadas a la planificación y diseño de proyectos.

Cada proceso descrito y desarrollado para su entendimiento, con una propuesta de instrumentos objetiva que permita mejorar la coordinación y alcanzar así con los objetivos de los proyectos.

Finalmente, se presentan conclusiones que recogen el contexto conceptual y práctico que se plantea para el diseño y planificación de los proyectos bajo la perspectiva de la Filosofía "Lean Construction".

Gráfico 10:
Metodología empleada en la investigación



Fuente: Elaboración Propia, 2023

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

La obra que fue seleccionada para ser evaluada en la presente investigación es la obra: “Mejoramiento y ampliación del servicio educativo en los niveles primaria y secundaria de la I.E N° 00623 – Segunda Jerusalén, distrito de Elías Soplin Vargas, provincia de Rioja – San Martín”.

El terreno donde se encuentra ubicada la obra es en la Mz.52 lote 01 de la Av. Dos Olivos, Sector Segundo Jerusalén I Etapa, distrito de Elías Soplin Vargas, provincia de Rioja, departamento de San Martín.

El acceso es por vía terrestre hacia la institución intervenida, partiendo desde de la ciudad de Rioja con dirección al distrito de Nueva Cajamarca por la carretera Fernando Belaunde Terry en todo tipo de vehículo en un tiempo aproximado de 15 minutos se encuentra el centro poblado Segunda Jerusalén y la I.E. N° 00623, ubicándose en el Jirón Dos Olivos..

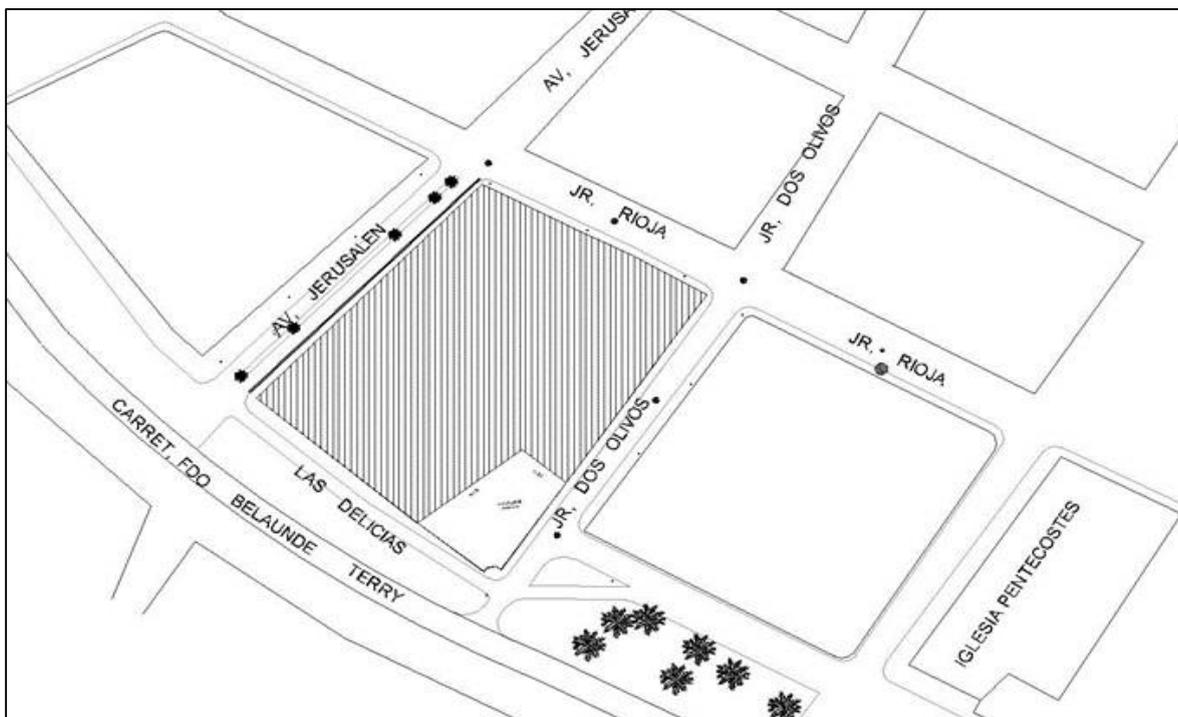
Gráfico 11:

Macrolocalización del proyecto



Fuente: Elaboración Propia, 2023 (con información de google earth)

**Gráfico 12:
Microlocalización del proyecto**



Fuente: Elaboración Propia, 2023 (con información de plano de ubicación del proyecto)

Las características climatológicas de la zona del proyecto se describen en la siguiente tabla.

**Tabla 5:
Características Climatológicas**

ZONA CLIMATICA	Mesoandino
ALTITUD	840 m.s.n.m
PRECIPITACIONES ANUALES	1000– 1,400 al año – días de lluvia a lo largo del año : 84 y 114
VARIACIONES DE TEMPERATURA	Temperatura mínima 16° Temperatura máxima 32 °
VIENTOS DOMINANTES	S-SO-SE

Fuente: Elaboración propia, 2023 con información de GDE 002-2015 CUADRO 38 Y 65 PAG: 228-229

Las características del terreno se describen a continuación:

- Tipo de Suelo:

El centro poblado de Segunda Jerusalén cuenta con un suelo de color pardo oscuro a pardo rojizo; textura moderadamente fina a fina (arcillo limoso a arcillo limoso), la capacidad de intercambio catiónico varía de 15 a 25 me/100 gr. de suelo y la fertilidad natural es media. Son moderadamente bien drenados. Soportan inundaciones muy esporádicas.

- Topografía:

Topografía plana a ligeramente ondulada – pendiente con inclinación suave entre 1°- 5°.

- Tipos de terreno para intervenciones en ii.ee publicas:

Se ha considerado según la NT-012-01-MINEDU que el tipo de terreno para el proyecto es el Tipo II, el cual justificamos debido a que el diseño del proyecto contempla dentro de sus linderos la totalidad del programa arquitectónico que demanda la I.E 00623. Asimismo, la norma técnica nos indica, que este tipo de terreno no tiene posibilidad de ampliación, en el proyecto el terreno se utilizó en su totalidad para el desarrollo arquitectónico.

El Sector donde se encuentra ubicado la Institución Educativa N° 00623 tiene una zonificación de Uso residencial en un alto porcentaje y uso comercial vecinal, el cual es compatible con el proyecto.

Gráfico 13: Zonificación del proyecto



Fuente: Elaboración Propia, 2023 (con información de plano de arquitectura del proyecto)

El terreno según el título de propiedad cuanta con 10,896.91 m² sin embargo siguiendo las medidas que indica dicho documento se forma una poligonal con un área diferente a los estipulado donde se obtiene un área de 10,784.78 m², teniendo una diferencia de 112.13 m² es decir el 1% de la medida total que nos indica el título de propiedad. En cuanto a las medidas que estipulan los planos topográficos se tiene que el terreno mide 10,744.20 m², teniendo una diferencia de 152.71 m² con las medidas que estipula el título de propiedad.

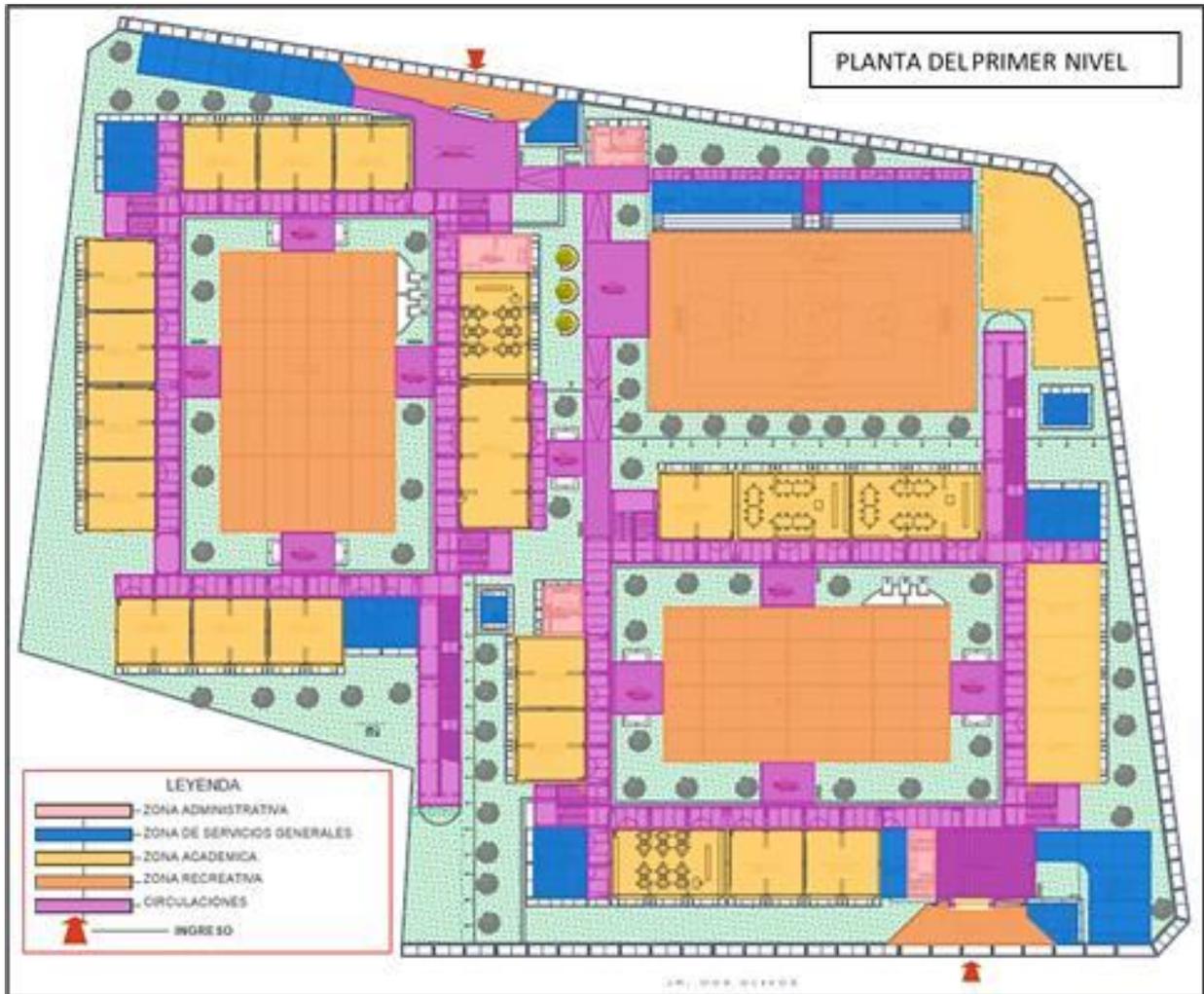
Al contrastar el perímetro del título de propiedad con el perímetro encontrado en la topografía, estos difieren 40.58 m² por lo tanto se muestra gráficamente la superposición de estos, para visualizar dicho contraste. Es pertinente mencionar que el anteproyecto se emplaza dentro del perímetro que indica las medidas de la poligonal del título de propiedad el cual no da un área de 10,784.78 m².

La zonificación se diseñó tomando en cuenta las diversas actividades pedagógicas, como las áreas de servicios generales con la que debe contar una I.E, siguiendo los criterios de diseño para locales educativos de primaria y secundaria, es así que el proyecto cuenta con 05 zonas las cuales se describen a continuación:

- Zona Administrativa: Consta del área de gestión administrativa y del área de bienestar estudiantil, el usuario directo es el personal administrativo y profesores.
- Zona de Servicios Generales: Consta de los ambientes de servicios los cuales permiten el mantenimiento y funcionamiento de todo el proyecto, el usuario directo es el personal encargado del mantenimiento de la I.E y los auxiliares.
- Zona Académica: contempla los ambiente pedagógicos y complementarios, el usuario directo son los alumnos y los profesores.
- Zona Recreativa: Área donde se encuentra los dos patios correspondientes a primaria y secundaria, así también se tiene una losa multiuso, el usuario directo son los alumnos y profesores.
- Circulación: El proyecto cuenta, con dos tipos de circulación vertical, compuesta por 06 escaleras y dos rampas que llegan hasta el último nivel.

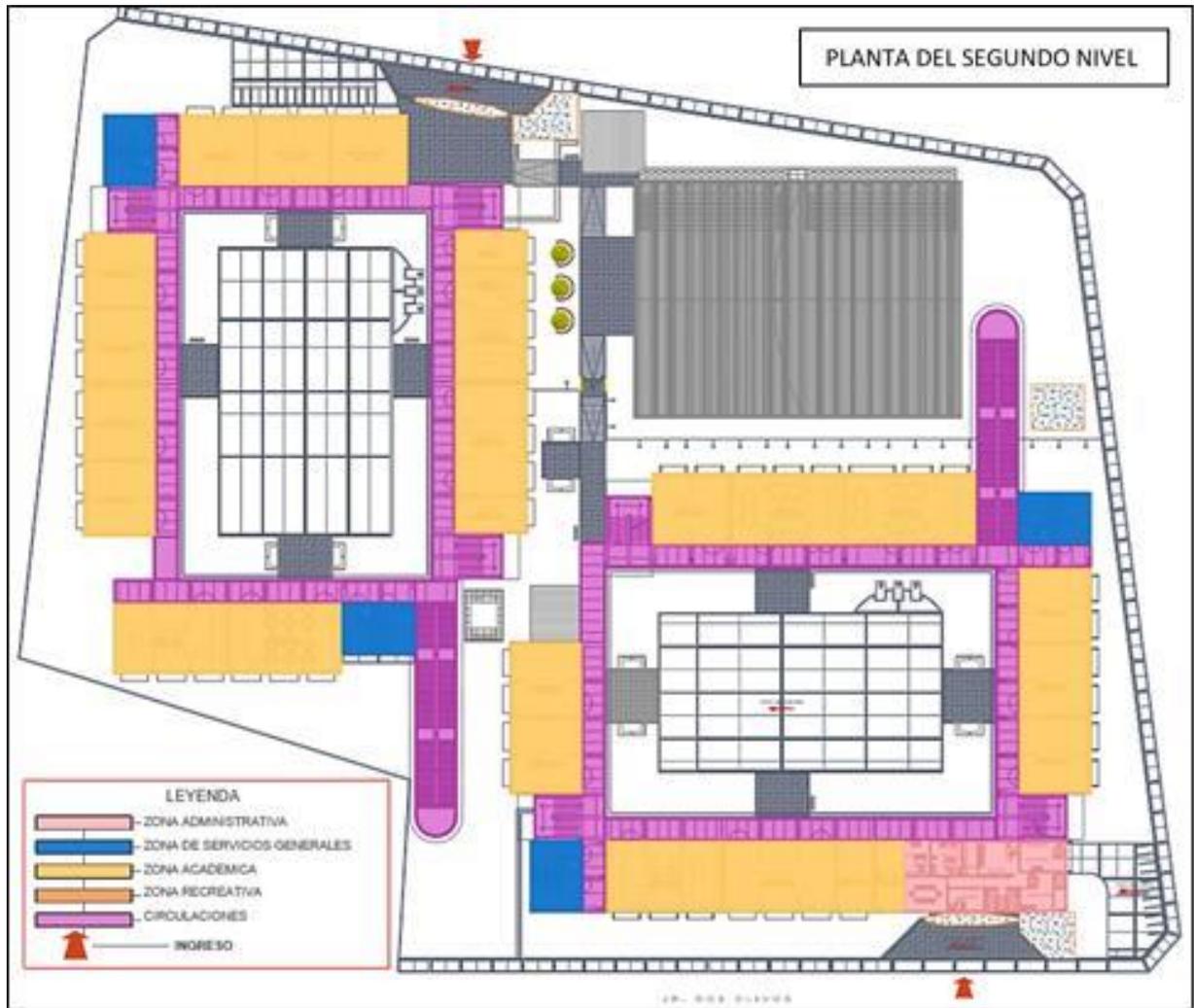
En los siguientes gráficos se indica la zonificación del proyecto por cada nivel.

