

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**PROPUESTA DE PLAN DE MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE
OBRA DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN LIMA METROPOLITANA**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Civil

AUTORA:

Estrada Muñoz, Mary Luz

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

Rodríguez León, Williams Alexander

ASESOR:

Lozano Vargas, Miguel Ángel

Lima, junio, 2024

Informe de Similitud

Yo, MIGUEL ANGEL LOZANO VARGAS, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis titulado:

PROPUESTA DE PLAN DE MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN LIMA METROPOLITANA

De los autores: MARY LUZ ESTRADA MUÑOZ Y WILLIAMS ALEXANDER RODRÍGUEZ LEÓN

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 20%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el **19/08/2024**.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 19 de agosto 2024

Apellidos y nombres del asesor: Lozano Vargas, Miguel Angel	
DNI: 41640078	Firma 
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6238-9400	

RESUMEN

En las dos últimas décadas, estudios han mostrado que la productividad de la mano de obra en los proyectos de edificaciones multifamiliares no presenta una mejoría notable respecto a años recientes. Esto se debe, principalmente, a una falta de planificación y control, y a un insuficiente uso de herramientas disponibles que mejoren este indicador. Si bien, con el transcurso de los años, han surgido nuevas herramientas para la mejora de la productividad, muchas empresas constructoras de edificaciones no suelen implementarlas en las etapas del proyecto, manteniendo una planificación tradicional. Por este motivo, en la presente investigación, se identifican factores y herramientas que influyen en la productividad de la mano de obra mediante una revisión de literatura académica, siendo posteriormente validadas por expertos en la gestión de la construcción. De esta forma, se identifican las herramientas más relevantes que permitan una mejor productividad. Adicionalmente, se analiza un caso de estudio en etapa de construcción del casco de un proyecto multifamiliar en Lima Metropolitana, realizando un análisis cualitativo, mediante entrevistas al *staff* de obra para determinar el proceso de trabajo y las herramientas que utilizan en la planificación y control para los distintos procesos constructivos; y cuantitativo, mediante mediciones del Nivel General de Actividades y Carta Balance para determinar la productividad de la mano de obra. Finalmente, con los resultados obtenidos durante la extensión de la investigación, se formula la propuesta de un plan para la mejora de la productividad de la mano de obra en la etapa de construcción del casco de un proyecto multifamiliar en Lima Metropolitana. En conclusión, este plan proporciona pasos para el uso de herramientas y consideraciones en beneficio a la productividad y disminución de los desperdicios mediante una estructura cíclica y un proceso de mejora iterativa.

DEDICATORIA

*A mi madre y mis hermanos que en vida se encuentran,
quienes me brindan su amor y apoyo incondicional.*

*A mi padre y mi hermana que se encuentran en el cielo,
quienes me cuidan y me protegen.*

*Mi agradecimiento a los Ingenieros entrevistados y
encuestados que nos brindaron su tiempo y
conocimiento para el desarrollo de esta tesis*

*Mi agradecimiento mayor a mi asesor de tesis, por
instruirnos, orientarnos y brindarnos su conocimiento
para que este trabajo se pueda lograr*

Mary E.

DEDICATORIA

A Dios, a mis seres queridos y, en especial, a mis padres, por su amor y apoyo incondicional. Gracias a ellos, pude formarme en los valores y en la persona que soy ahora.

Un agradecimiento a todos los profesionales que dieron de su tiempo y, en especial saludo, a nuestro asesor por sus conocimientos brindados para poder hacer posible esta investigación.

Williams R.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Introducción general.....	1
1.2. Preguntas de investigación.....	2
1.2.1. Preguntas generales.....	2
1.2.2. Preguntas específicas.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivos generales.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación.....	3
1.5. Alcance y limitaciones.....	4
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Contexto de la investigación.....	6
2.2. Filosofía <i>Lean Construction</i>	6
2.2.1. Definición.....	6
2.2.2. Antecedentes de la <i>Filosofía Lean</i>	7
2.3. Productividad.....	10
2.3.1. Definición de la productividad.....	10
2.3.2. Factores que influyen en la productividad.....	11
2.3.3. Productividad como indicador de gestión.....	13
2.3.4. La productividad de la mano de obra.....	13
2.3.5. Factores que influyen en la productividad de la mano de obra.....	14
2.3.6. Curvas de productividad de la mano de obra.....	16
2.4. Herramientas de planificación <i>Lean Construction</i>	16
2.4.1. <i>Lean Project Delivery System</i>	16
2.4.2. <i>Pull Planning</i>	18
2.4.3. <i>Takt Time Planning</i>	19
2.4.4. <i>Last Planner System</i>	20
2.4.5. Nivel general de actividades (NGA).....	24
2.4.6. Carta balance.....	25
2.4.7. Porcentaje de Planificación Cumplida.....	25
2.4.8. Porcentaje de cumplimiento de restricciones.....	26

2.4.9.	<i>Big Room</i>	26
2.4.10.	Tablero Kanban.....	27
2.4.11.	Diagrama de flujos.....	28
2.4.12.	Circuito Fiel.....	28
2.4.13.	Lecciones aprendidas.....	29
2.4.14.	<i>Gemba Walk</i>	29
2.4.15.	<i>Work Structuring</i>	30
2.5.	Clasificación según guía del PMBOOK.....	30
3.	METODOLOGÍA.....	32
3.1.	Diseño de investigación.....	32
3.2.	Instrumento.....	34
3.3.	Procedimiento de investigación.....	35
3.4.	Validación de expertos.....	36
3.4.1.	Perfil de expertos.....	36
3.4.2.	Entrevista de expertos.....	37
3.4.3.	Resultados de la validación de expertos.....	39
3.4.4.	Análisis de las entrevistas a expertos.....	49
3.4.5.	Barreras y requisitos para la aplicación del plan.....	51
4.	CASO DE ESTUDIO.....	53
4.1.	Información del caso en estudio.....	53
4.2.	Perfil de Entrevistados.....	53
4.3.	Entrevistas al <i>Staff</i> de obra sobre el caso de estudio.....	54
4.4.	Resultados del <i>Staff</i> de obra sobre el caso de estudio.....	54
4.5.	Mediciones de flujos de trabajo del caso de estudio.....	61
4.5.1.	Medición del Nivel General de Actividades en obra.....	61
4.5.2.	Resultados del Nivel General de actividades en obra.....	63
4.5.3.	Medición de Carta balance en obra.....	65
4.5.4.	Resultado de Carta balance en obra.....	81
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	97
5.1.	Análisis de la entrevista al <i>Staff</i> de obra.....	97
5.1.1.	Planificación en la obra en estudio.....	97
5.1.2.	Seguimiento y control en la obra en estudio.....	99
5.2.	Análisis de flujos de trabajo.....	101

5.2.1.	Análisis de Nivel General de Actividades	101
5.2.2.	Análisis de Carta balance	104
6.	PROPUESTA DE PLAN DE MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA	120
6.1.	Validación del plan.....	120
6.1.1.	Información de los expertos.....	120
6.1.2.	Análisis de resultados	121
6.2.	Presentación del plan.....	122
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	168
7.1.	Conclusiones	168
7.2.	Recomendaciones.....	170
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	172

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	<i>Categoría de residuos.....</i>	7
Tabla 2.	<i>Procesos clasificados en grupos relacionados al área de Gestión del cronograma del proyecto.</i>	31
Tabla 3.	<i>Tabla de datos de los expertos en el tema de construcción de edificaciones.</i>	37
Tabla 4.	<i>Formato de entrevista a experto en temas de construcción y edificaciones.</i>	38
Tabla 5.	<i>Factores y herramientas validado por expertos.....</i>	51
Tabla 6.	<i>Barreras y requisitos necesarios para un plan de mejora de la productividad</i>	52
Tabla 7.	<i>Lista de partidas analizadas en el Nivel General de Actividades</i>	62
Tabla 8.	<i>Flujo de trabajos en el proceso de la construcción de la obra en estudio.....</i>	62
Tabla 9.	<i>Porcentaje de tipos de trabajo de cada obrero respecto al total – acero de muros</i>	82
Tabla 10.	<i>Porcentaje de tipos de trabajo de cada obrero respecto al total – encofrado de muros</i>	84
Tabla 11.	<i>Porcentaje de tipos de trabajo de cada obrero respecto al total – vaciado de concreto de muros.....</i>	86
Tabla 12.	<i>Porcentaje de tipos de trabajo de cada obrero respecto al total – tarrajeo de muros.....</i>	88

Tabla 13. <i>Porcentaje de tipos de trabajo de cada obrero respecto al total – encofrado de losa</i>	90
Tabla 14. <i>Porcentaje de tipos de trabajo de cada obrero respecto al total – acero de losa</i>	92
Tabla 15. <i>Porcentaje de tipos de trabajo de cada obrero respecto al total – vaciado de concreto de losa</i>	94
Tabla 16. <i>Porcentaje de tipos de trabajo de cada obrero respecto al total – tarrajeo de cielo raso</i>	96
Tabla 17. <i>Cuadro resumen de porcentajes de medición de acero en muros</i>	104
Tabla 18. <i>Cuadro resumen de porcentajes de medición en encofrado de muros</i>	106
Tabla 19. <i>Cuadro resumen de porcentajes de medición vaciado concreto de muros</i>	108
Tabla 20. <i>Cuadro resumen de porcentajes de medición tarrajeo de muros</i>	110
Tabla 21. <i>Cuadro de resumen de medición de encofrado de losas</i>	112
Tabla 22. <i>Cuadro de resumen de medición de encofrado de losas</i>	114
Tabla 23. <i>Cuadro resumen de porcentajes de medición vaciado concreto losas</i>	116
Tabla 24. <i>Cuadro resumen de porcentajes de medición tarrajeo de losas</i>	118
Tabla 25. <i>Tabla de descripción de los expertos encuestados</i>	121

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1. Fases y procesos del Lean Project Delivery System</i>	17
<i>Gráfico 2. Esquema del DEBE – SE HARÁ – SE PUEDE</i>	21
<i>Gráfico 3. Proceso de planificación Last Planner</i>	21
<i>Gráfico 4. Metodología de lecciones aprendidas para proyectos</i>	29
<i>Gráfico 5. Procedimiento metodológico de la investigación</i>	36
<i>Gráfico 6. Nivel General de Actividades– Proyecto Parque Cáceres</i>	64
<i>Gráfico 7. Nivel General de Actividades – Proyecto Parque Cáceres</i>	64
<i>Gráfico 8. Armado de acero de muros en obra</i>	65
<i>Gráfico 9. Colocación de encofrado de muros en obra</i>	67
<i>Gráfico 10. Vaciado de concreto en muros en obra</i>	69
<i>Gráfico 11. Tarrajeo de muros en obra</i>	71
<i>Gráfico 12. Colocación de encofrado de losas en obra</i>	73

<i>Gráfico 13.</i> Armado de acero de losas en obra.....	75
<i>Gráfico 14.</i> Vaciado de concreto en muros en obra.....	77
<i>Gráfico 15.</i> Tarrajeo de muros en obra.....	79
<i>Gráfico 16.</i> Resultados de porcentajes de carta balance en acero de muro. Fuente Propia.....	81
<i>Gráfico 17.</i> Resultados porcentajes parciales de los trabajos productivos respecto al total en acero.....	81
<i>Gráfico 18.</i> Resultados porcentajes parciales de los trabajos contributorio respecto al total en acero.....	82
<i>Gráfico 19.</i> Resultados porcentajes parciales de los trabajos no contributorio respecto al total en acero.....	82
<i>Gráfico 20.</i> Resultados de porcentajes de carta balance en encofrado de muro.....	83
<i>Gráfico 21.</i> Resultados porcentajes parciales de los trabajos productivos respecto al total en encofrado.....	83
<i>Gráfico 22.</i> Resultados porcentajes parciales de los trabajos contributorio respecto al total en encofrado.....	84
<i>Gráfico 23.</i> Resultados porcentajes parciales de los trabajos no contributorio respecto al total en encofrado.....	84
<i>Gráfico 24.</i> Resultados de porcentajes de carta balance de vaciado de concreto en muro.....	85
<i>Gráfico 25.</i> Resultados porcentajes parciales de los trabajos productivos respecto al total en vaciado de concreto en muros.....	85
<i>Gráfico 26.</i> Resultados porcentajes parciales de los trabajos contributorio respecto al total en vaciado de concreto en muros.....	86
<i>Gráfico 27.</i> Resultados porcentajes parciales de los trabajos no contributorio respecto al total en vaciado de concreto en muros.....	86
<i>Gráfico 28.</i> Resultados de porcentajes de carta balance de tarrajeo de muros.....	87
<i>Gráfico 29.</i> Resultados porcentajes parciales de los trabajos productivos respecto al total en tarrajeo de muros.....	87
<i>Gráfico 30.</i> Resultados porcentajes parciales de los trabajos contributorio respecto al total en tarrajeo de muros.....	88
<i>Gráfico 31.</i> Resultados porcentajes parciales de los trabajos no contributorio respecto al total en tarrajeo de muros.....	88
<i>Gráfica 32.</i> Resultados de porcentajes de carta balance en encofrado de losa.....	89
<i>Gráfico 33.</i> Resultados porcentajes parciales de los trabajos productivos respecto al total en encofrado.....	89
<i>Gráfico 34.</i> Resultados porcentajes parciales de los trabajos contributorio respecto al total en encofrado.....	90

<i>Gráfico 35.</i> Resultados porcentajes parciales de los trabajos no contributorio respecto al total en encofrado.....	90
<i>Gráfico 36.</i> Resultados de porcentajes de carta balance en acero de losa. Fuente Propia.....	91
<i>Gráfico 37.</i> Resultados porcentajes parciales de los trabajos productivos respecto al total en acero de losa.....	91
<i>Gráfico 38.</i> Resultados porcentajes parciales de los trabajos contributorio respecto al total en acero de losa.....	92
<i>Gráfico 39.</i> Resultados porcentajes parciales de los trabajos no contributorio respecto al total en acero	92
<i>Gráfica 40.</i> Resultados de porcentajes de carta balance de vaciado de concreto en losa.....	93
<i>Gráfico 41.</i> Resultados porcentajes parciales de los trabajos productivos respecto al total en vaciado de concreto en losa..	93
<i>Gráfico 42.</i> Resultados porcentajes parciales de los trabajos contributorio respecto al total en vaciado de concreto en losa	94
<i>Gráfico 43.</i> Resultados porcentajes parciales de los trabajos no contributorio respecto al total en vaciado de concreto en losa.....	94
<i>Gráfica 44.</i> Resultados de porcentajes de carta balance de tarrajeo de losas.....	95
<i>Gráfico 45.</i> Resultados porcentajes parciales de los trabajos productivos respecto al total en tarrajeo de losas.....	95
<i>Gráfico 46.</i> Resultados porcentajes parciales de los trabajos contributorio respecto al total en tarrajeo de losas.....	96
<i>Gráfico 47.</i> Resultados porcentajes parciales de los trabajos no contributorio respecto al total en tarrajeo de losas.....	96
<i>Gráfica 48.</i> Análisis de trabajo contributorio – NGA.....	102
<i>Gráfico 49.</i> Análisis de trabajo no contributorio – NGA.....	103
<i>Gráfica 50.</i> Validación de la propuesta por expertos.	122

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción general

El sector de la construcción en el Perú ha sido y sigue siendo uno de los principales generadores del desarrollo económico del país durante los últimos años, viéndose reflejado en mayores obras de infraestructuras y el aumento significativo en puestos de trabajo (El Peruano, 2019). Así mismo, la mejora de la productividad en la construcción llega a ser un tema de interés, ya que permite, a través de diversas investigaciones, encontrar nuevas alternativas y soluciones que logren una mejor optimización de la producción en los proyectos.

A pesar del continuo desarrollo en el sector de la construcción y de la implementación de nuevas tecnologías y herramientas para la gestión de proyectos, muchas empresas constructoras no cuentan con una técnica o metodología adecuada en la gestión de la productividad, optando por aplicar principalmente métodos basados en un pensamiento tradicional. Sin embargo, el error de esta forma de pensamiento en la construcción es centrarse únicamente en las actividades de transformación final, sin tomar importancia los flujos que permiten generar mayor valor a los productos obtenidos (Porrás Díaz et al., 2014). Esto conlleva a obtener pérdidas de costo y tiempo durante ejecución del proyecto.

Realizar una buena gestión de la construcción consiste en planificar, programar, evaluar y controlar las diversas actividades que abarca el proyecto. Así mismo, para lograr de manera satisfactoria la ejecución de las actividades planificadas, es necesario contar con métodos y/o técnicas actualizadas y aplicarlos correctamente en aquellos elementos que conforman parte del proyecto (Serpell y Alarcón, 2015).

Por ello, en la presente investigación, se busca implementar un plan de mejora de la productividad de la mano de obra, tomando como base el uso de la metodología *Lean Construction*. El estudio para el plan de mejora de la productividad se realiza desde un enfoque

cualitativo y cuantitativo. Por un lado, desde un enfoque cualitativo, se define los principales factores y herramientas que influyen dentro de la productividad de la mano de obra; posteriormente, se validan a través de entrevistas a expertos en construcción de edificaciones multifamiliares. Por otro lado, desde un enfoque cuantitativo, se realizan mediciones en campo de procesos constructivos seleccionados en la obra de estudio. Las mediciones realizadas en campo tienen como objetivo clasificar los tres tipos de trabajo que se realizan dentro de una obra, los cuales son: el trabajo productivo, el trabajo contributorio y el trabajo no contributorio. El análisis de cada uno de estos trabajos permite evaluar, a través de información estadística, el ritmo de la producción dentro de la obra en estudio.

Finalmente, a partir del análisis y entrevistas a expertos en temas de gestión en proyectos de edificación y de los resultados obtenidos de las mediciones en obra, se plantea la propuesta del plan para la mejora de la productividad y eliminación de los factores negativos que generan pérdidas en la ejecución de proyectos.

1.2. Preguntas de investigación

1.2.1. Preguntas generales

¿Cómo proponer un plan para la mejora de la productividad de la mano de obra en la etapa de construcción del casco de un proyecto multifamiliar en Lima Metropolitana?

1.2.2. Preguntas específicas

- ¿Cuáles son los factores y herramientas relevantes que influyen la mejora de la productividad de la mano de obra en un proyecto multifamiliar de Lima Metropolitana?
- ¿Cómo describir una propuesta para el uso de herramientas de planificación y de control para la mejora de la productividad de la mano de obra en la etapa de casco de un proyecto multifamiliar de Lima Metropolitana?

- ¿Cuáles son las propuestas para eliminar y/o reducir flujos de trabajo no productivos para la mejora de productividad de la mano de obra en la etapa de casco de un proyecto multifamiliar de Lima Metropolitana?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivos generales

Proponer un plan para la mejora de la productividad de la mano de obra en la etapa de construcción del casco de un proyecto multifamiliar en Lima Metropolitana.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar los factores y herramientas relevantes que influyen en la mejora de la productividad de la mano de obra en proyectos multifamiliares.
- Elaborar una propuesta para el uso de herramientas de planificación y de control para la mejora de la productividad de la mano de obra en la etapa de construcción del casco de un proyecto multifamiliar.
- Elaborar propuestas para eliminar y/o reducir flujos de trabajo no productivos para la mejora de la productividad de la mano de obra en la etapa de construcción del casco de un proyecto multifamiliar.

1.4. Justificación

Según Ramírez (2016), la productividad en el área de construcción es uno de los factores que influye directamente en la calidad, cantidad, tiempo y costo de la ejecución de una obra. Sin embargo, en el país, muchas empresas constructoras no poseen técnicas, herramientas ni métodos eficientes para el desarrollo de la productividad; por ello, se obtienen retrasos y pérdidas económicas en sus proyectos.

Así mismo, la mayoría de las empresas constructoras en el país no cuentan con un *staff* totalmente capacitado en aplicar herramientas y métodos que faciliten una mayor productividad en obra. Por otro lado, a pesar de que las empresas poseen conocimientos sobre la filosofía *Lean*, estas optan por usar métodos tradicionales en los procesos de planificación, seguimiento y control en obra. Por ello, en la presente investigación se busca proponer herramientas y factores que permitan la mejora de la productividad de la mano de obra.

1.5. Alcance y limitaciones

El alcance del presente trabajo de investigación es de carácter descriptivo y está orientado a analizar la productividad de la mano de obra en estudio, proponiendo un plan de mejora para dicha obra y que sirva para las futuras edificaciones multifamiliares.

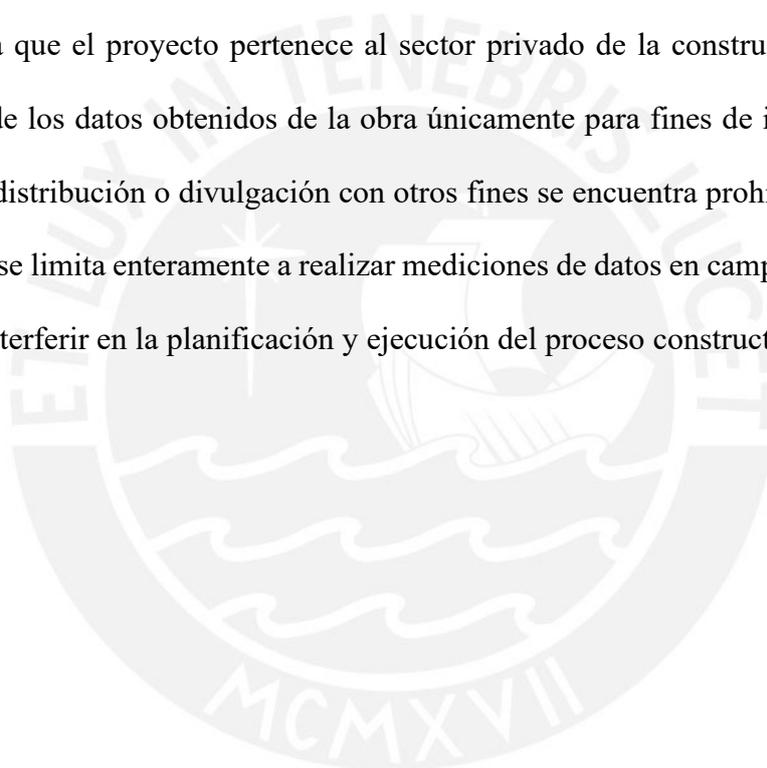
La investigación se realiza a partir de la recolección de información y fuentes bibliográficas, complementándolo con opinión de expertos a través de entrevistas, los cuales permiten lograr una mejor certeza de qué factores y herramientas generan una mejor productividad de la mano de obra. Así mismo, se realiza una recolección de información en la obra en estudio elegido con el propósito de saber cuál es el procedimiento de trabajo y qué herramientas realizan.

Por otro lado, se analiza la productividad de la mano de obra en estudio con el propósito de poder contrastarla con la información cualitativa inicialmente obtenida. Este análisis se llevará a cabo con la realización de mediciones de procesos constructivos a través de Nivel General de Actividades en dos fechas establecidas, y mediciones de carta balance en 8 procesos constructivos seleccionados: acero en muros, encofrado de muros, vaciado de concreto en muros, tarrajeo de muros, encofrado de losa, acero en losa, vaciado de concreto en losa y tarrajeo de cielo raso. Estos procesos pertenecen a la obra en ejecución “Parque Cáceres”

ubicado en el distrito de Jesús María, la cual se encuentra a cargo de la empresa constructora Lugano.

De la obra en estudio, en campo se obtienen datos correspondientes a las mediciones de los procesos elegidos. Para la recopilación de información en campo, se han seleccionado formatos previamente establecidos que permitan un adecuado análisis en las distintas etapas de ejecución. Así mismo, se han utilizado equipos de grabación audiovisual que permitan recopilar información complementaria.

Debido a que el proyecto pertenece al sector privado de la construcción, la empresa autoriza el uso de los datos obtenidos de la obra únicamente para fines de investigación. Por ende, cualquier distribución o divulgación con otros fines se encuentra prohibido. Así mismo, la investigación se limita enteramente a realizar mediciones de datos en campo del proyecto en estudio y no a interferir en la planificación y ejecución del proceso constructivo del proyecto.