Gráfico 14:
Distribución en Planta – Primer Nivel



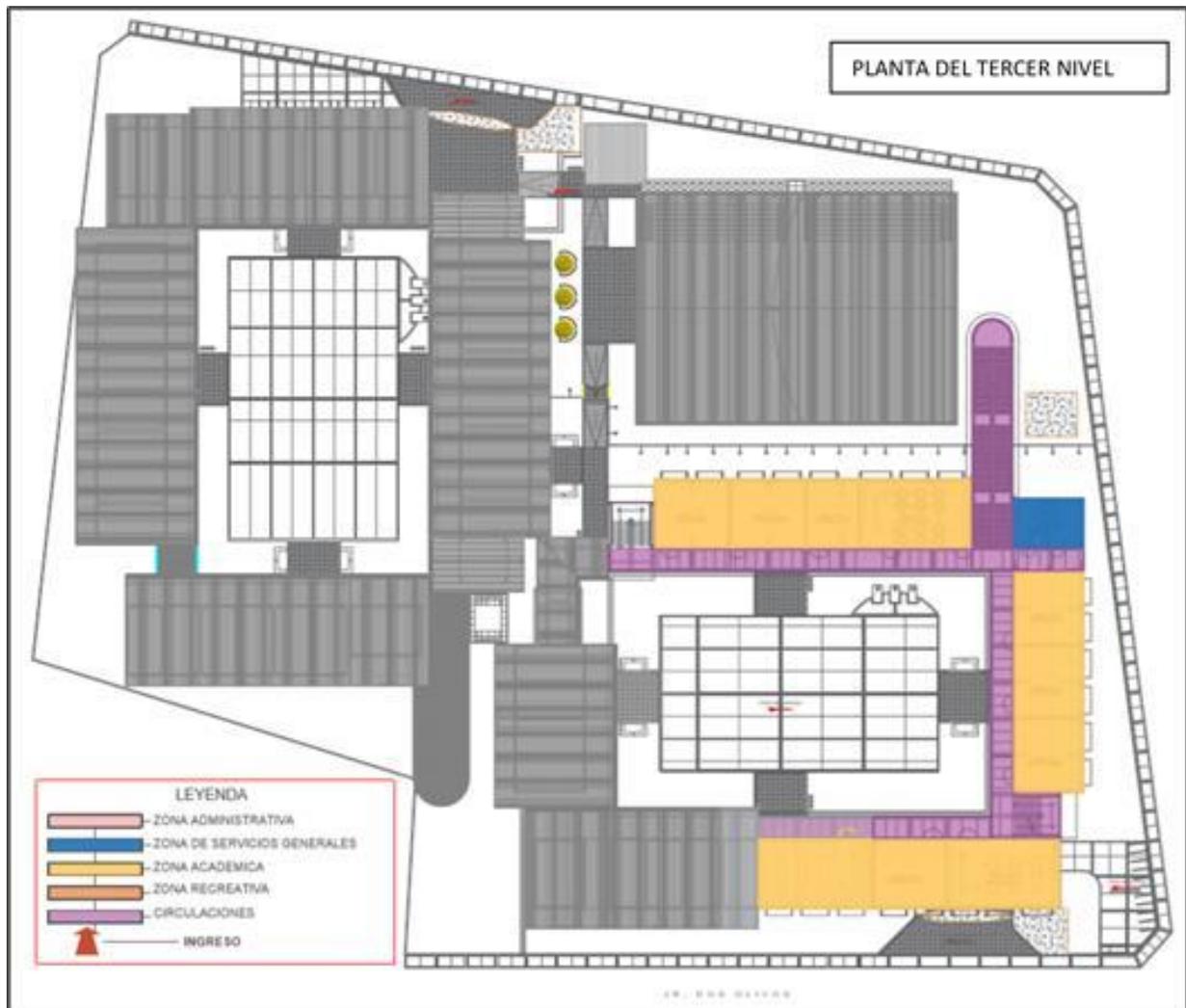
Fuente: Elaboración Propia, 2023 (con información de plano de arquitectura del proyecto)

Gráfico 15:
Distribución en Planta – Segundo Nivel



Fuente: Elaboración Propia, 2023 (con información de plano de arquitectura del proyecto)

Gráfico 16:
Distribución en Planta – Tercer Nivel



Fuente: Elaboración Propia, 2023 (con información de plano de arquitectura del proyecto)

El proyecto de la I.E. N° 00623 - Segunda Jerusalén cuenta con dos ingresos principales, tanto para primaria como para secundaria son amplios y de fácil acceso para el alumnado, los profesores y el público en general, cada ingreso se conecta directamente con el patio, el cual es un espacio central que sirve como hall para la directa relación entre los ambientes administrativos, pedagógicos y de servicios.

El Nivel Primario:

Cuenta con 02 niveles, en el primer nivel se encuentran 10 aulas estándar pedagógicas, 01 tópico, 01 taller creativo, 02 baterías de baños, el estacionamiento de bicicletas, con respecto a la circulación vertical se cuenta

con 02 escaleras y una rampa, en el segundo nivel se pueden encontrar 07 aulas estándar pedagógicas, 02 aula de innovación, 01 taller creativo, 01 biblioteca, 01 cuarto de limpieza + depósito y 02 baterías de baños.

El Nivel Secundario:

Cuenta con 3 niveles, en el primer nivel se encuentran 08 aulas estándar pedagógicas, 01 taller de arte, 01 taller de EPT, 01 laboratorio de física, 01 tóxico, 01 cuarto de video vigilancia, 02 baterías de baños, el estacionamiento de bicicleta y 01 quiosco, área de biohuertos + depósitos, en cuanto a la circulación vertical se cuenta con 02 escaleras y una rampa, en el segundo nivel se encuentra la zona administrativa y bienestar estudiantil con todas las ambientes necesarios como son (dirección, subdirección, secretaria+ sala de espera, oficina de tutoría, apafa, archivos, psicología y sala de reuniones), así también se encuentran 05 aulas estándar pedagógicas, 01 taller de arte, 01 taller de EPT, 01 aula de innovación, 01 cuarto de limpieza + depósito, y 02 baterías de baños, en el tercer nivel se cuenta con 06 aulas estándar pedagógicas, 1 laboratorio de química y biología, 02 aulas de innovación, 01 cuarto de limpieza + depósito y 01 batería de baños.

Áreas Compartidas:

Se cuenta con 01 losa multiusos, 01 SUM, 02 quioscos, y todos los ambientes de servicios generales los cuales son: el almacén general, maestranza, vestidores + SS.HH, subestación y cuarto de bombas.

**Tabla 6:
Resumen de Presupuesto del Proyecto**

DESCRIPCION DEL PRESUPUESTO			
	COMPONENTE I		
01	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA, PLAN DE CONTINGENCIA	S/.	2,821,812.95
02	ESTRUCTURAS	S/.	8,708,240.06
03	ARQUITECTURA, EVACUACION Y SENALIZACION	S/.	4,515,584.19
04	INSTALACIONES SANITARIAS	S/.	355,372.01
05	INSTALACIONES ELECTRICAS Y COMUNICACIONES	S/.	3,795,804.52
	* COSTO DIRECTO	S/.	20,196,813.73
	* Gastos Generales (10.92%)	S/.	2,205,492.06
	* Utilidad (5%)	S/.	1,009,840.69
	SUB TOTAL PRESUPUESTO	S/.	23,412,146.48
	* Impuesto General a las Ventas (18%)	S/.	4,214,186.37
	SUB TOTAL PRESUPUESTO COMPONENTE I	S/.	27,626,332.85
	* Componente II: Plan Prevención y Control Covid-19	S/.	626,764.70
	* Gastos Generales (15.16%)	S/.	95,017.53
	SUB TOTAL PRESUPUESTO	S/.	721,782.23
	* Impuesto General a las Ventas (18%)	S/.	129,920.80
	SUB TOTAL PRESUPUESTO COMPONENTE II	S/.	851,703.03
	* Componente III: Mobiliario y Equipamiento	S/.	3,097,972.00
	TOTAL PRESUPUESTO DE OBRA COMPONENTE I + II + III	S/.	31,576,007.88
	* Gastos Supervision (2.35%)	S/.	740,630.72
	TOTAL INVERSION PARA LA OBRA	S/.	32,316,638.60

Fuente: Elaboración propia 2023, con Presupuesto del Expediente Técnico

4.2 APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION

La teoría Last Planner (Teoría del último planificador) se define al último planificador a la persona o grupo de personas cuya función es la asignación de trabajo directo a los trabajadores. [...]. Adicionalmente, la función del último planificador es lograr que lo que queremos hacer que coincida con lo que podemos hacer, y finalmente ambas se conviertan en lo que vamos hacer. (Ghio C., 2001).

Lo que nos indica el autor en esta cita, que debemos involucrar a todos los actores con el fin de identificar lo que queremos y podemos hacer. [...] Ballard también plantea, para verificar el cumplimiento de la planificación operacional semanal, una herramienta llamada PPC (Percentage Planned Complete, o porcentaje de actividades planificadas cumplidas). El PPC compara el número de actividades planificadas cumplidas durante la semana con el total de actividades programadas para la semana. [...]. (Ghio C., 2001 pág. 34). El autor refiere el Porcentaje de plan cumplido como la herramienta que mide el porcentaje (%) de cumplimiento entre lo planeado y lo realmente ejecutado.

Mediante la aplicación de la herramienta Last Planner se pudo controlar las partidas seleccionadas de la obra desde el cronograma inicial hasta la etapa de ejecución de las partidas.

Para el caso de estudio se aplicaron los criterios planteados por la filosofía Lean Construction para la etapa de planeación y programación de la obra. Así mismo se determinaron las partidas restrictivas al concreto armado para la unidad de análisis, las mismas que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 7: Partidas de Concreto Armado Seleccionadas

ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO PARCIA
01.00.00	ESTRUCTURAS (PARTIDAS SLECCIONADAS)					
01.05.00	OBRAS DE CONCRETO ARMADO					
01.05.01	ZAPATAS					
01.05.01.01	CONCRETO EN ZAPATAS F'C= 210 KG/CM2.	m3	93.75	486.38	25 m3/dia	S/. 45,598.13
01.05.01.02	ACERO FY= 4200Kg/cm2 EN ZAPATAS	kg	2,639.55	4.58	250 kg/dia	S/. 12,089.14
01.05.03	VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION					
01.05.03.01	CONCRETO EN VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION F'C=210	m3	1,522.50	481.77	22 m3/dia	S/. 733,494.83
01.05.03.02	ACERO FY=4200 Kg/cm2 EN VIGAS EN T	kg	78,544.65	4.59	250 kg/dia	S/. 360,519.94
01.05.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS DE	m2	1,663.95	63.1	14 m2/dia	S/. 104,995.25
01.05.05	COLUMNAS					
01.05.05.01	CONCRETO EN COLUMNAS F'C=210 Kg/cm2	m3	761.40	573.93	12 m3/dia	S/. 436,990.30
01.05.05.02	ACERO FY= 4200Kg/cm2 EN COLUMNAS	kg	135,807.60	4.59	250 kg/dia	S/. 623,356.88
01.05.05.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	m2	7,311.75	74.02	10 m2/dia	S/. 541,215.74
01.05.07	VIGAS					S/. 0.00
01.05.07.01	CONCRETO EN VIGAS F'C=210 Kg/cm2	m3	700.50	502.92	20 m3/dia	S/. 352,295.46
01.05.07.02	ACERO FY= 4200Kg/cm2 EN VIGAS	kg	94,588.65	4.59	250 kg/dia	S/. 434,161.90
01.05.07.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS LINEAL	m2	5,441.85	82.45	10 m2/dia	S/. 448,898.21
01.05.08	LOSA ALIGERADA					S/. 0.00
01.05.08.01	CONCRETO EN LOSA ALIGERADA F'C=210 Kg/cm2	m3	627.75	493.6	25 m3/dia	S/. 309,857.40
01.05.08.02	ACERO FY= 4200Kg/cm2	kg	37,716.45	5.03	250 kg/dia	S/. 189,713.74
01.05.08.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA	m2	7,174.95	49.06	22 m2/dia	S/. 352,003.05
01.05.09	LOSA MACIZA					S/. 0.00
01.05.09.01	CONCRETO F'C= 210 KG/CM2. EN LOSA MACIZA	m3	144.90	490.29	20 m3/dia	S/. 71,043.02
01.05.09.02	ACERO FY= 4200Kg/cm2	kg	16,068.60	4.59	250 kg/dia	S/. 73,754.87
01.05.09.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA MACIZA	m2	1,415.25	53.5	22 m2/dia	S/. 75,715.88
PRESUPUESTO TOTAL DE PARTIDAS SELECCIONADAS						S/. 5,165,703.73

Fuente: Elaboración Propia, 2023, con información del presupuesto del expediente tecnico

A. Desarrollo del Plan Maestro.

Esta herramienta nos permitió elaborar una programación confiable, en función al cronograma inicial, la misma que se realizó con los profesionales que tienen relación directa con los aspectos de dirección de la obra y tuvieron las facultades adquiridas para la toma de decisiones (Ingeniero Residente, maestro de obra, responsables de cuadrillas). Este procedimiento se desarrolló con el objetivo de recopilar la mayor cantidad de información sobre los requerimientos de los clientes y proveedores dentro de la cadena del proceso de ejecución de obra teniendo en cuenta la secuencia lógica constructiva y la ruta crítica. El Plan Maestro tendrá su medición en Porcentaje de plan cumplido (PPC).

Tabla 8: Cronograma Inicial

ITEM	DESCRIPCION	METRADO		RENDIMIENTO		CUADRILLA			TIEMPO DE PROGRAMACION
		Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	Operario	Oficial	Peón	
01.00.00	ESTRUCTURAS								
01.05.00	OBRAS DE CONCRETO ARMADO								
01.05.01	ZAPATAS								
01.05.01.01	CONCRETO EN ZAPATAS F'C= 210 KG/CM2.	93.75	m3	25	m3/dia	2	2	8	4
01.05.01.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2 EN ZAPATAS	2,639.55	kg	250	kg/dia	1	1	0	11
01.05.03	VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION								
01.05.03.01	CONCRETO EN VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION F'C=210 Kg/cm2	1,522.50	m3	22	m3/dia	2	2	8	69
01.05.03.02	ACERO F'Y=4200 Kg/cm2 EN VIGAS EN T	78,544.65	kg	250	kg/dia	4	4	0	314
01.05.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION LINEAL EN T	1,663.95	m2	14	m2/dia	2	2	1	119
01.05.05	COLUMNAS								
01.05.05.01	CONCRETO EN COLUMNAS F'C=210 Kg/cm2	761.40	m3	12	m3/dia	2	2	10	63
01.05.05.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2 EN COLUMNAS	135,807.60	kg	250	kg/dia	2	2	0	543
01.05.05.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	7,311.75	m2	10	m2/dia	4	4	4	731
01.05.07	VIGAS								
01.05.07.01	CONCRETO EN VIGAS F'C=210 Kg/cm2	700.50	m3	20	m3/dia	2	2	10	35
01.05.07.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2 EN VIGAS	94,588.65	kg	250	kg/dia	4	4	0	378
01.05.07.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS LINEAL	5,441.85	m2	10	m2/dia	4	4	4	544
01.05.08	LOSA ALIGERADA								
01.05.08.01	CONCRETO EN LOSA ALIGERADA F'C=210 Kg/cm2	627.75	m3	25	m3/dia	3	2	10	25
01.05.08.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2	37,716.45	kg	250	kg/dia	2	2	0	151
01.05.08.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA	7,174.95	m2	22	m2/dia	4	4	4	326
01.05.09	LOSA MACIZA								
01.05.09.01	CONCRETO F'C= 210 KG/CM2. EN LOSA MACIZA	144.90	m3	20	m3/dia	2	2	8	7
01.05.09.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2	16,068.60	kg	250	kg/dia	1	1		64
01.05.09.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA MACIZA	1,415.25	m2	22	m2/dia	1	1	1	64

Fuente: Elaboración propia 2023.

B. Porcentaje de Actividades Completadas.

La aplicación de ésta herramienta nos permite evaluar el cronograma inicial (Plan Maestro) y compararlo semanalmente con la ejecución real de las actividades.

Tabla 9: Actividades Completadas (PAC) – Análisis de Cumplimiento Semana 1

SEMANA N°								
ITEM	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	UND	% COMPLETADO		LOGRADO		ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO
				PLANIFICAD	REAL	SI	NO	
01	ESTRUCTURAS							
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO							
01.05.01	ZAPATAS							
01.05.01.01	CONCRETO EN ZAPATAS FC= 210 KG/CM2.	J. RODRIGUEZ	m3	93.7	93.7	X		Actividad adelantada
01.05.01.02	ACERO FY= 4200Kg/cm2 EN ZAPATAS	J. RUIZ	kg	2,639.5	2,639.5	X		
01.05.03	VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION							
01.05.03.02	ACERO FY=4200 Kg/cm2 EN VIGAS EN T	J. RUIZ	kg	31,417.8	31,417.8		X	Espera por materiales
01.05.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION LINEAL EN T	J. RODRIGUEZ	m2	665.58	665.58	X		
01.05.05	COLUMNAS							
01.05.05.02	ACERO FY= 4200Kg/cm2 EN COLUMNAS	J. RUIZ	kg	67,903.8	40,324.0		X	Trabajo rehecho
01.05.05.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	J. RODRIGUEZ	m2	3,655.88	3,655.88	X		

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Tabla 10: Actividades Completadas (PAC) – Análisis de Cumplimiento Semana 2

SEMANA N°								
ITEM	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	UND	% COMPLETADO		LOGRADO		ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO
				PLANIFICAD	REAL	SI	NO	
01	ESTRUCTURAS							
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO							
01.05.03	VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION							
01.05.03.01	CONCRETO EN VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION FC=210 Kg/cm2	J. RODRIGUEZ	m3	761.25	500.37		X	Movimiento innecesario de personas
01.05.03.02	ACERO FY=4200 Kg/cm2 EN VIGAS EN T	J. RUIZ	kg	15,708.9	15,708.9	X		
01.05.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION LINEAL EN T	J. RODRIGUEZ	m2	332.79	332.79	X		
01.05.05	COLUMNAS							
01.05.05.02	ACERO FY= 4200Kg/cm2 EN COLUMNAS	J. RUIZ	kg	67,903.8	95,483.6	X		
01.05.05.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	J. RODRIGUEZ	m2	2,193.53	2,193.53	X		Actividad adelantada

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

**Tabla 11: Actividades Completadas (PAC) – Análisis de Cumplimiento
Semana 3**

SEMANA N°								
ITEM	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	UND	% COMPLETADO		LOGRADO		ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO
				PLANIFICAD	REAL	SI	NO	
01	ESTRUCTURAS							
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO							
01.05.03	VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION							
01.05.03.01	CONCRETO EN VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION FC=210 Kg/cm2	J. RODRIGUEZ	m3	456.75	717.63	X		Actividad adelantada
01.05.03.02	ACERO FY=4200 Kg/cm2 EN VIGAS EN T	J. RUIZ	kg	15,708.9	15,708.9	X		
01.05.03.03	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION LINEAL EN T	J. RODRIGUEZ	m2	332.79	332.79	X		
01.05.05	COLUMNAS							
01.05.05.01	CONCRETO EN COLUMNAS FC=210 Kg/cm2	J. RODRIGUEZ	m3	571.0	571.0	X		Actividad adelantada
01.05.05.03	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	J. RODRIGUEZ	m2	1,462.35	1,462.35	X		

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

**Tabla 12: Actividades Completadas (PAC) – Análisis de Cumplimiento
Semana 4**

SEMANA N°								
ITEM	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	UND	% COMPLETADO		LOGRADO		ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO
				PLANIFICAD	REAL	SI	NO	
01	ESTRUCTURAS							
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO							
01.05.05	COLUMNAS							
01.05.05.01	CONCRETO EN COLUMNAS FC=210 Kg/cm2	J. RODRIGUEZ	m3	190.3	190.3	X		Actividad adelantada
01.05.03	VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION							
01.05.03.01	CONCRETO EN VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION FC=210 Kg/cm2	J. RODRIGUEZ	m3	304.50	304.50	X		
01.05.03.02	ACERO FY=4200 Kg/cm2 EN VIGAS EN T	J. RUIZ	kg	15,708.9	15,708.9	X		
01.05.03.03	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION LINEAL EN T	J. RODRIGUEZ	m2	332.79	332.79	X		
01.05.07	VIGAS							
01.05.07.02	ACERO FY= 4200Kg/cm2 EN VIGAS	J. RUIZ	kg	70,941.4	61,316.0		X	Espera por
01.05.08	LOSA ALIGERADA							
01.05.08.02	ACERO FY= 4200Kg/cm2	J. RUIZ	kg	30,173.1	19,368.0		X	Espera por

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

**Tabla 13: Actividades Completadas (PAC) – Análisis de Cumplimiento
Semana 5**

SEMANA N°								
ITEM	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	UND	% COMPLETADO		LOGRADO		ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO
				PLANIFICAD	REAL	SI	NO	
01	ESTRUCTURAS							
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO							
01.05.07	VIGAS							
01.05.07.01	CONCRETO EN VIGAS FC=210 Kg/cm2	J. RODRIGUEZ	m3	700.5	700.5	X		Actividad adelantada
01.05.07.02	ACERO FY= 4200Kg/cm2 EN VIGAS	J. RUIZ	kg	23,647.1	33,272.6	X		
01.05.07.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS	J. RODRIGUEZ	m2	5,441.8	5,441.8	X		
01.05.08	LOSA ALIGERADA							
01.05.08.01	CONCRETO EN LOSA ALIGERADA FC=210	J. RODRIGUEZ	m3	627.7	627.7	X		
01.05.08.02	ACERO FY= 4200Kg/cm2	J. RUIZ	kg	7,543.2	18,348.4	X		
01.05.08.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA	J. RODRIGUEZ	m2	7,174.9	7,174.9	X		
01.05.09	LOSA MACIZA							
01.05.09.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA MACIZA	J. RODRIGUEZ	m2	1,132.20	750.15		X	Trabajo rehecho

Fuente: Elaboración Propia, 2023 .

**Tabla 14: Actividades Completadas (PAC) – Análisis de Cumplimiento
Semana 6**

SEMANA N°								
ITEM	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	UND	% COMPLETADO		LOGRADO		ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO
				PLANIFICAD	REAL	SI	NO	
01	ESTRUCTURAS							
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO							
01.05.09	LOSA MACIZA							
01.05.09.01	CONCRETO FC= 210 KG/CM2. EN LOSA MACIZA	J. RODRIGUEZ	m3	144.9	144.9	X		Actividad adelantada
01.05.09.02	ACERO FY= 4200Kg/cm2	J. RUIZ	kg	16,068.6	16,068.6	X		
01.05.09.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA MACIZA	J. RODRIGUEZ	m2	283.05	665.10	X		

Fuente: Elaboración Propia, 2023 .

Con los resultados obtenidos y presentados en las tablas 9, 10, 11, 12, 13 y 14 podemos calcular el porcentaje de actividades completadas (PAC).

Tabla 15: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) – Semana 1

SEMANA N° 01				
ITEM	ACTIVIDAD	% COMPLETADO		
		PLANIFICADO	REAL	%
01	ESTRUCTURAS			
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO			
01.05.01	ZAPATAS			
01.05.01.01	CONCRETO EN ZAPATAS FC= 210 KG/CM2.	93.75	93.75	100.00%
01.05.01.02	ACERO FY= 4200Kg/cm2 EN ZAPATAS	2,639.55	2,639.55	100.00%
01.05.03	VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION			
01.05.03.02	ACERO FY=4200 Kg/cm2 EN VIGAS EN T	31,417.86	31,417.86	100.00%
01.05.03.03	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION LINEAL EN T	665.58	665.58	100.00%
01.05.05	COLUMNAS			
01.05.05.02	ACERO FY= 4200Kg/cm2 EN COLUMNAS	67,903.80	40,324.00	59.38%
01.05.05.03	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	3,655.88	3,655.88	100.00%

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Tabla 16: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) – Semana 2

SEMANA N° 02				
ITEM	ACTIVIDAD	% COMPLETADO		
		PLANIFICADO	REAL	%
01	ESTRUCTURAS			
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO			
01.05.03	VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION			
01.05.03.01	CONCRETO EN VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION FC=210 Kg/cm2	761.25	500.37	65.73%
01.05.03.02	ACERO FY=4200 Kg/cm2 EN VIGAS EN T	15,708.93	15,708.93	100.00%
01.05.03.03	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION LINEAL EN T	332.79	332.79	100.00%
01.05.05	COLUMNAS			
01.05.05.02	ACERO FY= 4200Kg/cm2 EN COLUMNAS	67,903.80	95,483.60	140.62%
01.05.05.03	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	2,193.53	2,193.53	100.00%

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Tabla 17: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) – Semana 3

SEMANA N° 03				
ITEM	ACTIVIDAD	% COMPLETADO		
		PLANIFICADO	REAL	%
01	ESTRUCTURAS			
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO			
01.05.03	VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION			
01.05.03.01	CONCRETO EN VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION FC=210 Kg/cm2	456.75	717.63	157.12%
01.05.03.02	ACERO FY=4200 Kg/cm2 EN VIGAS EN T	15,708.93	15,708.93	100.00%
01.05.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION LINEAL EN T	332.79	332.79	100.00%
01.05.05	COLUMNAS			
01.05.05.01	CONCRETO EN COLUMNAS FC=210 Kg/cm2	571.05	571.05	100.00%
01.05.05.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	1,462.35	1,462.35	100.00%

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Tabla 18: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) – Semana 4

SEMANA N° 04				
ITEM	ACTIVIDAD	% COMPLETADO		
		PLANIFICAD	REAL	%
01	ESTRUCTURAS			
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO			
01.05.05	COLUMNAS			
01.05.05.01	CONCRETO EN COLUMNAS FC=210 Kg/cm2	190.3	190.3	100.00%
01.05.03	VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION			
01.05.03.01	CONCRETO EN VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION	304.50	304.50	100.00%
01.05.03.02	ACERO FY=4200 Kg/cm2 EN VIGAS EN T	15,708.9	15,708.9	100.00%
01.05.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION LINEAL EN T	332.79	332.79	100.00%
01.05.07	VIGAS			
01.05.07.02	ACERO FY= 4200Kg/cm2 EN VIGAS	70,941.4	61,316.0	86.43%
01.05.08	LOSA ALIGERADA			
01.05.08.02	ACERO FY= 4200Kg/cm2	30,173.1	19,368.0	64.19%

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Tabla 19: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) – Semana 5

SEMANA N° 05				
ITEM	ACTIVIDAD	% COMPLETADO		
		PLANIFICADO	REAL	%
01	ESTRUCTURAS			
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO			
01.05.07	VIGAS			
01.05.07.01	CONCRETO EN VIGAS FC=210 Kg/cm2	700.50	700.50	100.00%
01.05.07.02	ACERO FY= 4200Kg/cm2 EN VIGAS	23,647.16	33,272.65	140.70%
01.05.07.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS LINEAL	5,441.85	5,441.85	100.00%
01.05.08	LOSA ALIGERADA			
01.05.08.01	CONCRETO EN LOSA ALIGERADA FC=210 Kg/cm2	627.75	627.75	100.00%
01.05.08.02	ACERO FY= 4200Kg/cm2	7,543.29	18,348.45	243.24%
01.05.08.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA	7,174.95	7,174.95	100.00%
01.05.09	LOSA MACIZA			
01.05.09.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA MACIZA	1,132.20	750.15	66.26%

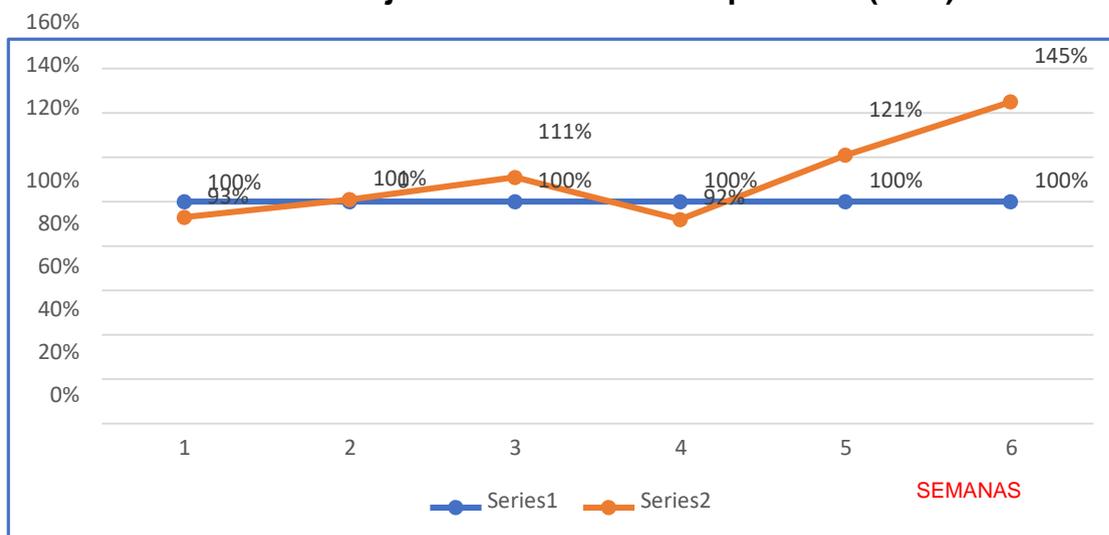
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Tabla 20: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) – Semana 6

SEMANA N° 06				
ITEM	ACTIVIDAD	% COMPLETADO		
		PLANIFICAD	REAL	%
01	ESTRUCTURAS			
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO			
01.05.09	LOSA MACIZA			
01.05.09.01	CONCRETO FC= 210 KG/CM2. EN LOSA MACIZA	144.9	144.9	100.00
01.05.09.02	ACERO FY= 4200Kg/cm2	16,068.6	16,068.6	100.00
01.05.09.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA MACIZA	283.05	665.10	234.98 %

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Gráfico 17: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)



Fuente: Elaboración Propia, 2023.

C. Identificación de las Pérdidas mas Frecuentes

Para la presente investigación, la identificación de las perdidas mas frecuentes se realizó mediante el levantamiento de información en campo de las actividades seleccionadas utilizando la ficha que se presenta a continuación:

Tabla 21: Ficha para la Identificación de las Pérdidas más Frecuentes

FICHA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS MÁS FRECUENTES		
Partida:		
ITEM	TIPO DE PERDIDA	IDENTIFICACIÓN
1	Trabajo rehecho	
2	Daño de materiales	
3	Daño de herramientas y/o maquinarias	
4	Espera por instrucciones	
5	Espera por materiales	
6	Espera por herramientas o maquinarias	
7	Espera por mano de obra	
8	Movimiento innecesario de personas	
9	Movimiento innecesario de materiales o herramientas	
10	Trabajo innecesario	
11	Extravío	
12	Materiales Sobrantes	
13	Herramientas y maquinarias no utilizadas	
14	Desaprovechar capacidades del personal	
15	Desaprovechar motivación del personal	
16	Exceso de producción	
17	Equipamiento y materiales altamente sofisticado	
18	Hacer por hacer	
Nota: Marque con una X los tipos de pérdida que usted identifica dentro de la partida a estudiar (máximo 5 tipos)		

Fuente: Elaboración Propia, 2023

D. Identificación de Fuentes de Pérdidas

Una vez culminada la actividad de “Identificación de las Pérdidas más Frecuentes” se procedió a la identificación de las causas de estas pérdidas.

Tabla 22: Ficha para la identificación de las causas de pérdidas

FICHA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE PERDIDAS						
Partida:						
FUENTES / PERDIDAS			MÁS IMPORTANTE		MENOS IMPORTANTE	
			Perdida 1	Perdida 2	Perdida 3	Perdida 4
ADMINISTRACIÓN	PLANIFICACIÓN	Planificación previa				
		Selección de Recursos				
		Estimación de Recursos				
	CONSTRUCCIÓN Y EJECUCIÓN	Planificación en obra				
		Requerimientos innecesarios				
		Problemas de control				
		Burocracia				
		Coordinación				
		Falta de Cancha				
		Seguridad				
Ausencia de protocolos y procedimientos						
RECURSOS	MATERIALES	Cantidad				
		Uso				
		Distribución				
		Calidad / Defectos de fábrica				
		Disponibilidad				
		Extravío				
		Almacenamiento				
	MANO DE OBRA	Cantidad de personal				
		Competencias técnicas				
		Comportamiento Inseguro				
		Distribución				
		Liderazgo				
		Confianza				
		Comunicación				
	Compromiso					
	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Cantidad				
		Uso				
		Distribución				
		Calidad / Falta de certificación				
		Disponibilidad				
		Mantenimiento				
Extravío						
Almacenamiento						
SISTEMAS	TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN	Innecesaria				
		Defectuosa				
		Claridad				
		Disponibilidad				
		Confiable				
		Atrasada				
Nota:	Marcar con los números 1, 3 y 5 las posibles fuentes de los tipos de pérdida, donde 1 corresponde a una fuente de menor importancia y 5 a una fuente de mayor importancia, siendo 3 una opción intermedia. Se debe destacar que se puede asociar más de una fuente a cada tipo de pérdida, pudiendo repetirse el nivel de importancia que se le otorga a cada una.					

Fuente: Elaboración Propia, 2023

E. Aplicación del Lookahead

La Planificación Lookahead (LP) es un cronograma de ejecución a mediano plazo, que cubre el horizonte de tiempo más conveniente para el proyecto. Este horizonte se define en función de las características de cada proyecto. En general, la duración mínima dependerá del plazo de abastecimiento y máxima de la variabilidad que pueda afectar al planeamiento del proyecto. Esta herramienta nos permite evaluar las actividades futuras y las restricciones que estas tengan, las que la convierten en NO programables. Esta etapa requiere ser aplicada luego del Last Planner y con ella realizar el listado de restricciones, responsable de cada restricción así como la fecha requerida para levantar la restricción. Las funciones del proceso Lookahead son las siguientes:

- Formar la secuencia del flujo de trabajo y su calcular su costo.
- Proponer el flujo de trabajo y su capacidad.
- Descomponer las actividades del programa Maestro en paquetes de programas y operaciones de trabajo de más fácil manejo.
- Desarrollar métodos detallados para la ejecución del trabajo.
- Mantener un inventario de trabajo ejecutable.
- Poner al día y revisar los programas del nivel superior.

Las funciones antes mencionadas deben ser cumplidas por ciertos procesos específicos:

- Definición de actividades.
- Análisis de restricciones.
- Arrastrar el trabajo desde las unidades de producción superiores.
- Balancear la carga con la capacidad.

Las ventanas Lookahead (actividades programadas para un periodo de tiempo) se basan en un grupo potencial de asignaciones para las siguientes 3 a 12 semanas.

Luego de la aplicación de la herramienta Last Planner y analizadas las restricciones se desarrolló un listado de las mismas considerando principalmente los parámetros de diseño, materiales, mano de obra, equipos y pre-requisitos. El Análisis de Restricciones consiste en poner un "Si" (si la actividad es ejecutable) o un "No" (Si la actividad presenta algún tipo de restricción).

Tabla 23: Análisis de Restricciones

ITEM	ACTIVIDAD	DISEÑO	MATERIALES	MANO DE	EQUIPOS	PRE REQUISITO
01	ESTRUCTURAS					
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO					
01.05.0	ZAPATAS					
01.05.01.0	CONCRETO EN ZAPATAS F'C= 210 KG/CM2.	SI	SI	SI	SI	SI
01.05.01.0	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2 EN ZAPATAS	SI	NO	SI	SI	SI
01.05.0	VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION					
01.05.03.0	CONCRETO EN VIGAS DE CIMENTACION F'C=210 Kg/cm2	SI	SI	NO	SI	SI
01.05.03.0	ACERO F'Y=4200 Kg/cm2 EN VIGAS EN T	SI	SI	NO	SI	SI
01.05.03.0	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS DE	SI	NO	SI	SI	SI
01.05.0	COLUMNAS					
01.05.05.0	CONCRETO EN COLUMNAS F'C=210 Kg/cm2	SI	SI	SI	SI	SI
01.05.05.0	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2 EN COLUMNAS	SI	SI	SI	SI	SI
01.05.05.0	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	SI	NO	NO	SI	SI
01.05.0	VIGAS					
01.05.07.0	CONCRETO EN VIGAS F'C=210 Kg/cm2	SI	SI	NO	SI	SI
01.05.07.0	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2 EN VIGAS	SI	SI	SI	SI	SI
01.05.07.0	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS	SI	NO	SI	SI	SI
01.05.0	LOSA ALIGERADA					
01.05.08.0	CONCRETO EN LOSA ALIGERADA F'C=210 Kg/cm2	SI	SI	SI	SI	SI
01.05.08.0	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2	SI	NO	SI	SI	SI
01.05.08.0	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA	SI	SI	SI	SI	SI
01.05.0	LOSA MACIZA					
01.05.09.0	CONCRETO F'C= 210 KG/CM2. EN LOSA MACIZA	SI	SI	SI	SI	SI
01.05.09.0	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2	SI	SI	SI	SI	SI
01.05.09.0	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA MACIZA	SI	NO	SI	SI	SI

Fuente: Elaboración Propia, 2023

El Análisis de Restricciones no involucra únicamente poner un "Si" o un "No", ya que detrás de eso existen dos procesos claves para poder liberar las restricciones, éstos son: Revisión de las restricciones y Preparación de las restricciones.