2. MARCO TEÓRICO

2.1. Contexto de la investigación

En las últimas investigaciones sobre la productividad de la mano de obra en Lima Metropolitana, se muestra que el trabajo en menor porcentaje en la ejecución de actividades corresponde al trabajo productivo, siendo este el trabajo que agrega valor a la producción (Ghio, 2001; Morales y Galeas, 2006). Por ejemplo, un análisis estadístico realizado por Ghio (2001) de los tipos de trabajo que se realizan en obra, muestra que solo el 28% del trabajo realizado es productivo y el restante pertenece de forma equitativa al trabajo contributorio y no contributorio. De la misma manera, este análisis fue realizado por Morales y Galeas (2006), donde obtuvieron que el 29% del trabajo es productivo, el 43.3% pertenece al trabajo contributorio y el restante es trabajo no contributorio.

Así mismo, existen partidas en donde los tiempos de espera llegan a ser excesivos, generando un trabajo no contributorio elevado. En la tesis de Buleje (2012), en el cual se analiza la productividad de construcción en un condominio, se muestra que en la partida de vaciado monolítico (muro-losa) llega a producirse un trabajo no contributorio mayor al 60% y un trabajo productivo del 21%. Estos porcentajes se deben principalmente a los elevados tiempos de espera que ocurren entre cada una de las actividades que conforman la partida.

2.2. Filosofía *Lean Construction*

2.2.1. Definición

Lean Construction, también llamado “Construcción sin pérdidas”, es un enfoque en la gestión de proyectos de construcción introducido por Lauri Koskela en 1992. Esta filosofía modela la construcción como un proceso de transformación, flujo y generación de valor (Porrás Díaz et al., 2014). En otras palabras, *Lean Construction* es una forma de producción innovadora, cuyo objetivo es eliminar, minimizar y reducir las pérdidas de los

recursos dentro de los flujos presentes en la construcción de un proyecto, generando el máximo valor para los clientes (Orihuela, 2011).

Así mismo, se enfoca en la creación de herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución del proyecto que reduzcan los residuos, entendiéndose dicho término a actividades necesarias para completar una unidad productiva (Porrás Díaz et al., 2014). Según Raid (2012), los residuos en la construcción se pueden clasificar en siete categorías típicas, las cuales se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. *Categoría de residuos.*

Categorías de residuos en obra
Defectos
Demoras
Sobreproducción
Sobreprocesamiento
Transporte innecesario
Movimiento de personas
Inventario excesivo

Adaptado de Raid (2012).

2.2.2. Antecedentes de la Filosofía *Lean*

De acuerdo con Porrás et al. (2014), el término “*lean*” nació con la idea de implementar un método para la mejora de producción en la empresa japonesa automovilística “Toyota Motors”. También menciona que el interesado en esta idea fue el Ingeniero Taiichi Ohno, quien buscaba mejorar el tiempo de entrega de los automóviles fabricados y evitar así la acumulación de mercancía (Porrás et al., 2014). Además, como uno de los conceptos principales, se estableció lo que se conoce como “*Lean Production*” con la finalidad de minimizar retrasos y generar mejoras en la producción de los automóviles (Porrás et al., 2014).

En el ámbito internacional, según Porras et al. (2014), el primer investigador que empezó a interesarse por la filosofía *Lean* fue Lauri Koskela, quien implementó esta idea en el sector de construcción en 1992. De esta manera, en la investigación de trabajo titulada “Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción”, Koskela indica que la producción debe ser mejorada mediante la eliminación de trabajos que no agregan valor. Así mismo, otro investigador interesado sobre el concepto *Lean* fue Glenn Ballard, quien implementó herramientas en base a esta filosofía, adaptándolas al sector de la construcción (Porras et al., 2014).

En el ámbito de América Latina, el concepto de la filosofía *Lean Construction* se hace presente con las investigaciones realizadas por Camacol y Luis Fernando Botero en 2002; así mismo, Virgilio Guio Castillo da a conocer sobre el tema de la productividad relacionada a la construcción en una investigación realizada en el año 2001 (Porras et al., 2014). En la actualidad, se sabe que, la filosofía *Lean Construction* sigue siendo un tema de interés por estudiantes e investigadores en distintas universidades e instituciones de nuestro país y en Latinoamérica en general.

El pensamiento *Lean* logra brindar un método que permita la especificación del valor, así como para la alineación de acciones creadoras de valor por medio de una secuencia óptima, sin interrupción y cada vez con mayor eficacia. Por tanto, la esencia del significado *Lean* como tal permite realizar una mayor producción con menores recursos (humano, equipos, espacio, costo y tiempo), ofreciendo al cliente el producto que realmente desea. Este pensamiento también permite una forma de trabajo de mayor satisfacción, ya que ofrece un *feedback* inmediato de los esfuerzos que logren generar valor. El concepto *Lean* se logra a través de la aplicación de 5 principios (Womack y Jones, 2003).

1) Principio del Valor

Este principio indica la importancia de una mejor especificación del valor en el producto ofrecido hacia los clientes, ya que permite una mejor satisfacción de estos, una mayor producción y una menor pérdida en el tiempo de espera por trabajos rehechos como consecuencia de entregar un producto con una calidad deficiente (Womack y Jones, 2003).

2) Principio del flujo de valor

El siguiente principio indica que es necesario analizar los procesos que involucran la elaboración del producto final con el objetivo de determinar las acciones que realmente crean valor según el consumidor; las que no crean valor, pero son necesarias para el desarrollo del producto y, por tanto, no puede eliminarse; y las que no crean valor según la percepción del cliente (Womack y Jones, 2003). La identificación de estos últimos permite que puedan eliminarse, generando mayor eficiencia en la producción total (Womack y Jones, 2003).

3) Principio del Flujo

Tercer principio que indica la importancia de tener plena atención en la ejecución fluida de etapas creadoras de valor por medio de un replanteo en la organización, prácticas y herramientas. Ello se logra a través de una reducción en los tamaños en los lotes que, contraria a la intuición, permiten una mejor producción, logrando realizar las distintas actividades una inmediatamente de otra, manteniendo un flujo continuo y evitando largas esperas e interrupciones de cualquier tipo antes de pasar a la siguiente fase (Womack y Jones, 2003).

4) *Pull*

Este principio indica que nadie de un proceso posterior debe producir un bien o servicio hasta que no se haya solicitado previamente. De esta manera, una vez manifestada

la demanda de un producto final, se empieza a trabajar hacia atrás con el objetivo de pasar por todas las actividades necesarias que permita hacer realidad y entregar el producto al cliente (Womack y Jones, 2003).

5) Perfección

Principio que indica que, independientemente del número de veces que se haya mejorado una determinada actividad con el propósito de hacerla más *Lean*, siempre es posible encontrar nuevas formas de eliminar los desperdicios en el flujo suprimiendo tiempo, espacio, esfuerzo y errores (Womack y Jones, 2003).

2.3. Productividad

2.3.1. Definición de la productividad

De acuerdo con Serpell (1986), la productividad se define como la eficiencia de la utilización de recursos administrados para un determinado proyecto, con una calidad y plazo establecido. En otras palabras, la productividad relaciona la cantidad producida y los recursos empleados para dicha labor, pudiéndose expresar mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Cantidad producida}}{\text{Recursos empleados}} \dots \text{Ecuación(I)}$$

De acuerdo con Botero y Álvarez (2004), obtener una buena productividad depende de la eficiencia y la efectividad, puesto que no es adecuado producir una cantidad de obra sin realizar un proceso de control de calidad. Por ello, un análisis de productividad en la construcción permite identificar deficiencias en las distintas etapas de producción con el objetivo de reducir los recursos utilizados y/o aumentar la cantidad de producción. Además, dentro de la productividad, se requiere obtener rendimientos aceptables del personal obrero; sin embargo, es importante seguir con un buen control de calidad de las actividades realizadas (Mora, 2012). Por otro lado, según García (2005), la necesidad de realizar un

estudio de investigación sobre la productividad se debe, principalmente, a la búsqueda de mayor conocimiento de las principales causas que retrasan el avance de una obra, así como los criterios de mejora en la producción. Existen tres maneras de incrementar el avance de una obra y obtener una mayor productividad:

1. Aumentar el producto y mantener el mismo insumo.
2. Reducir el insumo y mantener el mismo producto.
3. Aumentar el producto y reducir el insumo de una manera proporcional.

2.3.2. Factores que influyen en la productividad

2.3.2.1. Factores negativos

Durante la ejecución de un proyecto, se presentan distintos factores que influyen de manera negativa en la productividad; por ello, se debe realizar un control adecuado para disminuir estos efectos. De acuerdo con Serpell (1986), algunos de estos factores son los siguientes:

- Uso de sobretiempo programado durante un largo periodo
- Errores y omisiones en los planos y especificaciones
- Exceso de modificaciones del proyecto durante la ejecución de la obra
- Diseños muy complejos y/o incompletos
- Agrupamiento de muchos trabajadores en espacios reducidos.
- Falta de una supervisión adecuada
- Reasignación de la mano de obra de tarea en tarea, impidiendo la especialización y el aprendizaje
- Ubicación inapropiada de los materiales y bodegas en general
- Temperatura o clima adverso en la zona

- Mala o escasa iluminación cuando se necesitan
- Falta de equipos y herramientas cuando se necesitan
- Materiales, equipos y herramientas inadecuadas

2.3.2.2. Factores positivos

Los factores positivos, que influyen en la productividad de un proyecto de construcción, permiten un avance adecuado de la obra. De acuerdo con Serpell (1986), algunos de estos factores positivos son los siguientes:

- Aprovechamiento del fenómeno de aprendizaje en general.
- Programas educacionales y de capacitación del personal.
- Programas de seguridad en la obra.
- Uso de materiales y equipos innovadores, modernos.
- Prefabricación de partes de la obra cuando sea posibles.
- Utilización de técnicas o métodos modernas de planificación.
- Utilización de ayudas computacionales en general.
- Revisión de diseños para una mejor constructibilidad.
- Estandarización de los diseños y materiales.
- Preplanificación de las operaciones de construcción.
- Programación a intervalos cortos a nivel de cuadrillas.
- Prácticas eficientes de adquisición de materiales y equipos.
- Uso de modelos a escala para el análisis de operaciones.
- Estimular un espíritu de competencia sano en la obra.
- Usar incentivos en los contratos para mejorar desempeño de los contratistas.
- Utilización eficiente de los contratistas y subcontratistas.

- Disponibilidad adecuada de herramientas, equipos, materiales, información e instrucciones.
- Uso de estudios de tiempos y movimientos para mejorar la eficiencia, reducir la fatiga y trabajar más racionalmente.

2.3.3. Productividad como indicador de gestión

Según Rodríguez y Gómez (1997), un indicador de gestión se define como una medición cuantitativa del comportamiento y desempeño de una empresa que ejecuta un proyecto de edificación. La productividad como indicador permite analizar el proceso constructivo de una obra en áreas como el uso de recursos bajo conceptos de eficiencia, el cumplimiento con la planificación de la obra bajo aspectos de efectividad y la supervisión de calidad de las actividades que se ejecutan (Rodríguez y Gómez, 1997).

De acuerdo con Mejía y Hernández (2007), para un análisis del avance en un proyecto de edificación, la productividad es el indicador principal para gestionar las actividades realizadas y los recursos utilizados para la ejecución de una obra. Esto debido a que se relaciona con los diferentes factores que influyen directamente en obra, ya sea en la calidad, la seguridad, el costo, el tiempo, la planeación y el control (Mejía y Hernández, 2007).

2.3.4. La productividad de la mano de obra

Según lo expuesto por Mejía y Hernández (2007), se entiende por productividad de la mano de obra como la acción que realiza un hombre o una cuadrilla bien definida en un tiempo previsto. La productividad obtenida por parte de las actividades que realiza un hombre debe ser medido como una unidad promedio de la cuadrilla a que le pertenece (Mejía y Hernández, 2007). En este sentido, la productividad de la mano de obra cuantifica el rendimiento de un obrero o de la cuadrilla y se puede expresar de las siguientes dos formas:

$$\text{PRODUCTIVIDAD M. O} = \frac{\text{Cantidad de obra}}{\text{Hora – obrero}} \dots \text{Ecuación(II)}$$

$$\text{PRODUCTIVIDAD M. O} = \frac{\text{Cantidad de obra}}{\text{Hora – cuadrilla}} \dots \text{Ecuación(III)}$$

De acuerdo con Mejía y Hernández (2007), cuando un obrero presenta un rendimiento bajo, se debe buscar estrategias de mejora en la productividad. Primero, se debe mejorar el desempeño del personal, identificando las actividades y tareas que realiza con el objetivo de lograr una buena efectividad. Luego, los recursos y herramientas de la mano de obra deben estar disponibles para cada actividad que se va a realizar; de esta manera, aumentará la eficiencia del trabajador. Finalmente, se debe mejorar la calidad del trabajo que realiza, con la finalidad de obtener un trabajo que agregue valor (Ballard,2000).

2.3.5. Factores que influyen en la productividad de la mano de obra

Según Botero (2002), una edificación tiene variaciones en el proceso de construcción de acuerdo con los factores que influyen en la productividad de la mano de obra. Por ello, los principales factores que influyen en la productividad de la mano de obra son las siguientes:

1) Estado económico del proyecto:

Depende del estado económico de la nación y el lugar donde se ejecuta el proyecto (Botero,2002). En épocas de crisis económica, la ejecución de un proyecto sufrirá pérdidas económicas y retrasos de obra si no se cuenta con un equipo de personal calificado, supervisores y disponibilidad de equipos y herramientas (Botero,2002).

2) Supervisión en obra:

Cuando se ejecuta un proyecto, se debe contar con un criterio definido de aceptación al momento de iniciar una actividad con el objetivo de no realizar cambios al momento de la ejecución; así mismo, una supervisión hacia el personal obrero debidamente capacitado

facilita que la productividad aumente en mayor grado, disminuyendo los trabajos que no agregan valor (Botero,2002).

3) Actividades de obra:

Para la ejecución de un proyecto, se requiere de un diseño adecuado y una planificación detallada y específica de las actividades que se realizarán en obra (Botero,2002). Según Mora (2012), presentar diseños complejos y realizar una planificación de forma inadecuada genera pérdidas y retrasos considerables en la producción.

4) Personal obrero:

El personal obrero presenta un rendimiento de acuerdo con su condición física y emocional (Botero, 2002). Un obrero, al igual que cualquier trabajador de obra, puede tener problemas personales que dificulten su desempeño en las actividades que ejecute; así mismo, cada obrero posee habilidades y conocimientos innatos o adquiridos por experiencia, los cuales se ven reflejados en su rendimiento (Botero, 2002).

5) El clima:

Antes de la ejecución de una obra, se debe considerar el estado del tiempo que se presentará debido a que este influye en la productividad; por ejemplo, puede afectar a los materiales que se utilizan para la construcción y afectar al rendimiento del personal obrera (Botero,2002).

6) Aspectos laborales:

Una obra presenta variación en la productividad cuando los aspectos laborales se llevan a cabo desde diferentes acciones (Botero, 2002). Por un lado, cuando la empresa realiza contrataciones a varios subcontratistas y ellos ejecutan la obra a destajo o tareas, las actividades que se realizan a destajo pueden generar un aumento de productividad; sin

embargo, debe controlarse la calidad del trabajo ejecutado (Botero, 2002). Por otro lado, el ambiente de trabajo y la seguridad para el personal obrero garantizan la efectividad en el rendimiento (Botero, 2002).

2.3.6. Curvas de productividad de la mano de obra

Según Buleje (2012), la curva de productividad es una gráfica que muestra los resultados de productividad de acuerdo con el tipo de actividad o partida que se realiza durante la semana y se relaciona el tiempo y el rendimiento de la mano de obra. De acuerdo con Botero (2002), el rendimiento de la mano de obra se define como la cantidad de obra realizada por una cuadrilla por unidad de recurso, usualmente se expresa como la relación de um/Hm (unidad de medida de la actividad por hora hombre).

2.4. Herramientas de planificación *Lean Construction*

2.4.1. *Lean Project Delivery System*

Durante mucho tiempo, los proyectos se han entendido en términos tradicionales de prediseño, diseño, adquisición e instalación. Algunas diferencias clave en la ejecución en relación con los proyectos *lean*, se pueden observar en la definición, relación y participantes en cada fase (Ballard y Howell, 2003).

Lean Project Delivery System, también conocido como Sistema de Entrega de proyectos *Lean*, toma lo mejor del *Integrated Project Delivery* y de la filosofía *Lean Construction*, permitiendo optimizar el valor para el cliente y reduciendo los residuos durante las etapas de diseño, fabricación y construcción. El principal objetivo del sistema es el desarrollo de teorías y herramientas que permitan la gestión de proyectos asertivamente. A través de ello, se abarca toda la vida del proyecto de construcción, uniendo a los interesados en un proceso de colaboración e integrando la fase de diseño y producción

(Porrás Díaz et al., 2014). Este modelo está conformado por 11 etapas agrupadas en 5 fases, y controladas por un ciclo de aprendizaje continuo.

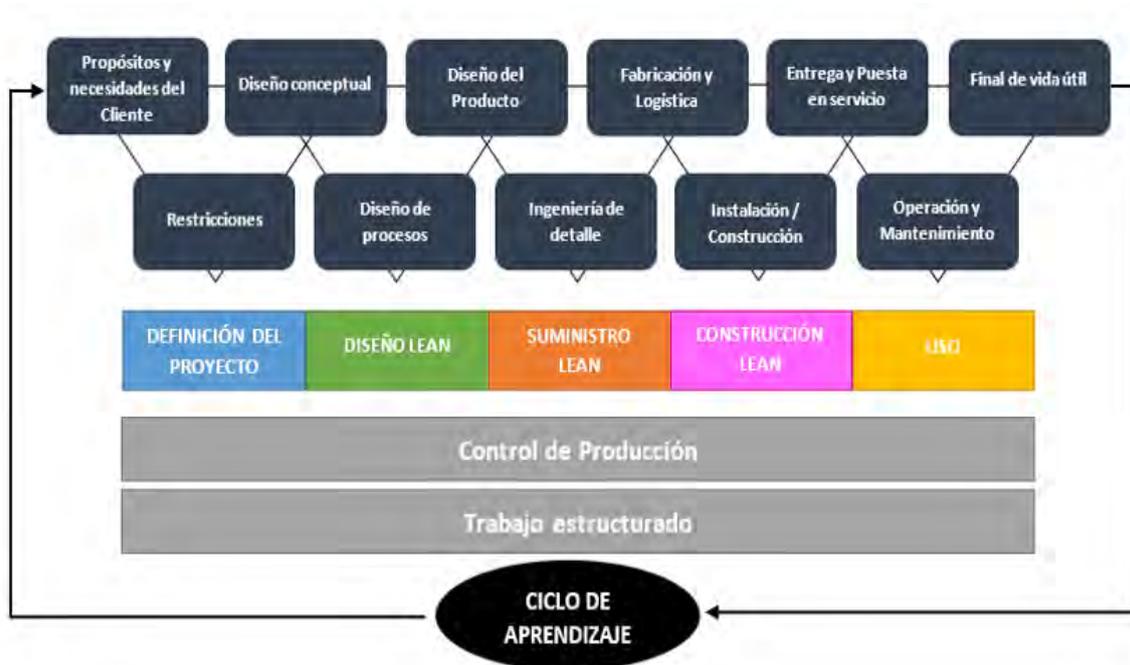


Gráfico 1. Fases y procesos del *Lean Project Delivery System*.

Adaptado de Ballard y Howell (2003).

1) Definición del proyecto

Es la primera fase del proyecto el cual comprende el análisis de propósitos y valores que el cliente y las partes interesadas definen, así como los criterios correspondientes al diseño y conceptos con el objetivo de cumplir con las expectativas del cliente. Cada uno de esos procesos llega a influir en el otro, por lo que es necesario una comunicación entre los distintos interesados (Ballard y Howard, 2003).

2) Diseño *Lean*

Fase en donde se desarrolla y propone el concepto del diseño según lo planteado en la fase anterior, proponiendo la participación de todos involucrados en el proyecto con el objetivo de obtener un diseño definitivo y producir una mayor eficiencia en el producto

(Florez, 2020). Así mismo, el proyecto puede regresar a la fase anterior si revela la existencia de oportunidades que pueden ser adquiridas; por ejemplo, existencia de tiempo y dinero suficiente (Ballard y Howard, 2003).

3) Abastecimiento *Lean*

Fase que consiste principalmente en la ingeniería, fabricación y logística de la compra de materiales y herramientas, y de gestión de entregas e inventarios (Porrás Díaz et al., 2014). Es importante esta fase debido a que una omisión o mala logística puede ocasionar problemas de planificación por falta o exceso de material (Porrás Díaz et al., 2014). También incluye iniciativas como reducción de tiempo de entregas de información y materiales que generalmente determinan el ritmo y tiempo de entrega del proyecto (Ballard y Howard, 2003).

4) Ensamblaje *Lean*

Fase que comienza con la entrega de materiales y la información relevante para su instalación o construcción. Este finaliza en el momento que el cliente se beneficia del producto final producido, lo cual ocurre comúnmente después de la puesta en servicio (Ballard y Howard, 2003).

5) Uso

Fase que incluye la entrega del proyecto, así como el mantenimiento y posteriores modificaciones que puedan existir (Florez, 2020).

2.4.2. Pull Planning

En los proyectos de construcción, frecuentemente se ha utilizado un sistema “*Push*”, dicho sistema se basa, principalmente, en una planificación de producción fija, en donde no se cuenta con una opinión de expertos e involucrados en el proyecto ni se tiene realmente la certeza de que este plan pueda ejecutarse completamente y sin imprevistos (Tiwari y

Sarathy, 2012). Una alternativa de solución para este problema es la aplicación de una Planificación *Pull* (también conocido como *Pull Planning*), el cual permite gestionar los proyectos de una manera más eficiente. El *Pull Planning* es una herramienta integral, clara y flexible, la cual ha sido implementada en el sistema *Last Planner* con el objetivo de ayudar a una mejor elaboración de la planificación de trabajo, permitiendo eliminar la sobreproducción y cumplir con los hitos establecidos (Tiwari y Sarathy, 2012).

La metodología *Pull* consiste en definir primero el entregable último por el cual se realiza la planificación. A partir de la determinación final del producto, se identifican las actividades predecesoras que intervienen para su elaboración. Con ello, se obtiene una imagen general de las actividades, restricciones y compromisos sobre la planificación realizada, la cual muestra al equipo las necesidades y solicitudes de los plazos de entrega de las actividades parciales que permitan cumplir con el objetivo final solicitado por el cliente (Pons y Rubio, 2019).

2.4.3. Takt Time Planning

Takt Time Planning es un método de estructuración del trabajo que permite realizar una planificación del proyecto adecuada y confiable, de manera que cuente con flujos equilibrados para las distintas actividades de las fases del proyecto y ayude a crear un entorno más práctico y estable para el sistema *Last Planner*. En este sentido, *Takt time* hace referencia a la unidad de tiempo dentro del cual se debe realizar el producto para que coincida con el tiempo estipulado (Frandsen y Berghede, 2014).

Introducir el *Takt time* en la construcción significa pasar de duraciones desiguales de tareas para cada actividad a una duración de tareas constante, manteniendo una tasa de producción que cumpla con los requisitos del programa maestro. Para lograr esto, para cada fase de la construcción, el proyecto se desglosa en áreas físicas (zonas) donde las tareas

pueden dedicar hasta una cierta cantidad de tiempo (el tiempo *Takt*) para completar sus elementos de trabajo (Frandsen et al., 2013).

2.4.4. *Last Planner System*

También llamado Sistema del Último Planificador, es una herramienta basada en la filosofía *Lean* y elaborada por Glenn Ballard en colaboración con Gred Howell, Mike Casten y Laurie Koskela, quienes contribuyeron con el desarrollo y aportes de información. En la tesis realizada por Ballard (2000), titulada “*The last Planner System of Production Control*”, se menciona que el sistema de producción puede llegar a ser incierto y variable cuando los entornos en donde se trabaja son dinámicos, generando una planificación poco confiable. Debido a ello, Ballard inició una investigación sobre cómo tomar las decisiones de planificación y cuál de ellas sería la mejor para un proyecto, dando origen al sistema *Last Planner*. Con el desarrollo del sistema, se implementaron procesos de control y criterios de calidad, generando así mayores niveles de producción.