- La Revisión de las Restricciones permite determinar el estado de las tareas en la planificación intermedia en relación a sus restricciones y a la probabilidad de removerlas antes del comienzo programado de la

actividad, a partir de lo cual, se puede escoger adelantarlas o retardarlas con respecto al programa maestro.

- La Preparación de las restricciones permite tomar las acciones necesarias para remover las restricciones o limitaciones de las actividades, para que así estén dispuestas para comenzar en el momento fijado.

Existen dos tipos de Restricciones:

- Restricciones Físicas.- Maquinaria, Equipos, materiales, mano de obra, etc.
- Restricciones Políticas.- Huelgas sindicales, paro de transportistas, conflictos sociales, etc.

F. Aplicación del Nivel General de Actividades

La aplicación del nivel general de actividades consiste en una serie de mediciones de las partidas materia de análisis en las que se determina el tipo de trabajo que está ejecutando la mano de obra calificada y no calificada al momento de la medición (Trabajo Productivo, Trabajo Contributorio y Trabajo No Contributorio), sin discriminar su actividad. Se determina el tipo de trabajo contributorio y no contributorio observado, mas no se puede hacer ésto en el trabajo productivo debido a que se tendría una lista enorme que solo entorpecería el proceso. Para la aplicación de ésta herramienta se consideró el criterio de Serpell (1993) que establece que se necesita un total de 384 mediciones (como mínimo) para tener resultados estadísticamente validos. El levantamiento de información de campo para determinar el nivel general de actividades seleccionadas se desarrolló utilizando el siguiente formato.

Tabla 24: Carta Balance

Actividad:										Fecha:																
Responsable:										Hora de Inicio:																
T (min)	TRABAJO	TRABAJO CONTRIBUTIVO					TRABAJO NO CONTRIBUTIVO					T (min)	TRABAJO	TRABAJO CONTRIBUTIVO					TRABAJO NO CONTRIBUTIVO							
		T	L	I	M	O	V	TO	E	TR	D		N	O		T	L	I	M	O	V	TO	E	TR	D	N
1													193													
2													194													
3													195													
20													220													
21													221													
22													226													
23													227													
51													281													
52													282													
53													283													
70													310													
71													311													
72													312													
73													313													
101													314													
102													315													
103													381													
190													382													
191													383													
192													384													

Fuente: Elaboración Propia, 2023

Uno de los procesos requeridos es la selección de las principales partidas del presupuesto de obra que pueden ser restrictivas a las partidas de concreto armado, analizar las restricciones originadas y cuales se requieren monitorear para mejorar la performance de las mismas.

Partidas: Concreto f'c=210kg/cm²

Descripción:

Los trabajos para estas partidas consisten en realizar vaciado del concreto en elementos estructurales dosificando los materiales componentes en proporciones prediseñadas capaz de ser colocada sin segregaciones, con la finalidad de lograr las resistencias especificadas en su estado endurecido.

Materiales:

El concreto para vigas de cimentación, será una mezcla de agua y cemento - arena y piedra (preparados en una mezcladora mecánica) dentro del cual se dispondrán las armaduras de acero de acuerdo a los planos de estructura y que son el soporte de las cargas de la edificación que se transmite al suelo.

Proceso Constructivo:

El método de fabricación del concreto se realiza mediante procesos de premezclado o preparado insitu, este segundo requiere tener todos los materiales a disposición en el frente de trabajo para poder ser combinados a proporciones indicadas en el diseño de mezclas y las Especificaciones Técnicas.

Restricciones:

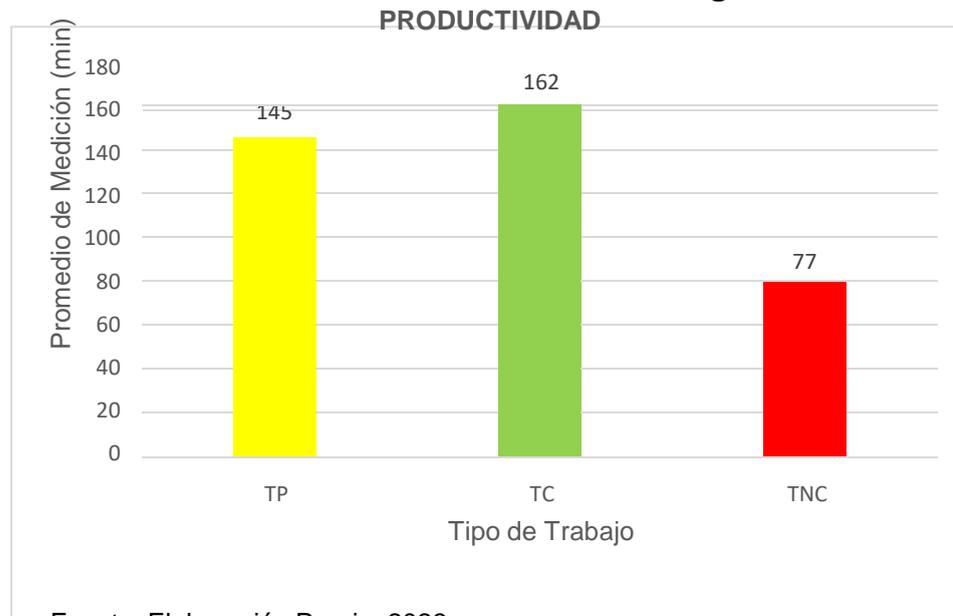
El control de calidad del material está ligado directamente con las restricciones para la ejecución de éstas partidas ya que se requiere un control imprescindible, para cumplir las propiedades en el estado fresco (trabajabilidad y consistencia). En algunos casos sucede que los camiones mixer que transportan el concreto premezclado incurren en tiempos de demora por lo cual la mezcla supera el tiempo máximo de fabricación.

Del mismo modo la seguridad puede verse comprometida por no implementar adecuadas medidas de prevención antes como durante la actividad (señalización, protocolos de trabado, checklist, permisos y otros; pudiendo originar retrasos, tiempos muertos y paralizaciones.

- Concreto en Zapatas $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 02 operarios + 02 oficiales + 08 peones.
- Concreto en Vigas de Cimentación $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 02 operarios + 02 oficiales + 08 peones.
- Concreto en Columnas $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 02 operarios + 02 oficiales + 10 peones.
- Concreto en Vigas $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 02 operarios + 02 oficiales + 10 peones.

- Concreto en Losa Aligerada $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 03 operarios + 02 oficiales + 10 peones.
- Concreto en Losa Macisa $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 02 operarios + 02 oficiales + 8 peones.

Gráfico 18: Promedio de Medición (min) Vs Tipo de Trabajo del Grupo de Partidas de Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$



Partidas: Acero de Refuerzo

Descripción:

Se deberán seguir las especificaciones indicadas en las generalidades de concreto armado. El acero es un material obtenido de la fundición en altos hornos para el refuerzo de concreto generalmente logrado bajo las Normas ASTM-A 615, A 616, A 617; sobre la base de su carga de fluencia $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$, carga de rotura mínima $5,900 \text{ kg/cm}^2$, elongación de 20 cm, mínimo 8%.

Materiales:

Se deberán respetar los diámetros de todos los aceros estructurales especificados en los planos, cuyo peso y diámetro deberá ser de acuerdo a las Normas. Las varillas de acero corrugado o liso según especificaciones

técnicas, serán de diámetros de 1/4", 3/8", 5/8", 3/4" y 1" con longitudes de 9 mts.

Proceso Constructivo:

El método de ejecución debe realizarse de acuerdo a lo especificado para el acero en la descripción general de estructuras de concreto armado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Las varillas deben de estar libres de defectos, dobleces y/o curvas. No se permitirá el redoblado ni enderezamiento del acero obtenido sobre la base de torsiones y otras formas de trabajo en frío.

Se define la forma de la estructura según planos del proyecto y se fabrican los diferentes elementos metálicos como estribos, refuerzos longitudinales para esfuerzos de tracción, compresión y torsión, ganchos y otros; armados todos estos a una separación específica.

Restricciones:

Las restricciones que se generan en éstas actividades se relacionan en primer lugar a aspectos logísticos (adquisición oportuna del materia), habilitación y colocación en los elementos estructurales. Las solicitudes de compra a veces no son procesadas a tiempo o en algunos casos en las cuales las solicitudes para la adquisición se realizan oportunamente es el proveedor que incumple por falta de stock.

En el caso de las tareas de habilitación podría no haber personal calificado, area de trabajo, herramientas, equipos para traslado al frente de trabajo.

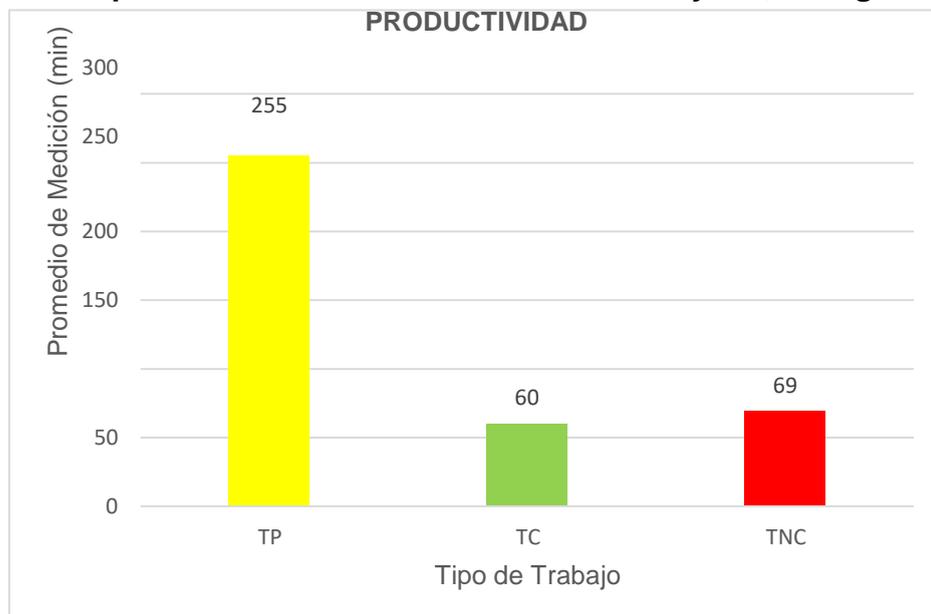
La colocación se ve restringida por la inadecuada distribución o diámetros diferentes a los especificados en los planos por falta de un adecuado proceso de control de calidad, las mismas que muchas veces desencadenan en observaciones o necesidad de rehacer trabajos.

- Acero $f'y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$ en zapatas, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 01 operario + 01 oficiales.
- Acero $f'y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$ en Vigas de Cimentación, en la cual se

observó una cuadrilla compuesta por: 04 operarios + 04 oficiales.

- Acero $f_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$ en Columnas, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 02 operarios + 02 oficiales.
- Acero $f_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$ en Vigas, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 04 operarios + 04 oficiales.
- Acero $f_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$ en Losa Aligerada, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 02 operarios + 02 oficiales.
- Acero $f_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$ en Losa Macisa, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 01 operarios + 01 oficiales.

Gráfico 19: Promedio de Medición (min) Vs Tipo de Trabajo del Grupo de Partidas de Acero de Refuerzo $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Partidas: Encofrado y Desencofrado

Descripción:

Esta partida comprende el suministro, ejecución y colocación de las formas de madera necesarias para el vaciado del concreto de las vigas de cimentación, los alambres que se emplean para amarrar los encofrados no deberán de atravesar las caras del concreto que quedan expuestas en la obra terminada.

Materiales:

Para la ejecución de estas partidas se usara pies derechos o elementos verticales y formas de madera que sirvan de soporte con la finalidad de garantizar que los elementos estructurales cumplan con las dimensiones y especificaciones técnicas requeridas.

Proceso Constructivo:

El método de ejecución debe realizarse definiendo las dimensiones de la estructura según los planos y especificaciones técnicas para la fabricación de moldes alrededor de la armadura de acero con los los espaciamientos necesarios.

Restricciones:

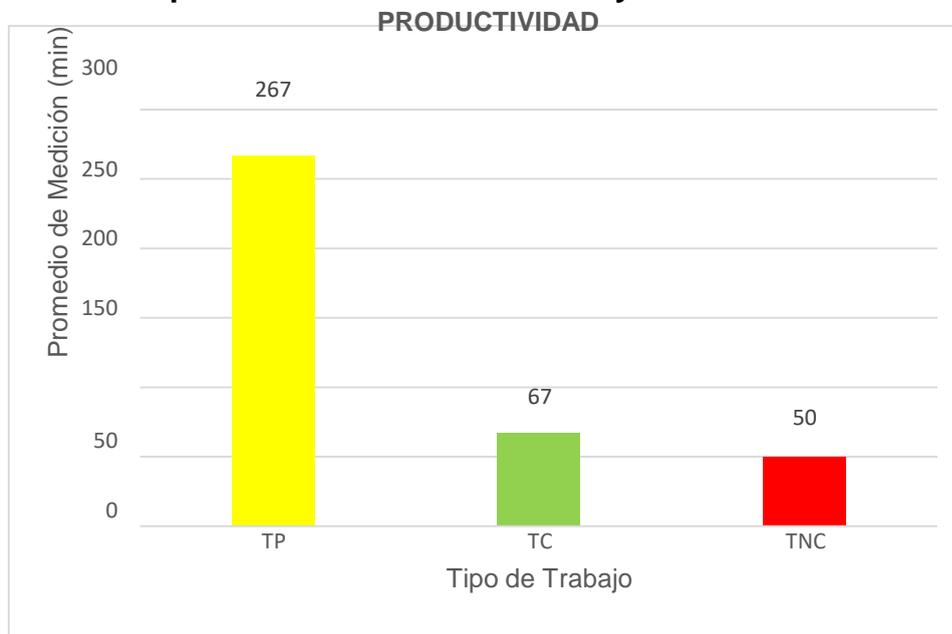
El control de calidad del material está ligado directamente con las restricciones para la ejecución de éstas partidas, así como el uso inadecuado de la madera o en mal estado de ésta (tipo, humedad o fatiga), falta de verticalidad, alineación y dimensionamiento, control de calidad en la habilitación; desencadenan en observaciones o necesidad de rehacer trabajos.

Es necesario considerar también como una restricción los factores de seguridad en obra ya que el no uso o inadecuado uso de andamios y/o equipos, maniobras temerarias, falta Equipos de Protección Personal para el personal obrero, elementos de protección colectiva, etc, pueden retrasar o paralizar la ejecución de los trabajos.

- Encofrado y desencofrado en Vigas de Cimentación, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 02 operarios + 02 oficiales + 01 peon.
- Encofrado y desencofrado en Columnas, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 04 operarios + 04 oficiales + 04 peones.
- Encofrado y desencofrado en Vigas, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 04 operarios + 04 oficiales + 04 peones.
- Encofrado y desencofrado en Losa Aligerada, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 04 operarios + 04 oficiales + 04 peones.

- Encofrado y desencofrado en Losa Macisa, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 01 operario + 01 oficial + 01 peon.

Gráfico 20: Promedio de Medición (min) Vs Tipo de Trabajo del Grupo de Partidas de Encofrado y Desencofrado



Fuente: Elaboración Propia, 2023 .

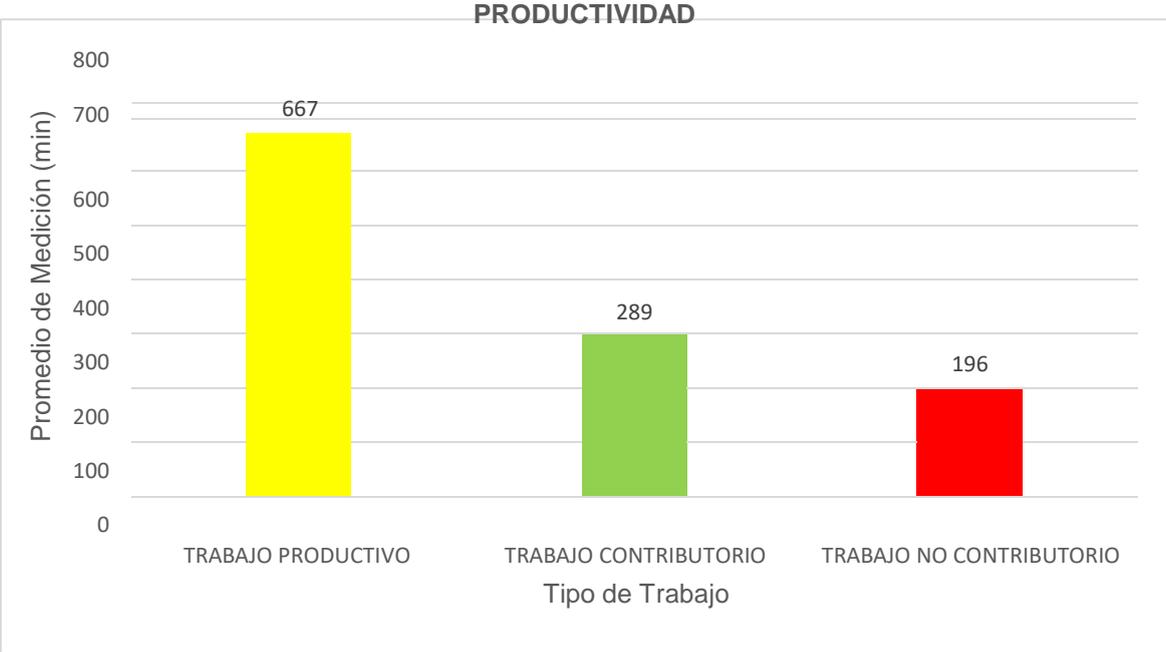
A continuación se presenta el consolidado de los resultados obtenidos de la productividad de mano de obra de las partidas evaluadas.