Según lo mencionado, se comprende el *Last Planner* como un sistema integral, cuyo objetivo central es la planificación y control de la producción en las distintas etapas de la construcción. A diferencia de una planificación tradicional, que cuenta únicamente con una programación general de inicio a fin poco detallada y, por tanto, con mayores niveles de incertidumbre, el sistema *Last Planner* permite el control de los procesos constructivos en largo, mediano y corto plazo, integrando “lo que debe hacerse”, “lo que se puede hacer” y, posteriormente, “lo que se hará” (Pons y Rubio, 2019). Esta diferenciación se puede observar claramente según lo mostrado en el gráfico 2.

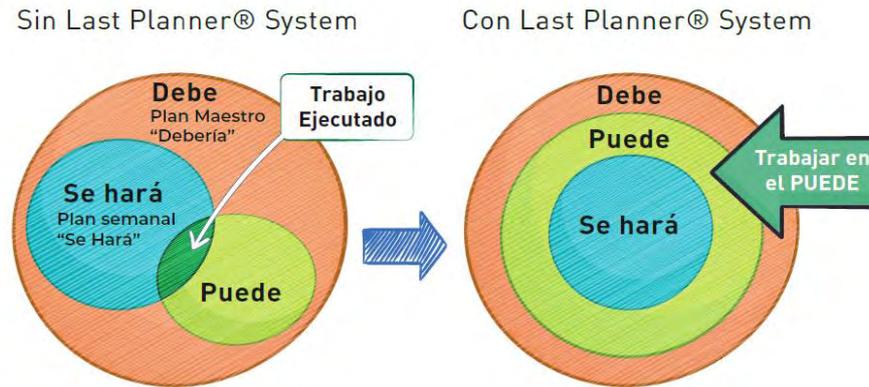


Gráfico 2. Esquema del DEBE – SE HARÁ – SE PUEDE.

Fuente: LEAN CONSTRUCTION y la planificación colaborativa

De esta manera, el sistema toma como punto de partida lo que se debería hacer según lo mostrado en la programación maestra y la planificación por fases, en donde se marcan los hitos principales de todo proyecto. Luego de ello, se realiza una programación intermedia (también conocido como *Lookahead*) correspondiente a las 4 a 6 semanas en donde se determinan las actividades que pueden hacerse. Finalmente, se pasa a una programación semanal en donde se determina lo que finalmente se hará (Orihuela y Ulloa, 2011). A continuación, se explica en la gráfica 3 la forma de la planificación del sistema *Last Planner*.



Gráfico 3. Proceso de planificación *Last Planner*.

Tomado de “*Last Planner*, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción: Estudio del caso de la ciudad de Medellín”, Botero y Álvarez (2005).

2.4.4.1. Planificación Maestra

Herramienta que muestra la planificación global no detallada de todas las distintas fases que envuelve el proyecto de construcción a realizar, donde se establecen los hitos principales que permitan cumplir con el alcance propuesto en concordancia a lo deseado por el cliente. Se logra una programación macro de todo el proyecto, el cual se encuentra sujeta a determinadas modificaciones y algunos ajustes según el estado de este (Orihuela y Ulloa, 2011).

2.4.4.2. Planificación por fases

Proceso en el cual, a partir del cronograma maestro establecido, se detallan las actividades que deben ejecutarse en cada fase que conforma el proyecto a través de la técnica *Pull Planning*. Este proceso debe darse con la participación todos los involucrados de la fase a planificar (Orihuela y Ulloa, 2011).

2.4.4.3. Planificación *Look ahead*

Forma de planificación que se abarcan las actividades que se proyectan realizar en un periodo de 4 a 6 semanas siguientes. De esta manera, se tiene como objetivo producir asignaciones liberadas y listas para poder programarse semanalmente (Orihuela y Ulloa, 2011). Así mismo, su objetivo principal es controlar el flujo de trabajo, entendiéndose como flujo a la coordinación entre diseño, proveedores, recursos humanos, información y requisitos previos que permitan a la cuadrilla cumplir con sus actividades (Véliz, 2014).

2.4.4.4. Planificación semanal

Es un programa de trabajo que contiene las actividades que se realizarán durante la semana, la cual se forma teniendo en cuenta lo mostrado e indicado en el intervalo de trabajo ejecutable. Se entiende por intervalo de trabajo ejecutable (ITE) a las tareas que tienen una mayor probabilidad de ser ejecutadas, han pasado por un proceso de revisión y,

por tanto, se encuentran libres de restricciones para su ejecución inmediata (Porras Díaz et al., 2014). Para la selección de las actividades y asignaciones que entrarán a la programación general, es necesario tener en consideración la importancia, la secuencia de trabajo y los recursos necesarios en campo para llevar a cabo dicha actividad (Orihuela y Ulloa, 2011).

2.4.4.5. Análisis de restricciones

Luego de la identificación de las tareas que conforman el plan intermedio (también conocido como planificación *Look ahead*), es importante asegurar que estas se encuentren libre de restricciones. Para ello se debe filtrar la información que entra a la planificación intermedia (mediante la revisión del estado de tareas) y definir las acciones a realizar que eliminaran las restricciones de la actividad según el tiempo planeado (Porras Díaz et al., 2014).

Ello se logra a través del cumplimiento de dos etapas: en primer lugar, por medio de la revisión del estado de tareas con el objetivo principal de filtrar la información que entra a la planificación intermedia. En segundo lugar, por medio de la preparación de restricciones, en donde se definen las actividades tomadas para la remoción de restricciones que permitan iniciar la actividad según el tiempo planeado (Porras Díaz et al., 2014).

El análisis de restricciones se basa en la identificación de trabas o impedimentos que no permiten el desarrollo pleno de las actividades en obra o que puedan llegar a retrasarlas. De esta forma, al realizar dicho análisis, se logra alcanzar un conjunto de actividades y tareas que pueden ser ejecutables y están listas para ser programadas (Herrera y Sánchez, 2016).

Así mismo, para que el análisis de restricciones se cumpla su objetivo, es necesario que los proveedores de los bienes y servicios lleguen a administrar de manera efectiva la producción y entrega, proporcionando una advertencia temprana en caso de surgir algún tipo de problema. Con ello se logra un mejor control sobre el flujo del trabajo (Ballard, 2000).

2.4.4.6. Planificación diaria

Programación también conocida como tareo, la cual permite un balance en la capacidad de producción de las cuadrillas en relación con el tamaño de trabajo asignado. A través de este plan, se muestran las actividades correspondientes a la jornada del día. Así mismo, sirve como un documento formal por parte del ingeniero de campo para establecer las actividades del día que se deben realizar (Buleje, 2012).

2.4.5. Nivel General de Actividades (NGA)

Es una herramienta *Lean* que permite determinar el trabajo no contributorio en todas las actividades generales de obra de forma gráfica, obteniendo los porcentajes de trabajos productivos (TP), contributorio (TC) y no contributorio (TNC). De esta manera, permite analizar y mejorar el avance de las actividades de obra, verificando que las cuadrillas se encuentren dimensionadas adecuadamente y corregir el flujo de trabajo (Flores, Ramírez, Rivera, 2018).

De acuerdo con Guzmán (2014), el trabajo productivo es una actividad que aporta valor a producción; el trabajo contributorio es aquel trabajo que complementa en la ejecución del trabajo productivo y el trabajo no contributorio es la actividad que causa las pérdidas y retrasos en la obra y es el trabajo que todas las empresas constructoras buscan reducir o eliminar.

2.4.6. Carta balance

Según el artículo de Serpell (1990), la carta balance es un gráfico de barras verticales la cual muestra el tiempo y los recursos que participan en cierta actividad de estudio, a la cual se le asigna una barra a cada uno de ellos.

De esta manera, esta herramienta *Lean* tiene como objetivo analizar la eficiencia del procedimiento y modo constructivo utilizado para conseguir un trabajo más inteligente a través de la reasignación de tareas entre los distintos miembros y/o la modificación del tamaño del grupo que conforma la cuadrilla.

2.4.7. Porcentaje de Planificación Cumplida

Luego de la elaboración de la planificación semanal, la aplicación del sistema *Last Planner* incluye la medición del cumplimiento de lo programado según el plan mediante el concepto de porcentaje de planificación cumplida (PPC). A través de esta medición, se compara lo que se planteó realizar al inicio de la semana en relación con lo que se hizo en obra (Porrás Díaz et al., 2014). En síntesis, el PPC es la relación en porcentaje de las actividades cumplidas y las planificadas, y se puede expresar de la siguiente manera.

$$\text{PPC (\%)} = \frac{\text{Actividades cumplidas}}{\text{Actividades planificadas}} * 100 \dots \text{Ecuación(IV)}$$

De esta forma, el PPC permite medir la efectividad y confiabilidad de la programación y, posteriormente, realizar un análisis respecto a las razones de su no cumplimiento. Este análisis permite determinar las razones que se repiten comúnmente, procediendo a corregirlas en las semanas siguientes como un proceso de retroalimentación semanal (Orihuela y Ulloa, 2011).

2.4.8. Porcentaje de cumplimiento de restricciones

Indicador referente al sistema *Last Planner* que refleja la confiabilidad de la responsabilidad sobre los involucrados en el proyecto; este es calculado como el porcentaje de la razón entre la suma del número de restricciones que se han liberado en este corto periodo de tiempo de análisis más lo que ocurrió en un periodo anterior, entre el total de restricciones que se encuentra dentro de corto plazo actual (Letelier, 2014).

$$\text{PPC (\%)} = \frac{A + B}{C} * 100 \dots \text{Ecuación(V)}$$

Donde:

A = N° restricciones liberadas un periodo del corto plazo, cuya fecha de liberación se encuentra dentro del periodo del corto plazo actual.

B: N° restricciones cuya fecha comprometida de liberación está dentro del periodo de corto plazo actual, cuya fecha de liberación se realizó en un periodo anterior.

C: Total de restricciones, cuya fecha de liberación se encuentra dentro del corto plazo actual

2.4.9. *Big Room*

El *Big Room*, también llamado por su palabra en japonés como *Obeya*, es un concepto utilizado por Toyota, la cual refiere a una práctica de equipos multidisciplinarios en un mismo lugar con el objetivo de mejorar la creatividad y comunicación durante la elaboración de diseños automovilísticos. En el sector de la construcción, *Big Room* se define como un lugar donde se realizan reuniones de planificación colaborativa, permitiendo varios beneficios al proyecto (Pons, 2019).

- Permite llevar a cabo una planificación colaborativa, contribuyendo con el análisis de las limitaciones y reduciendo desperdicios y posibles retrabajos.

- Mejora la comunicación entre todos los miembros, permitiendo tener acceso a información actualizada y promoviendo la transparencia.
- Genera un aumento drástico en la frecuencia y calidad de las interacciones entre las personas, logrando que los problemas puedan ser identificados y resueltos rápida y eficazmente.
- Los responsables de toma de decisiones participan en las reuniones de planificación colaborativa, contribuyendo a obtener mejores decisiones e incrementando la creatividad.
- Fomenta el entendimiento común de valores, objetivos y estatus del proyecto, llegando a fortalecer las relaciones con cada miembro del equipo.

2.4.10. Tablero Kanban

El Kanban es una técnica de gestión en la producción desarrollado por Toyota el cual tiene como principal objetivo minimizar el *work in progress*. De esta manera, Kanban permite que el proceso siguiente fabrique partes, solo si el proceso anterior las necesita (Jiménez, 2019).

Su nombre proviene de la palabra kan (visual) y ban (tablero). Así mismo, el Kanban forma parte de la filosofía *just in time*, sistema que tiene como principio producir lo requerido cuando este sea necesario, sin desaprovechar ningún recurso, con la calidad establecida y que permita satisfacer la demanda en el tiempo requerido. Sin embargo, para implementar este tipo de filosofía es necesario aplicar un sistema de control *Pull*. En este método se hace uso de un tablero con el objetivo de que el equipo y los involucrados en el proceso puedan visualizar todo el flujo, evitando conseguir algún posible cuello de botella o saturación que impida la entrega del proyecto (Jiménez, 2019).

2.4.11. Diagrama de flujos

El diagrama de flujo puede definirse como una forma sencilla de representación gráfica sobre un determinado proceso, en donde se muestra de forma secuenciada una serie de actividades que permiten su desarrollo para darle solución a un problema. Esta representación permite entender de mejor manera las partes y funcionamiento de cualquier proceso (Cairó, 2006).

Estos diagramas poseen símbolos, los cuales permiten estructurar una solución al problema de manera gráfica. Los diagramas de flujo son una de las principales herramientas de esquematización, análisis y mejora de procesos, los cuales también pueden aplicarse en el ámbito de procesos constructivos. Tiene como objetivo mostrar el punto de partida del proceso analizado, mostrar todas las actividades realizadas, mostrar las diferentes decisiones que se hacen, determinar los resultados y el momento en que termina el proceso (Cairó, 2006).

2.4.12. Circuito Fiel

El circuito fiel es un proceso que permite validar la secuencia propuesta en el tren de actividades realizado. Esto se logra a través de un análisis en el recurso humano necesario para la finalización de los trabajos en el tiempo programado, calculando el número exacto de la mano de obra necesario para poder realizar las actividades y garantizar un nivel de productividad promedio. Así mismo, para un desarrollo adecuado, es necesario realizar un listado de las actividades donde se necesite el recurso humano para su elaboración, una secuencia empleada para la realización de la actividad, datos de rendimiento y costo empresa promedio de la mano de obra (Guzmán, 2014).

2.4.13. Lecciones aprendidas

Las lecciones aprendidas pueden definirse como el conocimiento adquirido luego de analizar una experiencia negativa o positiva en un proyecto. De esta forma, permite identificar los factores de éxito en futuros proyectos, buscar deficiencias durante su ejecución, resolver problemas, mejorar la toma de decisiones y, sobre todo, ahorrar tiempo y dinero. Con ello, las personas que en el futuro podrán consultar el registro de lecciones aprendidas, mostrando las prácticas que se deben repetir y las que no se deben repetir (López, 2021).

Su metodología se basa en tres etapas que permiten la identificación de lecciones, se emplea un consenso para determinar si las prácticas del proyecto son en realidad lecciones aprendidas, posteriormente documentándose en el registro de lecciones aprendidas. Esta metodología se puede observar en la gráfica 3 mostrada a continuación.



Gráfico 4. Metodología de lecciones aprendidas para proyectos.

Adaptado de López (2021)

2.4.14. Gemba Walk

Gemba Walk, cuyos términos podrían traducirse de manera conjunta como “caminata en el lugar real”, es una herramienta *Lean* creada por Taiichi Ohno. Tiene como propósito enfocar la atención y hacer mejoras en el campo o lugar de producción (Saenz-

Cortabarría, 2018). De esta manera, los líderes a cargo del proyecto observan y realizan preguntas sobre los procesos para entender cómo se desarrollan (Alvarez, 2022).

Esta herramienta contempla tres elementos fundamentales:

Ver y mirar. - La caminata Gemba permite a los líderes del proyecto reconocer los lugares en donde se están realizando trabajos, logrando identificar posibles actividades que lleguen a generar desperdicios

Realizar preguntas. - Uno de los objetivos principales es conocer el flujo de las actividades de forma detallada, así como identificar los sectores en donde pueda existir problemas en el flujo productivo. Ello se logra a través de preguntas y consultas constantes al personal obrero.

Mostrar respeto. - Esta herramienta no busca encontrar culpables, sino realizar un trabajo colaborativo entre el personal supervisor y obrero, a fin de detectar problemas en las actividades que se van desarrollando.

2.4.15. Work Structuring

La finalidad del *Work Structuring* es realizar un desglose del proyecto en sectores más pequeños y equivalentes para identificar las actividades con mayor precisión e indicar los hitos principales. Además, facilita que las actividades puedan ser realizadas con mayor facilidad y calidad, logrando un producto final adecuado para el cliente (Frandsen, 2019). Se debe realizar el balance de las actividades a ejecutar de acuerdo a la tasa de producción, debido a que, al presentarse variación entre la tasa de producción, en cada zona se vuelve variable y complejo la ejecución del proyecto (Frandsen, 2019).

2.5. Clasificación según guía del PMBOOK

La Guía del PMBOOK sexta edición (2017), clasifica los distintos procesos que intervienen en la generación del producto en grupos para la dirección con el objetivo de

alcanzar los objetivos específicos del proyecto. Estos grupos son independientes de las distintas fases del proyecto, teniéndose las siguientes categorías:

- Grupo de Procesos de Inicio
- Grupo de Procesos de Planificación
- Grupo de Procesos de Ejecución
- Grupo de Procesos de Monitoreo y Control
- Grupo de Procesos de Cierre

Así mismo se definen áreas de conocimiento, el cual describe los procesos, prácticas, salidas y herramientas técnicas que la conforma. Una de estas áreas de conocimiento hace referencia a la gestión del Alcance del Proyecto, el cual incluye los procesos requeridos para que el proyecto contenga el trabajo necesario y solo el necesario con el fin de completarlo exitosamente (PMBOOK, 2017).

Tabla 2. *Procesos clasificados en grupos relacionados al área de Gestión del cronograma del proyecto.*

Área de conocimiento	Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos				
	Grupo de procesos de inicio	Grupo de procesos de Planificación	Grupo de procesos de Ejecución	Grupo de procesos de Monitoreo y Control	Grupo de procesos de Cierre
Gestión del cronograma del proyecto		<ul style="list-style-type: none"> • Planificar la gestión del cronograma • Definir las actividades • Secuenciar las actividades • Estimar la duración de las actividades • Desarrollar el cronograma 		<ul style="list-style-type: none"> • Controlar el cronograma 	

Adaptado de PMBOOK 6ta edición.

3. METODOLOGÍA

3.1. Diseño de investigación

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque cualitativo y un enfoque cuantitativo. Así mismo, muestra un proceso descriptivo y un diseño no experimental transversal.

En una primera etapa, la investigación se desarrolla desde un enfoque cualitativo ya que se realiza en base a conceptos teóricos previamente estudiados y recopilados a partir de búsqueda bibliográfica sobre el tema. Adicionalmente, se obtiene y recopila información de datos reales a través de entrevistas a expertos en el tema de la productividad de la mano de obra para la validación de variables relacionadas a conceptos y herramientas de la planificación, seguimiento y control en la obra. De acuerdo con Sarduy (2007), una investigación basada en el enfoque cualitativo se realiza bajo condiciones estructuradas y con mayor certeza para un análisis profundo de la realidad y de los datos. En una investigación cualitativa los investigadores se enfocan en describir las variables encontradas y en realizar un análisis profundo para obtener conceptos claves de un carácter creativo y dinámico (Sarduy, 2007). Hernández et al. (2010) indican que una investigación cualitativa conlleva en la recolección de datos no numéricos para analizar y afinar las preguntas de investigación formuladas. En un análisis cualitativo, las preguntas de investigación formuladas para la validación con expertos en el tema en estudio se realizan durante o después de recolección y análisis de datos (Hernández et al., 2010). Esta acción se realiza para obtener información de cuáles son las variables más importantes de la investigación y, posteriormente, afinarlas para un adecuado proceso.

En la siguiente etapa, la investigación se desarrolla bajo el enfoque cuantitativo, mediante la realización de mediciones de flujos a través del uso de carta balance y Nivel

General de Actividades (NGA). Con ello, se busca realizar un estudio de la productividad de la mano de obra en estudio. Hernández et al. (2010) indican que el enfoque cuantitativo es una herramienta de recolección de datos para validar la hipótesis planteada en la investigación. Con las mediciones se obtienen datos numéricos que son analizados utilizando métodos estadísticos con el fin de establecer una serie de conclusiones del tema de investigación.

De igual forma, Sarduy (2007) menciona que una investigación cuantitativa estudia la relación de variables que se han medido y cuantificado para luego interpretarlos mediante análisis estadísticos. Además, hace mención que un estudio desde el enfoque cuantitativo es muy potente en términos de validez de datos, puesto que muestra un resultado compactado que permiten una precisión total (Sarduy, 2007).

El alcance de esta investigación es descriptivo, debido a que describe la forma de obtención de datos cualitativos y cuantitativos para el análisis de la productividad de la mano de obra en una edificación de Lima Metropolitana. Una investigación descriptiva tiene como propósito detallar las características, las propiedades y perfiles de los grupos, personas, procesos, objetos u otro distinto fenómeno que orienta a un análisis de información recopilada; además, es útil para obtener mayor precisión de las acciones y sucesos que ocurren en el contexto actual orientado al tema de investigación (Hernández et al., 2010).

El diseño de la investigación es de tipo no experimental transversal, puesto que no se manipulan los datos y la recolección de datos se realiza en una etapa definida de la ejecución de la obra en estudio. Una investigación no experimental es definida como una investigación que se efectúa sin manipular de forma deliberada las variables (Hernández et al., 2010). Así mismo, es un estudio en el cual no hay variación de datos de forma intencionada para ver su efecto para otras variables, lo que se busca es observar los fenómenos tal como suceden en su contexto natural, para luego analizarlos (Hernández et al., 2010).

Además, Hernández et al. (2010), mencionan que el diseño de una investigación transversal se centra en recolectar datos en un periodo seleccionado. El objetivo de un estudio transversal es explicar las variables y analizar su incidencia e interacción en un momento establecido.

3.2. Instrumento

Para la obtención de datos cualitativos, se hace empleo, principalmente de entrevistas a expertos en el tema de construcción de edificaciones y que, además, tengan algunos conocimientos sobre la filosofía *Lean Construction*. Según Hernández et al. (2010), una entrevista se define como una reunión de intercambio de información entre el entrevistado y el entrevistador; para ello, las preguntas formuladas deben estar estructuradas de forma adecuada, pero no es usual que se encuentren estructuras; por ello, el entrevistado debe un experto en el tema y altamente calificado. De esa manera, el entrevistado hace mención de recomendaciones para clasificar las variables definidas.

Para la obtención de datos cuantitativos, se utilizan las herramientas de carta balance y Nivel General de Actividades para la medición de los flujos de trabajo que se producen en la obra en estudio. Para el análisis de estos datos obtenidos se utilizan programas de cálculo y programas de planificación como el Excel y MS Project, respectivamente. De acuerdo con los programas mencionados, los datos obtenidos se analizan a través de gráficos, cuadros estadísticos, entre otros.

3.3. Procedimiento de investigación

Desde un enfoque cualitativo, la investigación planteada empieza con la búsqueda de información a través de la revisión de artículos, tesis, revistas y otras investigaciones planteadas que permitan obtener información sobre los principales factores que influyen dentro de la productividad. Después de identificar estos factores según base teórica, se procede a realizar entrevistas a expertos en el tema de estudio con el objetivo de obtener su opinión y validación respecto a los factores considerados preliminarmente. Así mismo, se realizan entrevistas al *staff* de obra del proyecto de estudio y un análisis de estas con el objetivo de determinar qué herramientas y factores se han considerado y cuáles aplicarse en dicho proyecto. Desde un enfoque cuantitativo, se realizan mediciones de flujos a través del uso de Carta balance y Nivel General de Actividades. Previamente, se han seleccionado dos procesos constructivos de la obra en estudio: colocación de acero en muros y encofrado de muros. Para realizar las mediciones se ha definido, con una previa coordinación con la empresa encargada de la obra, que la toma de datos se llevará a cabo a través de tres a cuatro días por semana durante los meses de junio a julio de 2022.

Las visitas que se realizan son coordinadas y permitidas por el ingeniero responsable del proyecto. Así mismo, las mediciones se realizan mediante el uso de formatos establecidos y de grabaciones audiovisuales con la finalidad de tener un análisis de datos que permitan clasificar los tipos de trabajo que se generan dentro de la productividad en obra. Finalmente, con la recopilación de información y análisis realizados, se plantea un plan de mejora para la productividad de la mano de obra validada a través de expertos en el tema. El procedimiento metodológico que sigue la investigación de tesis se encuentra descrito en el Gráfico 5.