Tabla 25: Promedio de Productividad

ITEM	GRUPO DE PARTIDAS	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	SUMATORIA TOTAL
1	Concreto f'c = 210 kg/cm ²	145	162	77	384
2	Acero de Refuerzo fy = 4,200 kg/cm ²	255	60	69	384
3	Encofrado y Desencofrado	267	67	50	384
TOTAL (CANTIDAD)		667	289	196	1152
TOTAL (PORCENTAJE)		58%	25%	17%	100%

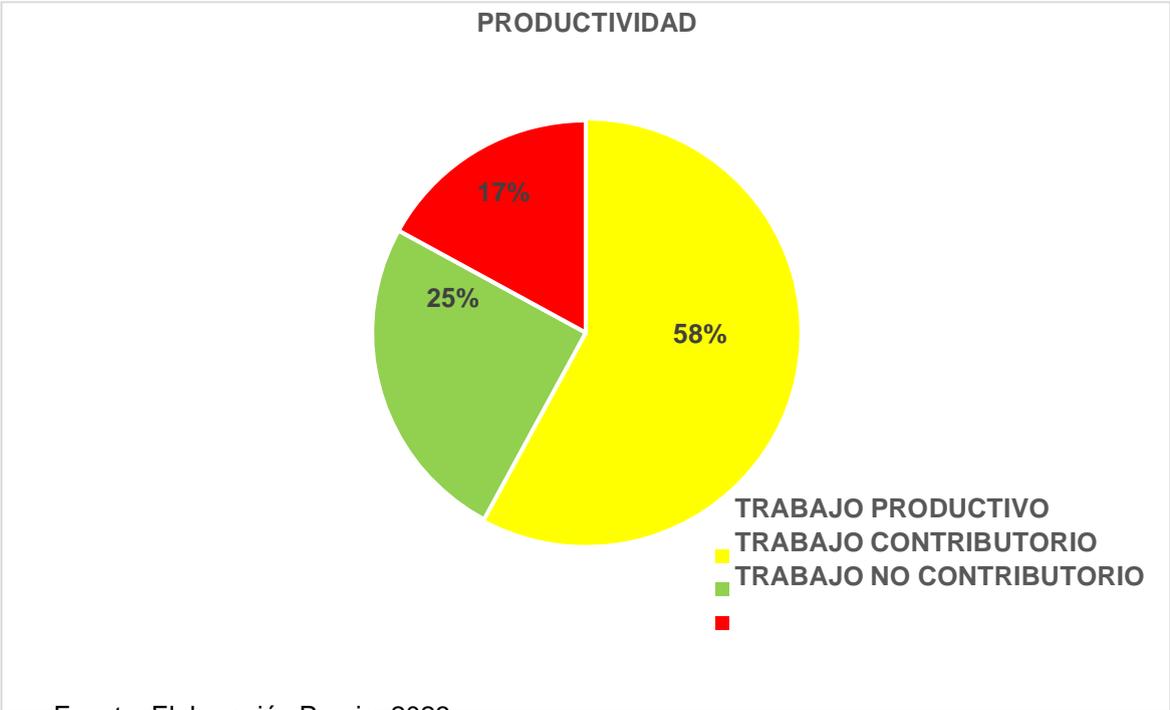
Fuente: Elaboración Propia, 2023

Gráfico 21: Promedio de Medición (min) Vs Tipo de Trabajo Consolidado



Fuente: Elaboración Propia, 2023 .

Gráfico 22: Productividad de la Mano de Obra Consolidado



Fuente: Elaboración Propia, 2023

4.3 DIAGNOSTICO DEL PROCESO ACTUAL DE MEDICIÓN DE PRODUCTIVIDAD

El primer paso para elaborar una propuesta de mejora es hacer un diagnóstico de la situación actual del proceso de medición de la productividad, la misma que se realizó soportados en una encuesta como instrumento por considerarlo idónea para recolectar los datos de acuerdo con el planteamiento del problema como se mencionó, es a través del uso de un instrumento de tipo encuesta con la que se puedan lograr resultados consistentes y coherentes.

El cuestionario planteado consiste en un grupo de preguntas en donde la persona encuestada eligieron las opciones que describen mejor su respuesta y tendrán la posibilidad de multirespuesta dentro de cada pregunta.

Cada ítem a ser contestado tiene una codificación específica que los representa para que puedan ser analizados con mayor facilidad. La codificación del ítem no tiene orden ni jerarquía, éstos indican diferencias de variable, es decir, los números utilizados cumplen la función puramente de clasificación.

En este caso el objetivo es conocer el sistema actual de medición de la productividad de los proyectos y conocer por qué éstos sufren desviaciones en relación a plazos, costos y calidad, a través de detectar por qué ocurren los problemas al momento diseñar un proyecto, por parte de los diferentes agentes que intervienen en la planificación y diseño del mismo. Así mismo, se pretende conocer la disponibilidad o apertura que tienen para la introducción de nuevos procedimientos que mejoren esta etapa de los proyectos.

Para ello se ha desarrollado un formulario fácil y rápido de responder, con el fin de molestar lo menos posible a las personas encuestadas, que aborda preguntas relacionadas con la idea de conocer cómo se lleva a cabo la planificación y diseño de los proyectos, si se utiliza algún modelo de gestión

o planificación para ello, si conocen la filosofía “Lean Construction” y a conocer la disposición para implementar en sus empresas u oficinas nuevos procedimientos que mejoren la planificación y el diseño de proyectos.

Para la interpretación de los datos, es importante considerar que se pretende identificar los puntos críticos que impiden cumplir con el tiempo, costos y calidad que demandan los proyectos, el análisis evidenciará la necesidad de incorporar nuevos métodos o procedimientos para la medición de la productividad, además de conocer si las personas están familiarizadas con la nueva filosofía de planificación de proyectos de construcción “Lean Construction” y si existe la predisposición a mejora para la introducción de esta nueva perspectiva.

En este contexto, al analizar las encuestas, se obtuvo que la mayor parte de las personas no han escuchado sobre la filosofía “Lean Construction” y aquellas que sí, que son pocas, a pesar de escuchar acerca de la misma, no la aplican o desconocen su funcionamiento (pregunta N° 1).

Además, se pudo constatar (pregunta N° 14), de forma general que los encuestados estarían dispuestos a implementar una nueva forma de medición de la productividad de los proyectos, en su oficina o empresa.

Uno de los grandes problemas que afectan a los proyectos, radica en la coordinación y comunicación. Y así lo evidencian los resultados de las encuestas (pregunta N°. 2) y aunque los encuestados varían un poco en las respuestas, se puede observar que en la mayor parte de oficinas o empresas casi siempre es suficiente la coordinación que existe entre los diferentes actores que participan en el diseño y planificación de proyectos y que existe una buena relación entre los involucrados (pregunta N° 3), sin embargo existe una contradicción cuando se trata de explicar por qué se generan los problemas cuando existen varias personas dentro de la planificación de los proyectos, pues la mayoría señala problemas de coordinación (pregunta N° 7).

.

Referente a los modelos de gestión, la importancia de trabajar con procedimientos específicos para el diseño y planificación de proyectos, ha quedado relegada y así lo demuestran los datos recogidos. A pesar de que la mayoría respondió que siempre o casi siempre utilizan uno de ellos, no se pudo evidenciar específicamente cuál es método o modelo que usan. El análisis que puede hacerse a este suceso es que no se conoce modelos de gestión o procedimientos claros que ayuden a mejorar el diseño y planificación de proyectos.

Esta situación fue repetitiva especialmente en el caso de funcionarios públicos, por lo que se podría deducir que se debe a que existe conciencia de la necesidad de uno, más allá de que apliquen o no un modelo de gestión o procedimientos específicos en el diseño y la planificación de proyectos.

Por otra parte, se obtuvo también que existen profesionales que en pocas ocasiones o nunca han utilizado modelos de gestión en la planificación de proyectos (pregunta N° 4).

Algunos expresaron como modelos o procedimientos que llevan a cabo los siguientes: revisión e informes, programa arquitectónico, ordenanza y normativa, plan de necesidades, organigramas, revisiones técnicas, procesos, marco referencial, esquemas generales de planificación, delegación de funciones, planes básicos, especificaciones técnicas, o según la naturaleza del proyecto (pregunta N° 4).

Esto evidencia la falta de conocimiento en métodos o procesos que permitan optimizar el diseño y planificación de los proyectos de construcción y con esto mejorar así la productividad de las oficinas o empresas.

En cuanto a los tiempos, presupuestos y calidad, se consideran los puntos que inciden en los tiempos, en la pregunta referida a la frecuencia con la cual se repiten actividades en la planificación de los proyectos, de los 50 encuestados, sólo 7 respondieron que estas no se repetían (pregunta N° 5).

Con esto se puede deducir que en las empresas y oficinas que se dedican al diseño y planificación de proyectos, existe desperdicio de tiempo y atraso en actividades debido a que algunas de ellas deben rehacerse con frecuencia. Estas están relacionadas con los rediseños arquitectónicos y de presupuestos por la falta de planificación o métodos y desacuerdos en el desarrollo de los proyectos.

Además las modificaciones en esta etapa de acuerdo a lo que señalan los encuestados no siempre son oportunas, constituyendo otro factor importante que interfiere directamente en el tiempo y costo de los proyectos, como se puede observar en la gráfica (pregunta N° 8).

Esto se consolida, al preguntar sobre los plazos de los proyectos, en donde se observa que casi siempre o en pocas ocasiones estos se cumplen (Pregunta N° 9), por diversos motivos que no han sido considerados como los que se redacta a continuación: imprevistos, problemas de comunicación, nuevas solicitudes de los actores, no se respetan tiempos, acumulación de proyectos, aprobaciones, porque depende de varias personas, entrega de datos, poca planificación, desacuerdos, entre otros.

En las respuestas también se puede observar que más allá del número de veces que se cumple o no con los plazos existen implicaciones relacionadas a la falta de coordinación y planificación que ocasionan sin duda, tiempos extras imprevistos en los proyectos.

Dentro de este contexto, los presupuesto es otro punto que se identifica de forma general que tiene variación en los proyectos (pregunta N° 10). Así mismo, las causas están relacionadas a la presencia de imprevistos, modificaciones, falta de planificación y coordinación, entre otros (pregunta N° 10).

En cuanto a la calidad, ésta si es controlada según las personas encuestadas, sin embargo la mayoría no especifica cómo se controla. Dato que deja la preocupación de la certeza en la respuesta a esta pregunta

(pregunta N° 11). Para algunos, el control de calidad se realiza haciendo un seguimiento de planos, de acuerdo a perfiles y pliegos, revisiones o fiscalizaciones, otros incluso respondieron que realizan el control de calidad en obra, con visitas o libros de obra cuando está en ejecución el proyecto, mas no cuando este se encuentra en la etapa de diseño y planificación.

Además de esto, la falta de mecanismos de control de las actividades, sean externas o internas, es otro factor que incide en la planificación, por cuanto los tiempos de espera entre una actividad y otra varían. Existen aspectos diferentes que resultan complicados planificar al momento de estimar sus tiempos (pregunta N° 6), entre ellos los resultados señalan a los estudios complementarios y las revisiones entre los más mencionados.

Revisando los datos acerca de qué factores son los que afectan la productividad de los proyectos (pregunta N° 12), los encuestados señalaron más de uno de los enlistados, algunos de los más escogidos son los siguientes: las modificaciones en los diseños, subcontratistas incumplidos, errores en los diseños y falta de especificaciones, rendimiento del personal, falta de planificaciones intermedias o semanales, falta de equipos o herramientas, falta de supervisión y problemas administrativos, entre los menos señalados pero que sin embargo también inciden en la productividad de los proyectos están: la alta rotación del personal y la inadecuada composición de equipos de trabajo. Todo lo mencionado, incide directamente en la variación de tiempo, costo de los proyectos y refleja la ausencia de calidad que se genera en los mismos.

Finalmente, también se pudo observar también es que una vez entregados los proyectos, no siempre se evalúan los parámetros referentes a costo, plazo y calidad de los mismos (pregunta N° 13). Lo cual podría ocasionar que se cometan una y otra vez los mismos errores. Y esto tendría incidencia directa en la productividad de los proyectos.

4.4 PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO ACTUAL DE MEDICIÓN DE PRODUCTIVIDAD

Entendidos los principios de la filosofía “Lean Construction” y sus objetivos, lo siguiente es aplicarlos para desarrollar y adaptar e incorporar herramientas “Lean” a los procesos de diseño y planificación de proyectos.

El trabajo de incorporación de procesos y herramientas a la etapa de planificación y diseño de los proyectos se enfoca por ende en solucionar los problemas de coordinación que fueron identificados en el trabajo de campo.

Con ello se busca eficiencia en esta etapa de los proyectos, a través de mejorar la calidad de los proyectos y a la vez asegurar la alineación con las expectativas del cliente a través del buen uso de recursos eliminando todo aquello que no aporte al proyecto y ocasione pérdidas en el entorno de trabajo.

La revisión de los problemas más frecuentes encontrados durante la recopilación de información en campo, permite plantear procesos y herramientas eficaces para evitar que los errores se repitan en las etapas mencionadas. Lo cual afecta a la calidad y la productividad, impactando en la programación, el costo y la calidad de los proyectos.

Con el uso de estrategias adecuadas se puede dar secuencia y calidad a las actividades que se llevan a cabo para planificar y diseñar los proyectos, enfocados en solucionar los problemas de coordinación, haciendo que los mismos sean totalmente viables y construibles. Para ilustrar mejor el uso de las herramientas en algunos casos se presenta un ejemplo, que demuestra cómo se debe llenar cada campo de la herramienta.

La investigación plantea una planificación que administra en gran medida los conflictos que se dan en el diseño de los proyectos. Que tienen que ver con los recursos humanos, las herramientas y los procesos, vistos desde el punto de vista técnico, financiero y social, que muchas veces tienen que ser jerarquizados y resueltos con autoridad y responsabilidad para manejarlos

y reducir pérdidas en relación a la mala coordinación de los mismos. La persona que se encargada de la planificación y diseño de proyectos debe reunir, sin duda, características de competencia, de moderación y de capacidad de planear.

El objetivo es identificar y definir estrategias para mejorar la planificación y diseño de proyectos con procedimientos que den la posibilidad de planificar de manera más efectiva y mantener un mejor control del diseño, analizando herramientas que permitan la correcta coordinación del personal y de la información que se genera, en esta fase inicial de definición de los proyectos para evitar re-procesos y desfase en los tiempos, costes y calidad de los mismos.

Hoy en día existen herramientas que han sido desarrolladas y probadas en otros lugares que pueden ser fácilmente adaptadas a nuestro medio y permiten la identificación de necesidades, la coordinación y la ejecución del diseño de forma eficaz y pertinente.

La implementación y adaptación del Lean Project Delivery System dentro de la etapa de planificación y diseño de los proyectos y la integración y adaptación del Last Planner a las estrategias y herramientas, ayuda a mejorar la coordinación y el control de actividades que hacen posible que se desarrolle el diseño de un proyecto.

Los procesos y herramientas se desarrollan pensando no solamente en los proyectos privados, si no en función también de los proyectos públicos, que permitan resolver los puntos críticos identificados. Las herramientas podrán ser fácilmente adaptadas de acuerdo a las necesidades y a la naturaleza de los proyectos. Teniendo la multidisciplinaridad y la coordinación como ejes principales de trabajo.

De esta forma, con el fin de implementar los planteamientos analizados en una propuesta de estrategias que consolida la planificación y diseño del proyecto con las fases de definición y diseño planteados por el Lean Project

Delivery System (LPDS), se determinan algunos procedimientos que integran los módulos de cada fase con los procedimientos.

La consecuencia de la falta de planificación y coordinación de actividades como se identificó, es la indefinición y los re-procesos en los diseños que dificultan y entorpecen el trabajo continuo de las actividades. Dentro de este marco, quedó reflejada la falta de información y coordinación entre los involucrados en los proyectos, cómo se vio en los resultados de las encuestas. Este análisis será la base para el planteamiento de procedimientos y herramientas que ayuden a minimizar los puntos críticos identificados que afectan al tiempo, coste y calidad de los proyectos y por ende a la productividad de las entidades o empresas dedicadas al diseño y planificación de proyectos.