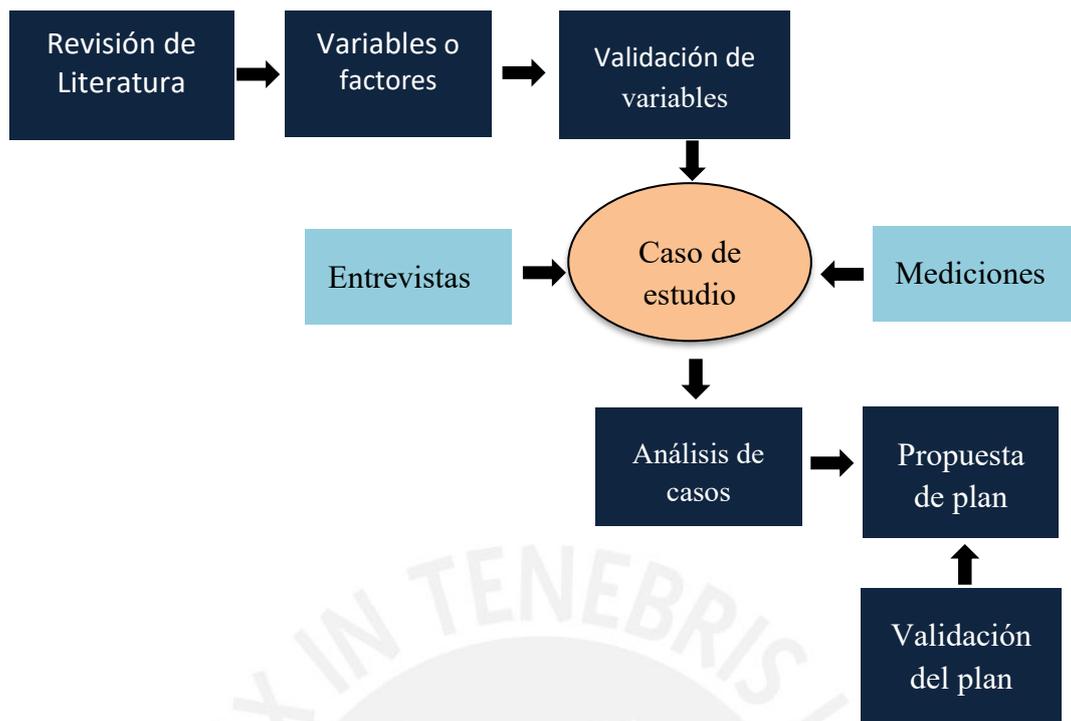


Gráfico 5. Procedimiento metodológico de la investigación.

Fuente: Elaborada por los autores.

3.4. Validación de expertos

3.4.1. Perfil de expertos

En esta etapa de la investigación se realiza la validación de las variables que influyen dentro de la productividad de la mano de obra. Para ello, se realiza una entrevista a expertos en temas de construcción de edificaciones. Estos expertos cuentan con un perfil altamente calificado y con experiencia en trabajo de construcción de edificaciones de más de 8 años.

En la siguiente tabla se muestra información sobre el perfil de cada uno de los entrevistados y los años de experiencia que cada uno de ellos tiene actualmente en proyectos de construcción de edificaciones en edificios multifamiliares. A cada experto se le ha asignado un código de reconocimiento con el propósito de realizar un análisis y una comprensión más ágil.

Tabla 3. *Tabla de datos de los expertos en el tema de construcción de edificaciones.*

CÓDIGO	PERFIL DEL ENTREVISTADO PARA VALIDAR VARIABLES	AÑOS DE EXPERIENCIA
Exp.01	Magíster en Administración (Escuela de administración de negocios para graduados) e Ingeniero Civil (Pontificia Universidad Católica del Perú)	> 30 años
Exp.02	Magíster en Dirección de la Construcción (Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas) e Ingeniero Civil (Universidad Peruana Los Andes).	> 10 años
Exp.03	Gerente General Empresa WOLDAN e Ingeniero Civil (Universidad Nacional Federico Villarreal)	>18 años
Exp.04	Magister en Dirección de la Construcción (Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas), Máster en Dirección de la Construcción (Universidad Europea de Madrid), Diplomado Internacional de Logística y Operaciones en ESAN, Estudios de Diploma en Derecho de la Construcción de la UPC, Diplomado en Gerencia de empresas constructoras e Inmobiliarias UPC, Ingeniero Civil (Pontificia Universidad Católica Del Perú)	>9 años
Exp.05	Ingeniero Residente en los últimos proyectos de edificios multifamiliares. Ingeniero Civil (Universidad Nacional de Ingenieros)	>10 años

Fuente: Elaborada por los autores.

3.4.2. Entrevista de expertos

Por medio del uso del servicio de videoconferencia *Zoom*, se realiza la entrevista a cada experto presentándole a cada uno de ellos un cuadro con una serie de factores y herramientas que influyen en la productividad de la mano de obra según la recopilación bibliográfica previamente obtenida. Estos factores y herramientas se encuentran agrupados

en distintos procesos que, a su vez, fueron clasificados en dos grandes etapas para la ejecución del proyecto: Planificación y Seguimiento y control.

Tabla 4. *Formato de entrevista a experto en temas de construcción y edificaciones.*

Sección	Procesos	Factores y Herramientas
Planificación	Desarrollo cronograma	<i>Pull Planning</i>
		<i>Takt time Planning</i>
		<i>Look ahead</i>
		Plan semanal
		Plan diario
		Análisis de restricciones
	Desarrollo de presupuesto	Presupuesto de la mano de obra
		Estructura de control de la mano de obra
	Dimensionar recursos	Materiales y equipos modernos
		Dimensionamiento de cuadrillas
		Estímulos e incentivos
	Desarrollar procedimientos	Revisión de diseño
Procedimiento de trabajo		
Diagrama de flujos		
Seguimiento y Control	Determinar cumplimiento	Porcentaje de planificación cumplida (PPC)
		Causas de Incumplimiento (CI)
	Medir indicador de productividad	Reporte de IP
	Medir flujos de trabajo	Carta Balance
		NGA
	Definir plan de mejora continúa	<i>Big Room</i>
		Escenarios virtuales
		Tableros Kanban
Plan de reunión semanal		

Fuente: Elaborada por los autores a partir de la literatura.

Las entrevistas que se realizan a los expertos tienen un formato semiestructurado; es decir, se han establecido una base de preguntas a realizar hacia cada uno de los entrevistados, el entrevistador está permitido en poder realizar preguntas adicionales según los comentarios que cada experto realiza al referirse a los factores y herramientas establecidos en el formato de entrevista. De esta manera, se busca que, a través de la repregunta, se pueda obtener

información adicional y más profunda sobre; por ejemplo, si realmente se aplican herramientas *Lean* en los proyectos de construcción actualmente, motivos por el cual se realiza o no, qué piensa sobre dicho factor o herramienta, etc. Los objetivos de la entrevista son:

En primer lugar, determinar qué tan de acuerdo el experto está en la consideración o uso de cada factor o herramienta mostrada durante la entrevista y obtenida según fuentes y datos recopilados. Esta determinación se realiza en base a la escala de *Likert*.

En segundo lugar, establecer qué factores y herramientas pueden obviarse por no ser realmente importantes en la ejecución de un proyecto de edificación multifamiliar.

En tercer lugar, obtener información sobre factores y herramientas que se pueden añadir a las ya propuestas y que los expertos creen que, según los años de experiencia en construcción, son un beneficio para la productividad de la mano de obra.

En cuarto lugar, obtener información sobre qué tan difundido se encuentra la metodología *Lean Construction* en nuestro país y cuáles pueden ser las barreras o limitaciones por las cuales se aplica o no en las empresas constructoras.

El formato resumen de las entrevistas pueden observarse en el **anexo B**.

3.4.3. Resultados de la validación de expertos.

Luego de realizar la entrevista a los expertos en el tema de factores que influyen en la productividad de la mano de obra, se ha elaborado un resumen con los resultados y comentarios que cada uno de ellos ha hecho. Las transcripciones de la entrevista, donde se presenta a detalle lo que cada entrevistado dijo, pueden leerse a través del siguiente enlace.

TRANSCRIPCIONES A EXPERTOS:

https://drive.google.com/drive/folders/1r5_6LVa-EjWuPhFLApWPc5bOQjrRjY3t?usp=sharing

Resultado de la entrevista – Exp.01

Respecto al planeamiento de obra, el experto se muestra de acuerdo con casi todas herramientas mostradas al momento de realizar el cronograma, comentando que todas estas deberían realizarse (*Pull Planning, Takt Time Planning, Look ahead, Plan semana, Plan diario y análisis de restricciones*). Sobre el **uso del plan diario, menciona que es más complicado de realizar ya que se necesita mayor burocracia en obra**, y se muestra “ni en acuerdo ni en desacuerdo” sobre su uso.

En el siguiente proceso, menciona que el desarrollo del presupuesto de la mano de obra debe realizarse; sin embargo, establecer una estructura de control de mano de obra no tendría mucho sentido realizarlo. Sobre los factores y herramientas mostrados al momento de dimensionar recursos, está de acuerdo en los tres factores y elementos mostrados. Sobre la revisión de diseños previo a su ejecución, el experto menciona que en construcción realmente no se revisan los diseños, ya que no hay el tiempo suficiente para poder realizarlo. A pesar de que no se da, el entrevistado menciona que sí se debería realizar en la realidad. Sobre “establecer un procedimiento de trabajo” está totalmente de acuerdo. Por otro lado, menciona que el uso del diagrama de flujo se da muy poco; por tanto, no está ni en acuerdo ni en desacuerdo sobre su uso. Adicionalmente, menciona que **una herramienta sencilla y entendible para utilizar sería el uso de diagramas de Gantt**.

Respecto al seguimiento y control, se muestra de acuerdo con la aplicación y determinación de porcentaje de planificación cumplida (PPC) y las causas de incumplimiento (CI). De igual forma, se muestra de acuerdo con el uso del reporte de IP a pesar de que, **en toda su experiencia, nunca ha estado en un proyecto donde se hagan dichos reportes**. También se muestra de acuerdo en el uso de la carta balance y el nivel general de actividades (NGA), a pesar de que **nunca ha visto su uso en algún proyecto ni**

en la política de alguna empresa utilizar estas dos herramientas. Sobre las herramientas para la mejora continua del proyecto, se muestra de acuerdo con las expuestas.

Finalmente, respecto a las limitaciones del uso de las herramientas expuestas en la entrevista, el experto menciona que son muy pocas las empresas que lo hacen ya que **no tienen el nivel profesional ni el conocimiento necesario para poder manejarlas.** También comenta que **el nivel de improvisación en los proyectos es elevado, inclusive en buenas empresas.** En un ambiente donde tienes que reducir costos y tiempos, no quedan holguras ni fondos suficientes como para poder innovar o invertir. Por ello, **la innovación en la construcción demora décadas en posicionarse.**

Resultado de la entrevista – Exp.02

De acuerdo con su experiencia en construcción de edificaciones, el experto, detalla su conocimiento sobre las herramientas que se suelen utilizar para la planificación en una obra. El experto detalla que la planificación de un proyecto se lleva a cabo a partir de diferentes procesos los cuales están enfocadas en el desarrollo de cronograma, desarrollo de presupuesto, dimensionamiento de recursos y el desarrollo de procedimiento.

Dentro del desarrollo de cronograma, el experto menciona que las herramientas que se aplican de manera secuencial son las herramientas como el *Look ahead*, el plan semanal y el plan diario. En primer lugar, la herramienta *Look ahead*, se desarrolla para luego proceder a aplicar la herramienta de plan semanal en el desarrollo de la ejecución de una obra y al final como una herramienta adicional se suele aplicar el plan diario. Luego, la herramienta de análisis de restricciones da el punto de partida para poder dar inicio a las diferentes actividades que se va a realizar en la ejecución de la obra. También comenta que las herramientas *Pull Planning* y el *Takt Time Planning* se suelen utilizar en el desarrollo de cronograma, pero **estas herramientas son de poco uso** centrándose más en la ejecución

de obra en campo. Asimismo, comenta que como una herramienta o una metodología adicional para desarrollar cronograma **es recomendable realizar un análisis de rendimiento en campo** (análisis visual) y no solo de manera escrita.

En cuanto al desarrollo de presupuesto, el experto menciona que, como una etapa previa a la ejecución de una obra, se realiza el proceso de análisis de presupuesto de mano de obra, desde diferentes partidas, rendimientos y los tipos de subcontratos que se van a realizar. Por otro lado, el desarrollo de presupuesto durante la ejecución de obra se realiza a partir de la herramienta de control de calidad de mano de obra. El desarrollo de control de calidad de mano de obra varía en los datos definidos antes de la ejecución de la obra, lo cual es el desarrollo de presupuesto; por ejemplo, el valor del rendimiento de un personal obrero varía de acuerdo con los diferentes factores que se presenten en obra.