Para esto, vinculada al concepto del Lean Project Delivery System (LPDS) y a los procesos que éste plantea para la alineación de fases que permiten la planificación o definición con el diseño Lean de un proyecto, se plantea un esquema de trabajo que las integra, consolida y clasifica en sub-fases, como parte de la propuesta de trabajo para mejorar la productividad de las entidades, oficinas o empresas públicas y privadas. Cada una de ellas desarrolladas y consolidadas en herramientas que faciliten las actividades de planificación y diseño de proyectos.

Para la implementación de la filosofía “Lean Construction” en la planificación y diseño de proyectos, bajo la perspectiva de trabajo del Lean Project Delivery System, se plantean herramientas y procesos integrados de las etapas de definición y diseño en donde el control de cada proceso y la estructura de trabajo son la base para cumplir y ejecutar los proyectos.

Dentro del planteamiento para la planificación y diseño de proyectos se proponen siete subfases replanteadas, que se desarrollan bajo ejes principales como son: el control y la estructuración del trabajo, que se describen a continuación. Los procesos que las componen han sido integrados para evitar que se superpongan actividades. De esta forma la

secuencia de procesos que se plantea para la planificación y el diseño de proyectos, con la perspectiva del LPDS.

Por tanto controlar la forma de realizar un proyecto se resume en hacer que este haga lo planificado, aplicando correcciones necesarias cuando sea apropiado.

Lo importante de las sub-fases es que estas pueden retroalimentarse según la naturaleza de los proyectos siempre y cuando esto no implique cambios o alteraciones en los costos y los tiempos especificados de los proyectos.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La discusión es la interpretación de los resultados obtenidos a la luz de la pregunta de investigación o de la hipótesis, por lo que nunca puede convertirse en una repetición de los resultados en forma narrativa.

En la presente sección se relacionan los resultados obtenidos luego de desarrollada el marco metodológico, el marco teórico y estudios anteriores directamente relacionados al trabajo de investigación en función a los objetivos propuestos.

5.1.1 Factibilidad de Implementación

Considerando a la factibilidad como la posibilidad que tiene de lograrse un determinado proyecto (Varela, 2010), es decir se refiere a “que se puede hacer”, se determina la posibilidad de introducción de la Filosofía “Lean Construction” que permite el alcance de mejorar las metas organizacionales de las empresas constructoras.

La implementación de “Lean Construction” es muy factible o viable, ya que se puede llevar a cabo con los propios recursos de las empresas, oficinas o entidades. Sin embargo, hay que considerar que exige un alto nivel de responsabilidad y de cooperación. Además necesita el apoyo de programas digitales o software con los cuales se complemente y facilite aún más el trabajo. La puesta en práctica depende más del conocimiento y coordinación de los involucrados en la planificación y diseño de los proyectos para el buen manejo de los recursos que permitan cumplir con el tiempo, coste y calidad de los proyectos.

En consecuencia y según los parámetros señalados por Miranda (2005), se determina la factibilidad por la viabilidad operativa, técnica, económica y social debido a que existe y se cumple con los siguientes aspectos.

Verificación de la existencia de un mercado potencial:

El estudio de campo apoya la idea rectora de la presente investigación, pues evidencia las falencias de la forma actual de medición de la productividad de los proyectos y la necesidad de implementar nuevos procesos.

Por un lado corrobora la necesidad de plantear cambios en esta etapa de los proyectos, es decir, se determina que existe una demanda que justifica la puesta en marcha de un nuevo pensamiento que estructure procedimientos y herramientas para mejorar la etapa de diseño y planificación de los proyectos. Y por otro, está la predisposición y apertura por parte de las personas involucradas en esta área de conocer nuevas opciones que ayuden a optimizar el diseño y la planificación de los proyectos.

Este es el indicador que verifica la existencia de un mercado potencial que hace pertinente la introducción de la filosofía “Lean Construction” en la etapa de planificación y diseño de proyectos con el fin de reducir la incertidumbre de los procesos a través de la estructuración adecuada de las actividades.

Viabilidad técnica y disponibilidad de los recursos humanos, materiales y financieros:

La Filosofía “Lean Construction” no es una metodología, es una filosofía que involucra un cambio de pensamiento frente a la forma de cómo se llevan a cabo los proyectos. Lo importante es la organización y coordinación de las actividades y los recursos, lo cual si existe la predisposición es totalmente viable. Sin embargo, para llevarla a cabo es importante re estructurar y actualizar los procesos y para esto, se lo puede hacer de forma análoga utilizando las herramientas que se presentan o a su vez dependiendo de la capacidad económica de la empresa o entidad, se puede llevar estas herramientas a un sistema en una intranet, que mejoren y faciliten aún más los procesos.

Operativa y técnicamente el trabajo es más de control y estructuración de las tareas que facilita y agiliza el trabajo del equipo de diseño.

Los procesos y las herramientas propuestas han sido planteadas cuidadosamente contemplando todas las restricciones y objetivos de cada proceso, en donde se pueda aprovechar los recursos con los que generalmente se cuenta en una empresa u oficina que planifica o diseña los proyectos.

En las empresas tanto públicas como privadas se tienen los recursos humanos y materiales que se necesitan para poder implementar esta nueva filosofía. Pues como se indicó, lo que se busca es cambiar la actitud para lograr dar valor a los proyectos y minimizar las pérdidas.

Lo más importante es que el equipo de trabajo se involucre dentro del proceso de planificación y diseño de los procesos. Al hablar de los recursos financieros que se necesitan para poner en marcha los procesos, aclaro que en un comienzo se puede trabajar con las herramientas propuestas de forma física y a través de correos electrónicos, con los formatos específicos propuestos para el control de cada proceso como se ha indicado. Esto tendría un costo que entraría dentro de los indirectos en lo que respecta al costo de un diseño de un proyecto.

Si se incorpora a la empresa un entorno virtual de trabajo, que es lo que se recomienda, el costo extra que esto significaría una inversión a largo plazo por parte de la empresa. El costo aproximado que puede llegar a tener el desarrollo del sistema en una intranet es de 2000 dólares y el tiempo que este tomaría para su implementación sería entre 5 y 6 semanas con lo cual quedaría lista la plataforma de trabajo virtual, lo que es totalmente viable frente al beneficio que este presta, puesto que optimiza el trabajo y los recursos. Para ello, el diseño de las interfaces de trabajo sería el mismo que se muestra en las herramientas de cada proceso, si se trabajaría de forma física.

Entre los beneficios de utilizar una intranet con un sistema de red privado que permita compartir recursos entre el equipo de diseño están: es una buena opción de trabajo ya que es privada y la información que existe en ella sólo puede ser visualizada por el equipo que trabaja en la oficina. En caso de usar un sistema, hoy en día se manejan ya redes que permiten la comunicación, trabajar con una intranet o plataforma virtual empresarial no tendría inconvenientes.

El uso de una intranet ayuda a evitar pérdida de tiempo por localizar la información, a agilizar el proceso cuando se envían archivos por correo electrónico, ayuda a la automatización de procesos de la empresa para el seguimiento y control de actividades, y además permite trabajar fácilmente desde diferentes lugares físicos. Los miembros del equipo podrán ingresar datos, modificarlos, editarlos o hasta eliminarlos si es necesario y lo más importante todos los proyectos pueden ser gestionados de la misma forma.

En una intranet el diseño del sistema para la planificación y diseño de los proyectos operaría con una única base de datos en línea en donde se encuentre toda la información del proyecto, de manera que el equipo pueda acceder a la información, minimizando las pérdidas causada por la falta de flujo oportuno y eficiente de dicha información.

El sistema para la planificación y diseño de proyectos, diseñado como una intranet interactiva, que trabaja sobre un conjunto de bases de datos y cuyo enfoque esté basado en Lean Construction y en Lean Project Delivery System, estudiado anteriormente.

Ventajas desde punto de vista económico, social:

Las ventajas desde el punto de vista económico tienen que ver con los beneficios frente a la inversión que se puede hacer de tiempo y dinero para la implementación de la filosofía “Lean Construction” en los procesos de diseño y planificación de los proyectos, con los cuales se busca minimizar las pérdidas de los mismos y aprovechar de forma

eficiente los recursos, que son la base de la filosofía Lean. Esto corrobora las ventajas de implementación de esta nueva forma de pensamiento. Su impacto será en función de la optimización de los recursos y de la destreza para ir aplicando los principios teóricos estudiados.

Desde el punto de vista social, las ventajas se corroboran frente a la predisposición por parte de los profesionales que se desenvuelven en este campo quienes dan la luz verde para la introducción de estos procesos que lejos de ser complicados requieren disciplina, organización y coordinación para llevar a cabo las actividades que mejoren la forma de diseñar y planificar los proyectos.

Así pues, los resultados de la encuesta aplicada a 50 personas aproximadamente, que se desenvuelven dentro de este campo, demuestran que cualquier mejora que se pueda hacer en la etapa de planificación y diseño de los proyectos es totalmente justificable y factible de realizar.

Es decir, los nuevos procesos bajo la filosofía “Lean Construction” desde el punto de vista financiero y social son viables dentro de la asignación de recursos hacia la producción de una buena planificación y diseño de proyectos, pues ayudan a organizar y secuenciar de mejor manera el trabajo, con esto mejora el manejo del tiempo y recursos cuando se diseña.

Las empresas dedicadas a la construcción, necesitan un cambio drástico de actitud en cuanto a su gestión ya que ha sido llevado a cabo como un sector muy tradicional. Saber adaptarse a cambios y ser flexible son los aspectos necesarios para hacer la diferencia e implementar esta nueva filosofía “Lean Construction” incita a estructurar el trabajo para obtener un aprendizaje continuo y a considerar la calidad que es algo esencial en la cultura Lean por ello todos los procesos que se plantean se orientan a ella, siendo más

eficaces y optimizando los recursos. Desarrollar procesos bajo esta perspectiva ayuda a generar más competitividad en las oficinas, empresas o entidades que hacen uso de ella al mejorar los flujos de trabajo y producción.

Trabajar con la filosofía Lean Construction” en la planificación y diseño de los proyectos abre un sin número de posibilidades para su implementación a través del desarrollo y adaptación de procesos y herramientas que permitan optimizar al máximo los recursos de las empresas. Por ello, promover la inserción de nuevos conocimientos bajo esta perspectiva, aporta al desarrollo de oficinas o empresas constructoras del ámbito local.

5.1.2. Indicadores de Productividad Global

El desarrollo de la presente investigación permitió validar la hipótesis general toda vez que se ha demostrado que es posible mejorar la productividad de obras mediante el uso la aplicación de la Filosofía Lean Construction, lo cual se evidencia en los resultados obtenidos del análisis realizados tanto en campo como en gabinete.

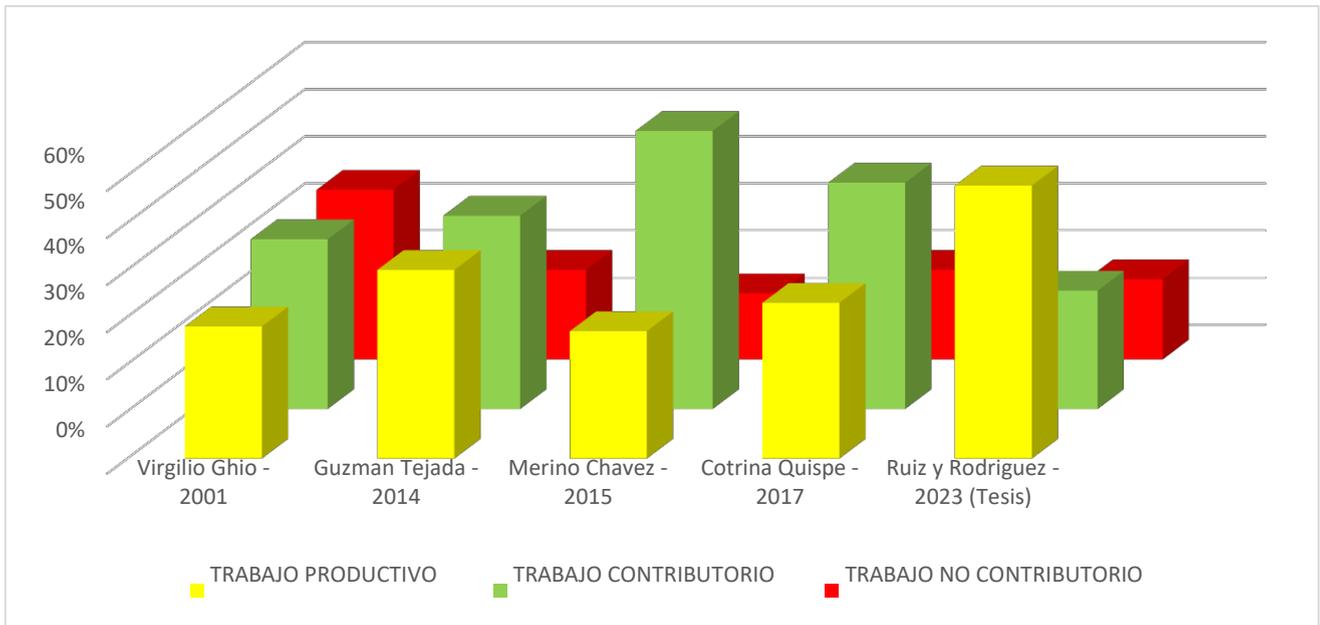
Los resultados alcanzados durante el proceso de medición de la productividad permiten discutir los datos obtenidos en el estudio con los antecedentes y marco teórico.

Tabla 26: Comparativo de Productividad

ITEM	ESTUDIO	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
1	Virgilio Ghio - 2001	28%	36%	36%
2	Guzman Tejada - 2014	40%	41%	19%
3	Merino Chavez - 2015	27%	59%	14%
4	Cotrina Quispe - 2017	33%	48%	19%
5	Ruiz y Rodríguez - 2023 (Tesis)	58%	25%	17%

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Gráfico 23: Comparativo de Productividad



Fuente: Elaboración Propia, 2023

En la tabla y gráfico presentados en la que se comparan resultados se puede observar que en el trabajo de investigación existe un mayor porcentaje de Trabajo Productivo, menos porcentaje de Trabajo Contributorio y dentro del promedio en comparación a los datos expuestos de estudios anteriores en lo que respecta a Trabajo No Contributorio.

Asimismo la aplicación de las herramientas basadas en la Filosofía Lean Construction, permitió optimizar los trabajos contributorios y no contributorios, identificando las principales pérdidas, para efectos de detalle se presenta la siguiente tabla:

Tabla 27: Principales Perdidas en el Caso de Estudio

ITEM	GRUPO DE ACTIVIDADES SELECCIONADAS	TRABAJO CONTRIBUTORIO							TRABAJO NO CONTRIBUTORIO				
		TRANSPORTE	ABASTECIMIENTO O DE CEMENTO	ABASTECIMIENTO O DE	ABASTECIMIENTO O DE AGUA	MEDICIÓN	CORTE DE	COLOCACIÓN DE	TIEMPO OCIOSO	ESPERA	CAMINAR CON MANOS	NECESIDADES	DESCANSO
1	Concreto f'c = 210 kg/cm2	44	48	22	53				46	23	18		
2	Acero de Refuerzo fy = 4,200 kg/cm2					58			9	13		17	6
3	Encofrado y Desencofrado					48			11			14	10
TOTAL		44	48	22	53	106	0	0	66	36	18	31	16
PORCENTAJE		7%	7%	3%	8%	16%	0%	0%	23%	12%	6%	11%	6%

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

La tabla presentada muestra la distribución de porcentajes de las principales perdidas por grupo de partidas evaluadas en el caso de estudio (Trabajo Contributorio y Trabajo No Contributorio).

5.1.3. Mejora de la Productividad

Luego de la aplicación de las herramientas de gestión de proyectos basadas en la Filosofía Lean Construction en las partidas seleccionadas y analizadas durante 6 semanas, los resultados indican que mediante la optimización se logró cumplir con el cronograma inicial planteado.

Si analizamos el grupo de actividades seleccionadas se determinó que las cuadrillas asignadas a las partidas de concreto fueron las que se llegaron a optimizar más, logrando cumplir con la producción mínima con los recursos asignados de acuerdo a los Análisis de Precios Unitarios proyectados en el Expediente Técnico de Obra, lo cual manifiesta que podemos alcanzar el mismo rendimiento con una cuadrilla optimizada.

Mediante la aplicación de la Filosofía Lean Construction se ha logrado la optimización de plazos y costos mejorando la productividad mediante la implantación de adecuados procesos de planeación, organización, ejecución y control de los recursos utilizados. Todo ello se hizo posible debido a los siguientes factores:

- En la etapa de Diseño, la filosofía Lean Construction se aplica teniendo diseños estandarizados, aprovechando plataformas en una etapa inicial, de tal forma que se agilice este proceso sin necesidad de iniciar desde cero.
- En la etapa de planificación, se establece un programa de proyecto estable, clara identificación de la ruta crítica, la cual es la ruta de las actividades que definen el tiempo de duración del proyecto y son las que se deben optimizar para reducir costos y duración de la obra.
- En el aspecto de logística, garantiza que la entrega de materiales sea justo a tiempo y sin acumulaciones de inventarios, pero sin falta de ellos en obra; además, reducción de sobrecostos de transporte debidos a la falta de solicitud de materiales a tiempo y que incurre en sobrecostos en el proceso de adquisición y transporte de materiales.
- En la etapa de ejecución, garantiza una comunicación efectiva es decir se desarrolla una comunicación clara y visual de los planes del proyecto para que cada trabajador sepa el momento en la que debe intervenir, permitiendo la formación y trabajo en equipo, reportes diarios y semanales de los avances, así como reuniones que promueven la mejora continua de los procesos.

Además de facilitar la identificación de la causa de los problemas que originan desperdicios y la toma de decisiones oportunas que permitan actuar a tiempo incrementando la productividad. Se analizan los obstáculos que evitan el desarrollo de las actividades (restricciones), permitiendo implementar acciones correctivas oportunamente garantizando la continuidad de los trabajos previendo las posibles interrupciones.

Las mejoras en el proceso se resumen de la siguiente manera.

Para el Cliente:

- Mejora la calidad de los proyectos.
- Se logra consolidar los objetivos con las opciones de diseño.
- Se genera valor en los productos.
- Se puede reducir el coste del diseño y operaciones.
- Se puede cumplir con costes, plazo y calidad en los proyectos.

Para el Equipo Técnico-profesional:

- El flujo de trabajo se vuelve más eficiente y confiable.
- Se estructura de mejor forma el trabajo, por consiguiente, existe aumento de la calidad de la mano de obra y de las actividades.
- Se anticipan las actividades, el trabajo queda listo para que pueda ser hecho.
- El trabajo al ser estructurado, genera las actividades adecuadas en el momento oportuno y con el equipo o personas adecuadas.
- La coordinación y por ende la comunicación mejora.
- Se aprovechan de forma óptima los recursos.
- Permite mantener actualizada la información.
- Se reducen los re-procesos o actividades re-hechas.
- Los procesos y herramientas promueven el trabajo en equipo.
- Las relaciones, comunicaciones y compromisos se gestionan no son improvisados.
- Toma de decisiones en el momento oportuno.

Para la Empresa Constructora

- Los proyectos quedan definidos y completos.
- Existirá menos repetición de actividades que implica menos coste y tiempo.
- Se generan proyectos construibles.
- Mejor coordinación y exactitud en el proceso constructivo.

5.2. CONCLUSIONES

- La falta de control en los proyectos, es una fuente importante de pérdidas en términos de productividad. El estudio de campo realizado evidencia que la empresa constructora estudiada mediante la obra seleccionada, no se aplican adecuadas estrategias o metodologías para el proceso de control de la productividad de los proyectos, siendo necesario el uso de herramientas de gestión de proyectos.
- El uso de la tecnología es una herramienta muy importante para lograr alcanzar altos niveles de productividad ya que articula todo el trabajo en general. Por ello incorporar softwares o herramientas digitales es algo ineludible en la planificación y diseño de los proyectos.
- El objetivo de la gestión de proyectos, es ejecutar un proyecto con el presupuesto, plazo y calidad requerida, de la investigación realizada se determina que el sistema actual de control de la productividad de proyectos aplicado por la empresa constructora evaluada no es lo suficientemente efectivo como para alcanzar los objetivos deseados, afectando de esta forma la eficiencia en la construcción. Por esta razón, identificar las deficiencias en el proceso de medición de la productividad de los proyectos es muy importante para promover el mejoramiento de los procesos, con iniciativas que adoptan un punto de vista estratégico, que resulta clave para impulsar el desarrollo y la mejora continua de las empresas.
- Con el desarrollo de la presente investigación se ha demostrado la factibilidad técnica y económica para la aplicación de herramientas de gestión basadas en la Filosofía Lean Construction y la implantación de un nuevo proceso de control de la productividad para de obra en una obra de construcción logrando maximizar el tiempo productivo, minimizando el tiempo contributivo y eliminando el tiempo no contributivo.

5.3. RECOMENDACIONES

- Es fundamental contar con un número representativo de mediciones aplicando los procedimientos del Lean Construction a cabalidad con la finalidad de obtener resultados confiables, así mismo es por ello que en la aplicación de las herramientas de gestión de proyectos se cumplió estrictamente con los criterios establecidos por Serpell, obteniendo un número mínimo de mediciones (384 para obtener el 95% de confiabilidad) garantizando la validez de los resultados.
- Se recomienda la implementación de la filosofía “Lean Construction” para controlar la productividad de los proyectos, mediante la programación de las actividades con anticipación teniendo claras las limitaciones o restricciones que se deben resolver. De esta forma se optimiza el rendimiento de cualquier tipo de proyecto sea grande, pequeño, público o privado.
- Las herramientas propuestas en el presente trabajo de investigación constituyen la aplicación de los principios teóricos de la filosofía “Lean Construction” y son el punto de partida para llevar a la realidad este pensamiento a la forma de planificar, diseñar y ejecutar los proyectos, mejorando el flujo de trabajo y la producción del diseño.
- Si bien los objetivos planteados en el trabajo se cumplieron, las reflexiones derivadas del estudio podrían ser el ser el punto de partida para la formulación de nuevos procedimientos que faciliten el desarrollo de proyectos en las etapas siguientes a planificación y diseño de los proyectos, así como explorar nuevas posibilidades de procesos y herramientas que se puedan ir incorporando a esta estructura de trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACERO C., Roberto C. "Sistema de Gestión de Proyectos Basado en Principios del Lean Construction". Universidad Católica Santa María. Arequipa 2013.
- ALARCON CARDENAS, Luis Fernando. "Planificación y Control de Producción para la Construcción, Guía para la Implementación". Primera Edición. Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile 2003.
- BOTERO BOTERO, Luis Fernando. "Construcción Sin Pérdidas, Análisis de Procesos y Filosofía Lean Construction". Segunda Edición Editorial Legis. Colombia 2006.
- BRIOSO, Xavier, "Material de la Diplomatura de Gestión del Proyectos de Construcción", Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima 2014.
- CANTU A, MORENO J, GALLINA M. y GARCIA G. "Productividad Real en Obras Civiles-Análisis de un Caso". Facultad de Ingeniería, UNCuyo. Centro Universitario. Argentina 2009.
- CASTILLO VIRGILIO, Ghio. "Productividad en Obras de Construcción; Diagnostico, Crítica y Propuesta". Fondo Editorial PUCP. Lima - Perú 2001.
- COSTA DE LOS REYES, Claudia G. "Estudio para determinar la factibilidad de introducción de la filosofía "Lean Construction" en la etapa de planificación y diseño de proyectos, en empresas públicas y privadas de ciudades intermedias, casos: Cuenca y Loja. Universidad de Cuenca - Ecuador 2016.
- MERINO CHÉVEZ, Delia Elisa. "Aplicación de la Filosofía Lean para la Mejora de la Productividad en la Estructura: Reservorio Elevado de la Obra: Instalación, Ampliación y Mejoramiento del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado en los AA.HH. de las Cuencas 1,2 y 3 de la Zona Alta de la

Ciudad de Paita-Provincia de Paita-Piura, en el año 2014”. Universidad de Sipan. Chiclayo – Perú 2015.

- COTRINA QUISPE, Javier Ner. “Aplicación del Lean Construction para Optimizar la Productividad en una Obra de Ampliación del Pabellón Educativo en Ñaña – Lurigancho – Lima 2017”. Universidad Cesar Vallejo. Lima – Perú 2017.
- DELGADO D. y JULCA L. “Aplicación de herramientas de gestión de proyectos para mejorar el rendimiento de la mano de obra de actividades previas al vaciado de concreto en la construcción de la I.E. 00815 Carrizal, Japelacio - Moyobamba - San Martín; 2019”. Universidad Científica del Perú – Perú 2020.
- GARCÍA C., Alfonso. “Productividad y Reducción de Costos para la Pequeña y Mediana Industria. Editorial Trillas, S.A. Mexico 2011.
- GOLDRATT, ELIYAHU y COX, Jeff. “The Goal”. Great Barrington, MA. North River Press. USA 1984.
- GUZMÁN TEJADA, Abner. “Aplicación de la Filosofía Lean Construction en la Planificación, Programación, Ejecución y Control de Proyectos” Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima – Perú 2014.
- HERNÁNDEZ S., Roberto, FERNÁNDEZ C., Carlos y BATISTA L., Maria. “Metodología de la Investigación” Quinta Edición. McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A. México 2010.
- KOSKELA, Lauri “Application of the New Production Philosophy to Construction” Technical Report #72. Stanford University. USA 1992.
- MORILLO, Tania Y LOZANO, Miguel. “Estudio de la Productividad en una Obra de Edificación”. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima - Perú 2007.

- Oramas L., Carlos H. “Aplicación de la Metodología Lean Construction en la Vivienda de Interés Social”. Universidad EN. Bogotá - Colombia 2012.
- ORIHUELA, Pablo y ULLOA, karem. “La Planificación de las Obras y el Sistema Last Planner”. Boletín N° 12, Corporación Aceros Arequipa. Lima - Perú 2011.

- PASCUAL, Renato y FUENTES, Ccolqqe “Planificación y Control para Mejorar el Rendimiento de Actividades Previas al Vaciado de Concreto en Elementos Estructurales”. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima – Perú 2013.

- RODRÍGUEZ C., Walter y VALDEZ C., Doris. “Mejoramiento de la Productividad en la Construcción de Obras con Lean Construction”. Editorial Culturabierta E.I.R.L. Lima – Perú 2012.

- SERPELL, Alfredo: “Administración de Obras de Construcción”. Chile 1993.

ANEXOS

- Anexo 1 : Formato de Encuesta
- Anexo 2 : Carta Balance de Partidas Seleccionadas

Anexo 1: Formato de Encuesta

**ANEXO 1
FORMATO DE ENCUESTA**

OBJETIVO: El presente instrumento tiene como propósito recolectar información objetiva sobre los problemas más frecuentes relacionados a la Eficiencia en la Ejecución de Obras en la Región San Martín.

La información que usted nos proporcione es de carácter confidencial, únicamente será utilizada con fines académicos. Deseándole éxito en su gestión le agradezco de antemano su participación y su tiempo.

INDICACIONES: A continuación se presentan diversas interrogantes, correspondientes a la Tesis de Maestría titulada “ESTUDIO PARA DETERMINAR LA FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN OBRAS, TARAPOTO 2022”. Responda de manera clara y sencilla.

DATOS DEL ENTREVISTADO:

Apellidos y Nombres:

Cargo que

Desempeña:

Profesión:

CUESTIONARIO:

1. ¿Ha escuchado hablar/leído sobre Lean Construction ó Construcción sin pérdidas?

.....
.....
.....
.....
.....

2. ¿Existe coordinación entre los diferentes actores dentro de la planificación de los proyectos?

.....
.....
.....
.....
.....

3. ¿Cómo es la relación y comunicación con el superior inmediato?

.....
.....
.....
.....

4. ¿Lleva a cabo algún modelo de gestión o procedimientos específicos para la planificación de los proyectos?

.....
.....
.....
.....

5. ¿Con qué frecuencia se repiten actividades de un mismo proyecto?

.....
.....
.....
.....

6. ¿Considera usted que los expedientes técnicos de obra cuentan con la información necesaria que permitan conocer con detalle y precisión las cantidades y características de los recursos a utilizar en el proceso de ejecución?

.....
.....

.....
.....
.....

7. ¿Cuándo existen varias personas involucradas en la planificación de los proyectos, se generan problemas por?

.....
.....
.....
.....

8. ¿Qué sucede con las modificaciones en la planificación de los proyectos, son oportunas?

.....
.....
.....
.....

9. **¿Los plazos de entrega de los diferentes estudios dentro de la planificación de un proyecto se suelen cumplir?**

.....
.....
.....
.....

10. **¿Existe variación de presupuestos?**

.....
.....
.....
.....

11. **¿Considera usted que es importante que el personal técnico profesional encargado de dirigir la ejecución de obras deben capacitarse en temas relacionados a la gerencia de proyectos?**

.....
.....
.....
.....

12. **¿Factores que afectan la productividad de los proyectos?**

.....
.....
.....
.....

13. **¿Conoce usted sobre la existencia de otras técnicas validadas científicamente, diferentes a las tradicionalmente utilizadas en la actualidad que puedan aplicarse como herramienta metodológica para el control de la productividad o eficiencia en la ejecución de obras?**

.....
.....
.....
.....

14. **¿Si conocería una nueva forma de planificación de proyectos, estaría dispuesto(a) a implementar en su empresa?**

.....
.....
.....
.....

Anexo 2:
Carta Balance de Partidas
Seleccionadas

CARTA BALANCE

Actividad: CONCRETO F'C= 210 KG/CM2.
 Responsable: JULIO CESAR RODRIGUEZ GONZALES
 :

Fecha:
 Hora de Inicio:

T (min)	TRABAJO PRODUCTIV	TRABAJO CONTRIBUTORI	TRABAJO NO CONTRIBUTORI
1	CC		
2	CC		
3	CC		
4	CC		
5	CC		
6	CC		
7	CC		
8	CC		
9			TO
10			TO
11			TO
12			TO
13			TO
14		AC	
15		AC	
16		AC	
17		AC	
18		AC	
19			E
20			E
21			E
22			E
23			E
24		AA	
25		AA	
26		AA	
27		AC	
28		AC	
29		AC	
30		AC	
31		AC	
32		AC	
33		AAG	
34		AAG	
35		AAG	
36		AAG	
37		AAG	
38		AAG	
39		AAG	
40		AAG	
41		AA	
42		AA	
43		AA	
44		AA	
45		AA	
46		AA	
47			TO
48			TO
49			TO
50			TO
51			TO
52			TO

T (min)	TRABAJO PRODUCTIV	TRABAJO CONTRIBUTORI	TRABAJO NO CONTRIBUTORI
53		AC	
54		AC	
55		AC	
56		AC	
57		AC	
58		AC	
59		AC	
60		AC	
61			TO
62			TO
63			TO
64			TO
65			TO
66		AA	
67		AA	
68		AA	
69		AA	
70			E
71			E
72			E
73			E
74			E
75		AAG	
76		AAG	
77		AAG	
78		AAG	
79		AA	
80		AA	
81		AA	
82		AA	
83		AA	
84		AA	
85			CMV
86			CMV
87			CMV
88			CMV
89			CMV
90			CMV
91		AAG	
92		AAG	
93		AAG	
94		AAG	
95		AAG	
96		AA	
97		AA	
98	CC		
99	CC		
100	CC		
101	CC		
102	CC		
103	CC		
104	CC		

T (min)	TRABAJO PRODUCTIV	TRABAJO CONTRIBUTORI	TRABAJO NO CONTRIBUTORI
105		AAG	
106		AAG	
107		AAG	
108		AAG	
109		AAG	
110		AA	
111		AA	
112		AA	
113		AA	
114		AA	
115		AA	
116		AC	
117		AC	
118		AC	
119		AC	
120		AC	
121		AC	
122		AC	
123		AC	
124		AC	
125		AC	
126		AC	
127		AC	
128		AC	
129		AC	
130	CC		
131	CC		
132	CC		
133	CC		
134	CC		
135	CC		
136	CC		
137		AA	
138		AA	
139		AA	
140		AA	
141		AA	
142		AA	
143		AA	
144			TO
145			TO
146			TO
147			TO
148			TO
149			TO
150			TO
151			TO
152			TO
153			TO
154			TO
155		AC	
156		AC	

157 AC
158 AC
159 AC
160 AC
161 AC

T (min)	TRABAJO PRODUCTIV	TRABAJO CONTRIBUTORI	TRABAJO NO CONTRIBUTORI
162		AC	
163		AC	
164		AC	
165			TO
166			TO
167			TO
168			TO
169	VC		
170	VC		
171	VC		
172	VC		
173	VC		
174	VC		
175	VC		
176	VC		
177	VC		
178	VC		
179		AA	
180		AA	
181		AA	
182		AA	
183		AA	
184		AA	
185		AA	
186	CC		
187	CC		
188	CC		
189	CC		
190	CC		
191	CC		
192		AA	
193		AA	
194		AA	
195		AA	
196		AA	
197		AA	
198		AA	
199			TO
200			TO
201			TO
202			TO
203			TO
204			TO
205	CC		
206	CC		
207	CC		
208	CC		
209	CC		
210	CC		
211	CC		
212	CC		
213	CC		
214	CC		
215			TO
216			TO
217			TO
218			TO

214 CC
215 TO
216 TO
217 TO
218 TO

T (min)	TRABAJO PRODUCTIV	TRABAJO CONTRIBUTORI	TRABAJO NO CONTRIBUTORI
219			TO
220			TO
221			TO
222		T	
223		T	
224		T	
225		T	
226		T	
227		T	
228		T	
229	CC		
230	CC		
231	CC		
232	CC		
233	CC		
234	CC		
235	CC		
236	CC		
237	CC		
238	CC		
239	CC		
240	CC		
241	CC		
242	CC		
243	CC		
244	CC		
245	CC		
246	CC		
247	CC		
248	CC		
249	CC		
250	CC		
251	CC		
252	CC		
253	CC		
254		T	
255		T	
256		T	
257		T	
258		T	
259		T	
260		T	
261			E
262			E
263			E
264			E
265			E
266			E
267			TO
268			TO
269			TO
270			TO

271 CC
272 CC
273 CC
274 CC
275 CC

T (min)	TRABAJO PRODUCTIV	TRABAJO CONTRIBUTORI	TRABAJO NO CONTRIBUTORI
276	CC		
277	CC		
278	CC		
279	CC		
280	CC		
281	CC		
282	CC		
283	CC		
284	CC		
285		T	
286		T	
287		T	
288		T	
289		T	
290		T	
291		T	
292		T	
293		T	
294		T	
295		T	
296		T	
297		T	
298		T	
299	CC		
300	CC		
301	CC		
302	CC		
303	CC		
304	CC		
305	CC		
306	CC		
307	CC		
308	CC		
309	CC		
310		T	
311		T	
312		T	
313		T	
314		T	
315		T	
316	VC		
317	VC		
318	VC		
319	VC		
320	VC		
321	VC		
322	VC		
323	VC		
324	VC		
325	VC		
326	VC		
327	VC		

328 VC
329 VC
330 VC
331 VC
332 VC

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORI	TRABAJO NO CONTRIBUTORI
333	CC		
334	CC		
335	CC		
336	CC		
337	CC		
338	CC		
339			E
340			E
341			E
342			E
343			E
344	VC		
345	VC		
346	VC		
347	VC		
348	VC		
349	VC		
350		T	
351		T	
352		T	
353		T	
354		T	
355		T	

356 VC
357 VC
358 VC

NOMENCLATURA

TRABAJO PRODUCTIVO	
CC	Colocar Concreto
VC	Vibrado de Concreto

TRABAJO CONTRIBUTORI	
T	Transporte
AC	Abastecimiento Cemento
AAG	Abastecimiento Agregados
AA	Abastecimiento Agua
O	Otros

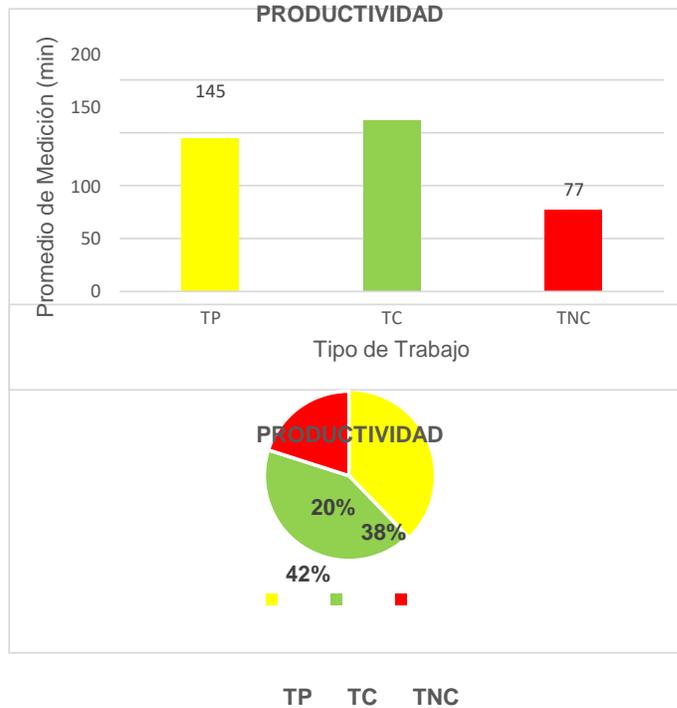
TRABAJO NO CONTRIBUTORI	
V	Viajes
TO	Tiempo Ocioso
E	Esperas
CMV	Caminar con Manos Vacías
D	Descanso
N	Necesidades Fisiológicas
O	Otros

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORI	TRABAJO NO CONTRIBUTORI
359	CC		
360	CC		
361	CC		
362			E
363	CC		
364	CC		
365	VC		
366	VC		
367	VC		
368		T	
369		T	
370		T	
371		T	
372	CC		
373	CC		
374	VC		
375	VC		
376		T	
377		T	
378			E
379		T	
380		T	
381		T	

382 CC
383 CC
384 CC

RESULTADO

ITEM	TP	TC	TNC
N°	145	162	77
%	38%	42%	20%



CARTA BALANCE

Actividad: ACERO DE REFUERZO $f_y=4,200$
Responsable Kg/cm2
 : JIMENA ALEJANDRA RUIZ PASTOR

Fecha:
Hora de Inicio:

T (min)	TRABAJO PRODUCTIV	TRABAJO CONTRIBUTORI	TRABAJO NO CONTRIBUTORI
1	HA		
2	HA		
3	HA		
4	HA		
5	HA		
6	HA		
7	HA		
8	HA		
9	HA		
10	HA		
11	HA		
12	HA		
13	HA		
14	HA		
15	HA		
16	HA		
17	HA		
18	HA		
19	HA		
20	HA		
21	HA		
22		M	
23		M	
24		M	
25		M	
26		M	
27		M	
28		M	
29	HA		
30	HA		
31	HA		
32	HA		
33	HA		
34	HA		
35	HA		
36	HA		
37	HA		
38	HA		
39	HA		
40	HA		
41	HA		
42	HA		
43	HA		
44	HA		
45	HA		
46			E
47			E
48			E
49			E
50			E
51	HA		
52	HA		

T (min)	TRABAJO PRODUCTIV	TRABAJO CONTRIBUTORI	TRABAJO NO CONTRIBUTORI
53	HA		
54	HA		
55	HA		
56	HA		
57	HA		
58	HA		
59	HA		
60	HA		
61	HA		
62	HA		
63	HA		
64	HA		
65	HA		
66			N
67			N
68			N
69			N
70			N
71			N
72			N
73			N
74			TO
75			TO
76			TO
77			TO
78			TO
79	HA		
80	HA		
81	HA		
82	HA		
83	HA		
84	HA		
85	HA		
86	HA		
87	HA		
88	HA		
89	HA		
90	HA		
91	HA		
92		M	
93		M	
94		M	
95		M	
96		M	
97		M	
98	HA		
99	HA		
100	HA		
101	HA		
102	HA		
103	HA		
104	HA		

T (min)	TRABAJO PRODUCTIV	TRABAJO CONTRIBUTORI	TRABAJO NO CONTRIBUTORI
105	HA		
106	HA		
107	HA		
108	HA		
109			E
110			E
111			E
112			E
113			E
114			E
115	HA		
116	HA		
117	HA		
118	HA		
119	HA		
120	HA		
121	HA		
122	HA		
123	HA		
124	HA		
125	HA		
126	HA		
127	HA		
128		M	
129		M	
130		M	
131		M	
132		M	
133		M	
134		M	
135		M	
136		M	
137		M	
138		M	
139	HA		
140	HA		
141	HA		
142	HA		
143			N
144			N
145			N
146			N
147			N
148			N
149			N
150	HA		
151	HA		
152	HA		
153	HA		
154	HA		
155	HA		
156	HA		

157 HA
158 HA
159 HA
160 HA
161 HA

T (min)	TRABAJO PRODUCTIV	TRABAJO CONTRIBUTORI	TRABAJO NO CONTRIBUTORI
162	HA		
163	HA		
164	HA		
165	HA		
166	HA		
167	HA		
168	HA		
169	HA		
170	HA		
171	HA		
172			TO
173			TO
174			TO
175			TO
176			TO
177			TO
178	HA		
179	HA		
180	HA		
181	HA		
182	HA		
183	HA		
184	HA		
185	HA		
186	HA		
187	HA		
188	HA		
189	HA		
190	HA		
191	HA		
192	HA		
193	HA		
194	HA		
195	HA		
196	HA		
197	HA		
198	HA		
199	HA		
200	HA		
201	HA		
202	HA		
203		M	
204		M	
205		M	
206		M	
207		M	
208	HA		
209	HA		
210	HA		
211	HA		
212	HA		
213	HA		

214 HA
215 HA
216 HA
217 HA
218 HA

T (min)	TRABAJO PRODUCTIV	TRABAJO CONTRIBUTORI	TRABAJO NO CONTRIBUTORI
219	HA		
220	HA		
221	HA		
222		M	
223		M	
224		M	
225		M	
226		M	
227		M	
228		M	
229	HA		
230	HA		
231	HA		
232	HA		
233	HA		
234	HA		
235	HA		
236	HA		
237	HA		
238	HA		
239	HA		
240	HA		
241	HA		
242	HA		
243	HA		
244	HA		
245	HA		
246		M	
247		M	
248		M	
249		M	
250		M	
251		M	
252			TO
253			TO
254			TO
255			TO
256			TO
257	HA		
258	HA		
259	HA		
260	HA		
261	HA		
262	HA		
263	HA		
264	HA		
265	HA		
266		M	
267		M	
268		M	
269		M	
270	HA		

271 HA
272 HA
273 HA
274 HA
275 HA

T (min)	TRABAJO PRODUCTIV	TRABAJO CONTRIBUTORI	TRABAJO NO CONTRIBUTORI
276	HA		
277	HA		
278	HA		
279	HA		
280	HA		
281	HA		
282	HA		
283			E
284			E
285			E
286			E
287			E
288	HA		
289	HA		
290	HA		
291	HA		
292	HA		
293	HA		
294	HA		
295	HA		
296		M	
297		M	
298		M	
299		M	
300		M	
301		M	
302	HA		
303	HA		
304	HA		
305	HA		
306	HA		
307	HA		
308	HA		
309	HA		
310	HA		
311	HA		
312	HA		
313	HA		
314	HA		
315	HA		
316	HA		
317	HA		
318	HA		
319	HA		
320	HA		
321	HA		
322	HA		
323	HA		
324	HA		
325	HA		
326		M	
327		M	

328 M
329 M
330 M
331 M
332 HA

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTIVO	TRABAJO NO CONTRIBUTIVO
333	HA		
334	HA		
335	HA		
336	HA		
337	HA		
338	HA		
339			D
340			D
341			D
342			D
343			D
344	HA		
345	HA		
346	HA		
347	HA		
348	HA		
349	HA		
350	HA		
351	HA		
352		M	
353		M	
354		M	
355		M	

356 HA
357 HA
358 HA

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTIVO	TRABAJO NO CONTRIBUTIVO
359	HA		
360	HA		
361	HA		
362			N
363			N
364			N
365			N
366			N
367	HA		
368	HA		
369	HA		
370	HA		
371	HA		
372	HA		
373	HA		
374	HA		
375		M	
376		M	
377		M	
378		M	
379		M	
380		M	
381		M	

382 M
383 D
384 D

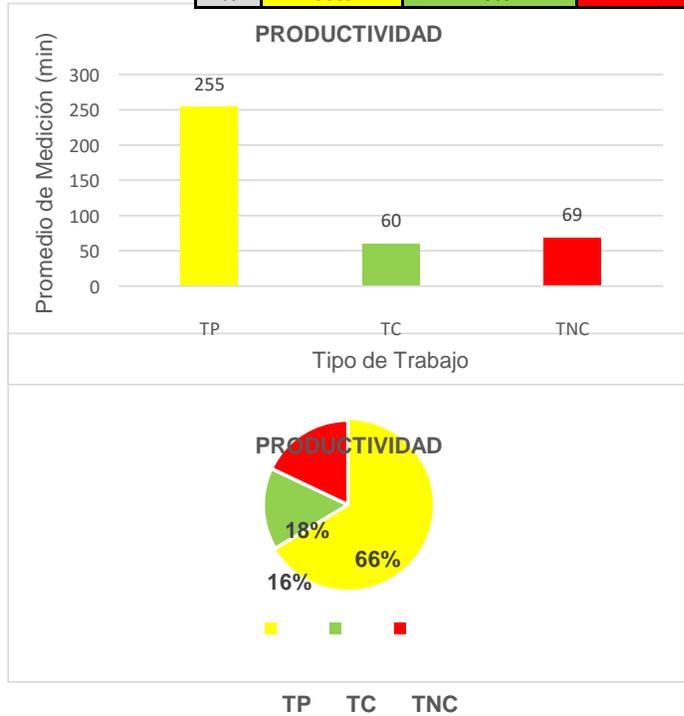
NOMENCLATURA

RESULTADO TRABAJO PRODUCTIVO	
HA	Habilitación de Acero

TRABAJO CONTRIBUTIVO M	
	Medición

TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	
V	Viajes
E	Esperas
CMV	Caminar con Manos Vacías
D	Descanso
N	Necesidades Fisiológicas
O	Otros

ITEM	TP	TC	TNC
N°	255	60	69
%	66%	16%	18%



CARTA BALANCE

Actividad: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
Responsable JULIO CESAR RODRIGUEZ
: GONZALES

Fecha:
Hora de Inicio:

T (min)	TRABAJO PRODUCTIV	TRABAJO CONTRIBUTORI	TRABAJO NO CONTRIBUTORI
1		M	
2		M	
3		M	
4		M	
5		M	
6		M	
7			TO
8			TO
9			TO
10			TO
11			TO
12	E		
13	E		
14	E		
15	E		
16	E		
17	E		
18	E		
19	E		
20	E		
21	E		
22	E		
23	E		
24	E		
25	E		
26	E		
27	E		
28	E		
29	E		
30	E		
31	E		
32	E		
33	E		
34	E		
35	E		
36	E		
37	E		
38	E		
39	E		
40	E		
41	E		
42	E		
43	E		
44	E		
45	E		
46	E		
47	E		
48	E		
49	E		
50	E		
51	E		
52	E		

T (min)	TRABAJO PRODUCTIV	TRABAJO CONTRIBUTORI	TRABAJO NO CONTRIBUTORI
53	E		
54	E		
55	E		
56	E		
57	E		
58	E		
59	E		
60	E		
61	E		
62	E		
63	E		
64	E		
65	E		
66	E		
67	E		
68	E		
69	E		
70	E		
71	E		
72	E		
73	E		
74	E		
75	E		
76	E		
77	E		
78	E		
79		M	
80		M	
81		M	
82		M	
83		M	
84		M	
85		M	
86		M	
87		M	
88		M	
89		M	
90		M	
91		M	
92		M	
93		M	
94			D
95			D
96			D
97			D
98			D
99			D
100	E		
101	E		
102	E		
103	E		
104	E		

T (min)	TRABAJO PRODUCTIV	TRABAJO CONTRIBUTORI	TRABAJO NO CONTRIBUTORI
105	E		
106	F		
107	E		
108	E		
109	E		
110	E		
111	E		
112		M	
113		M	
114		M	
115	E		
116	E		
117	E		
118	E		
119	E		
120	E		
121	E		
122	E		
123	E		
124	E		
125	E		
126	F		
127			N
128			N
129			N
130			N
131			N
132			N
133			TO
134			TO
135			TO
136	E		
137	E		
138	E		
139	E		
140	E		
141	E		
142	E		
143	E		
144	F		
145	F		
146	F		
147	E		
148	E		
149	E		
150	E		
151	E		
152	E		
153	E		
154	E		
155	E		
156	E		

157 E
158 E
159 E
160 E
161 E

T (min)	TRABAJO PRODUCTIV	TRABAJO CONTRIBUTORI	TRABAJO NO CONTRIBUTORI
162	E		
163	F		
164	E		
165	E		
166		M	
167		M	
168		M	
169		M	
170		M	
171		M	
172		M	
173		M	
174		M	
175		M	
176		M	
177	E		
178	E		
179	E		
180	E		
181	E		
182	F		
183	F		
184	E		
185	E		
186	E		
187	E		
188	E		
189	E		
190	E		
191	E		
192	E		
193	E		
194	E		
195	E		
196	E		
197	E		
198	E		
199	E		
200	E		
201	E		
202	F		
203	F		
204	E		
205	E		
206	E		
207	E		
208	E		
209	E		
210	E		
211	E		
212	E		
213	E		

214 E
215 E
216 E
217 E
218 E

T (min)	TRABAJO PRODUCTIV	TRABAJO CONTRIBUTORI	TRABAJO NO CONTRIBUTORI
219	E		
220	F		
221		M	
222		M	
223		M	
224		M	
225		M	
226	E		
227	E		
228			N
229			N
230			N
231			N
232			N
233			TO
234			TO
235			TO
236			TO
237			TO
238	E		
239	E		
240	E		
241	E		
242	E		
243	E		
244		M	
245		M	
246		M	
247		M	
248		M	
249		M	
250	E		
251	E		
252	E		
253	E		
254	E		
255	E		
256	E		
257	E		
258	E		
259	F		
260	F		
261	E		
262	E		
263	E		
264	E		
265	E		
266	E		
267	E		
268	E		
269	E		
270	E		

271 E
272 E
273 E
274 E
275 E

T (min)	TRABAJO PRODUCTIV	TRABAJO CONTRIBUTORI	TRABAJO NO CONTRIBUTORI
276	E		
277	F		
278	E		
279	E		
280	E		
281	E		
282	E		
283	E		
284	E		
285		M	
286		M	
287		M	
288		M	
289		M	
290		M	
291		M	
292		M	
293		M	
294	E		
295	E		
296	F		
297	F		
298	E		
299	E		
300	E		
301	E		
302	E		
303	E		
304	E		
305	E		
306	E		
307	E		
308	E		
309			D
310			D
311			D
312			D
313			D
314			D
315			D
316			D
317	F		
318	E		
319	E		
320	E		
321	E		
322	E		
323	E		
324	E		
325	E		
326	E		
327	E		

328 E
329 E
330 E
331 E
332 E

T (min)	TRABAJO PRODUCTIV	TRABAJO CONTRIBUTORI	TRABAJO NO CONTRIBUTORI
333	E		
334			N
335			N
336			N
337			N
338	E		
339	E		
340	E		
341	E		
342		M	
343		M	
344		M	
345		M	
346		M	
347		M	
348		M	
349		M	
350	E		
351	E		
352	E		
353			TO
354			TO
355			TO

356 E
357 E
358 E

T (min)	TRABAJO PRODUCTIV	TRABAJO CONTRIBUTORI	TRABAJO NO CONTRIBUTORI
359	E		
360	E		
361	E		
362			D
363			D
364			D
365			D
366			D
367	E		
368	E		
369	E		
370	E		
371	E		
372	E		
373	E		
374	E		
375	E		
376	E		
377	E		
378		M	
379		M	
380		M	
381		M	

382 E
383 E
384 E

NOMENCLATURA

RESULTADO TRABAJO PRODUCTIVO	
E	Encofrado

TRABAJO CONTRIBUTORIO M	
-------------------------	--

Medición

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
V	Viajes
TO	Tiempo Ocioso
E	Esperas
CMV	Caminar con Manos Vacías
D	Descanso
N	Necesidades Fisiológicas
O	Otros

ITEM	TP	TC	TNC
N°	267	67	50
%	69%	17%	13%