Además, el experto comenta que se debería añadir un factor como base para el desarrollo de presupuesto, **un cuadro de análisis de rendimiento de obra**. Este proceso consiste en realizar un reporte de rendimiento de un proyecto relacionado al proyecto que se va a ejecutar. Las datas que se utilicen como referencia facilitan la determinación del rendimiento. La determinación del rendimiento es importante, puesto que de ello depende el precio.

Para el dimensionamiento de recursos para la ejecución de una obra, el experto comenta que, se debe definir y disponer de materiales, equipos y personal. El análisis de dichos recursos es primordial en las diferentes edificaciones que se realicen. Sin embargo, dimensionar recursos dentro del uso de incentivos para la ejecución de obra, no es apto para las empresas constructoras que trabajan con subcontratos. Sin embargo, esta actividad se realiza de acuerdo con el tipo de empresa constructora y depende del seguimiento de control de calidad de obra. Por otro lado, como una herramienta que complementa en el

dimensionamiento de recursos, se debería realizar **la sectorización de las diferentes actividades** que se van a realizar y el análisis de precios unitarios.

En el desarrollo del proceso de ejecución de obra, el experto comenta que la revisión de diseño de todas las especialidades que requiera la obra para su ejecución se realiza antes y durante la ejecución. Se realiza la revisión antes de la ejecución, puesto que requiere de la aprobación de estos diseños por parte de la municipalidad. Durante la ejecución en obra, la revisión se realizaría desde dos diferentes perspectivas; por un lado, como una **actividad tradicional**, lo cual consiste en realizar la revisión en conjunto con el *staff* de obra conformado por el Ingeniero residente, Ingeniero de campo y el maestro de obra; por otro lado, como una actividad más metodológica, mediante el uso de la **metodología BIM** en conjunto con el uso del programa Revit. El procedimiento de trabajo se relaciona con la realización de diagrama de flujos para que esto se lleve a cabo, por ello, estos dos factores se consideran como una sola herramienta de uso para la ejecución de un proyecto.

De acuerdo con su experiencia en construcción de edificaciones, el Exp.2, detalla su conocimiento sobre las herramientas que se suelen utilizar para seguimiento y control en obra. El experto aprueba que, para un buen seguimiento y control, para determinar el cumplimiento de las actividades que se están realizando, se realiza aplicando las herramientas de Porcentaje de Planificación Cumplida (PPC) y analizando las Causas de Incumplimiento (CI). Por otro lado, también menciona estar totalmente de acuerdo que, para la medición de la productividad, se realice mediciones para reporte de índices de productividad. Dentro de la medición de flujos de trabajo, el experto menciona que está totalmente de acuerdo con el uso de la herramienta carta balance, para la medición de este proceso y está de acuerdo con el uso de la herramienta de NGA como una herramienta adicional para la medición de flujos. Al final, para definir un plan de mejora continua, el

experto menciona que está totalmente de acuerdo con el uso de las herramientas escenarios virtuales y las reuniones semanales; además comenta que la herramienta de *Big Room* es lo ideal para ser aplicada para analizar un plan de mejora continua, al igual la herramienta de tableros Kanban en ocasiones necesarias se suele utilizar. Al final comenta sobre **una herramienta adicional o complementario, que las reuniones diarias como las charlas al personal sería apto de realizar.**

Resultado de la entrevista – Exp.03

Respecto al planeamiento, el experto menciona estar de acuerdo con las distintas herramientas que se presentaron para el desarrollo del cronograma, enfatizando la importancia del análisis de restricciones en cada una de ellas. Así mismo, afirma que, **si no se tiene un análisis de restricciones claro, es posible que los tiempos de obra se compliquen, generando retrasos.** También, menciona el uso del cronograma maestro, los cuales muestran los hitos más importantes de un proyecto. En las herramientas mostradas para el desarrollo del presupuesto, está de acuerdo en establecer un presupuesto adecuado, pero no ve la necesidad de establecer una estructura de control. Esta última podría aplicarse dependiendo de la magnitud de la obra, pero **en edificios multifamiliares, bajo su experiencia, tendría un uso casi inexistente.** Respecto al dimensionamiento de recursos, está de acuerdo con los factores y herramientas utilizados. Menciona que es importante realizar una sectorización adecuada para, posteriormente, establecer un dimensionamiento de cuadrillas óptimo que permita cumplir la programación establecida en el *Look ahead*. Respecto a los estímulos e incentivos, menciona que es un factor básico que permite un avance de actividades programadas en menor tiempo.

Sobre el desarrollo del procedimiento, está totalmente de acuerdo con la revisión de diseños y con establecer un procedimiento de trabajo, pero no está ni en acuerdo ni en

desacuerdo con el **uso de diagramas de flujo, debido a que no se suele aplicar en la obra.**

Considera que es **importante realizar reuniones de producción** en donde todos los involucrados tengan en claro los procedimientos a seguir en cada partida

Respecto al seguimiento y control, está de acuerdo con el uso del porcentaje de planificación cumplida (PPC) y la determinación de las causas de incumplimiento (CI). Respecto a medir la productividad en obra, está de acuerdo con el uso de reportes de IP. No está ni en acuerdo ni en desacuerdo en el uso del NGA ni carta balance. **Menciona que bajo su experiencia no ha usado estas herramientas (NGA y carta balance).** Una forma de medir los flujos podría ser a través del metrado diario en base a los rendimientos. Así mismo está de acuerdo con las herramientas mostradas para la mejora continua del proyecto. Menciona que, adicionalmente a ellas, **es adecuado establecer un cuadro de lecciones aprendidas.**

Finalmente, menciona que el concepto *Lean* en el Perú es reciente, a pesar de ello, **en construcción desde años atrás se han usado programaciones semanales y mensuales, pero no con los nombres que *Lean Construction* los define.** Las herramientas tales como *Pull Planning* o *Takt time Planning* la mayoría de las empresas no lo hacen o, en caso de hacerlo, son empresas grandes como Graña o COSAPI los cuales tienen un *staff* de obra mayor.

Por tanto, **es difícil aplicar una filosofía *Lean* en una empresa, obra o proyecto, ya que es necesario que todo el personal esté debidamente capacitado,** generando mayores costos. Adicionalmente, genera temor de los propios dueños por la deserción de sus trabajadores luego de ser capacitados. Además, la manera actual con la que se ejecutan los proyectos de construcción genera ganancias suficientes a las empresas como para conformarse con estas.

Resultado de la entrevista – Exp.04

De acuerdo con la experiencia que cuenta en construcción de edificaciones, el experto detalla su conocimiento sobre las herramientas que se suelen utilizar para la planificación de una obra. El experto valida que las herramientas como el *Pull Planning*, *Takt Time Planning*, *Look ahead*, plan semanal, plan diario y el análisis de restricciones, herramientas que pertenecen al sistema de último planificador o el *Last Planner*. Dichas herramientas, son herramientas que se aplican de acuerdo con el tipo de obra que se ejecute, asimismo depende de la empresa constructora que requiera utilizar de dichas herramientas para el desarrollo de cronograma. En un caso, se debe tomar en cuenta la variabilidad de cada proceso que realiza cada empresa para optar el uso de cada una de las herramientas mencionadas. Asimismo, el experto menciona que como una adicional se puede aplicar el plan de fases.

Para el desarrollo de presupuesto, el experto valida que el presupuesto de la mano de obra y la estructura de control de la mano de obra, son herramientas que son mutuamente necesarios realizar dentro de la planificación en obra. Estas herramientas se aplican de manera dependiente, puesto que el presupuesto de la mano de obra se realiza para luego realizar la estructura de control de la mano de obra, lo cual se desarrolla dentro de la ejecución de la obra.

Para dimensionar los recursos dentro de la planificación de una obra, el experto valida que el uso de dimensionamiento de cuadrillas es aplicado en la mayoría de las construcciones. Por otro lado, comenta que el dimensionamiento de materiales y equipos y el uso de estímulos depende de la edificación que se va a ejecutar y también depende de las posibilidades de adquisición y necesidades de la empresa.

Para desarrollar procedimientos, dentro de la planificación de una obra, el experto valida que está totalmente de acuerdo con la revisión de diseño, este proceso se suele realizar en conjunto con el gerente, ingeniero residente, ingeniero de campo y maestro de obra. Por otro lado, menciona que está de acuerdo con realizar un proceso de trabajo y un diagrama de flujo, puesto que son actividades complementarias.

Dentro de seguimiento y control, valida las herramientas o factores que se involucran dentro del seguimiento y control en obra. El experto, menciona que está totalmente de acuerdo aplicar las herramientas de porcentaje de planificación cumplida (PPC) y analizar las Causas de Incumplimiento (CI) para determinar el cumplimiento de las actividades que se realizarán.

Dentro de la medición de flujos de trabajo, el experto menciona que está totalmente de acuerdo con el uso de la herramienta carta balance, como una herramienta de medición de los tres tipos de trabajo que se presentan en obra. Por otro lado, comenta que está de acuerdo con el uso de la herramienta de NGA como una herramienta de medición general de las actividades.

Al final, para definir un plan de mejora continua, el experto menciona que está totalmente de acuerdo con el uso de las herramientas *Big Room* y las reuniones semanales. En cuanto a las herramientas de Escenarios virtuales y Tableros Kanban, el experto, menciona que está de acuerdo con el uso.

Resultado de la entrevista – Exp.05

De acuerdo con la experiencia que cuenta en construcción de edificaciones, el Exp.5, detalló su conocimiento sobre las herramientas que se suelen utilizar para la planificación de una obra. El experto, está de acuerdo con el uso de las herramientas *Pull Planning*, *Takt*

Time Planning, Look ahead, plan semanal, plan diario y análisis de restricciones. Dichas herramientas son aptas para el desarrollo de cronograma, los cuales ayudan a optimizar los trabajos y la productividad en obra. Sin embargo, el experto comenta que, para desarrollo de cronograma, ha contado con el uso de la herramienta de **plan maestro**, lo cual es ejecutado en el **programa MS Project**.

Para desarrollo de presupuesto, el experto menciona que está totalmente de acuerdo con el uso de la herramienta de presupuesto de mano de obra para definir cada una de las partidas que se van a realizar en obra. En cuanto a estructura de control de la mano de obra, el experto no está ni de acuerdo ni en desacuerdo con el uso de esta herramienta como parte de desarrollo de presupuesto, lo cual sería realizada por parte del Ingeniero de Campo, Ingeniero Residente y el Ingeniero de Costos y esto conlleva mayor tiempo de análisis.

Para el dimensionamiento de recursos, el experto está totalmente de acuerdo con realizar el dimensionamiento de recursos dentro de la planificación, asimismo está totalmente de acuerdo en realizar el dimensionamiento de cuadrillas, puesto que esto es partícipe del **circuito fiel**. Por otro lado, comenta que también está totalmente de acuerdo con realizar estímulos e incentivo al personal de casa, lo cual incrementa la productividad en obra.

Para desarrollo de procedimiento, el experto está de acuerdo en realizar la revisión de diseño, pero esta etapa se realiza de acuerdo con la disponibilidad de tiempo en la etapa de ejecución del proyecto. Esta revisión sería útil, debido a que, si se presenta algún cambio en la estructura o en cualquier de las áreas de diseño, se podría corregirlas. En cuanto a establecer un procedimiento de trabajo, el experto menciona que está de acuerdo con esta herramienta dentro del proceso de planificación. Con respecto al diagrama de flujos, el experto comenta que está totalmente de acuerdo con esta herramienta, puesto que esta

herramienta se realiza particularmente en la **etapa de acabados de la construcción**, lo cual ayuda a entender y mejorar los procedimientos.

En la sección del proceso de seguimiento y control, el experto valida las siguientes herramientas. Para determinar cumplimiento, está de acuerdo con el uso de las herramientas de porcentaje de planificación cumplida (PPC) y con el análisis de causas de incumplimiento (CI). Para medir la productividad, el experto está de acuerdo en realizar el análisis y medición de reportes de índices de productividad (IP), lo cual ayuda a determinar el avance de la obra. Para realizar la medición de trabajos, se cuenta con las herramientas de carta balance y Nivel General de Actividades; sin embargo, el experto comenta que no está en desacuerdo ni en desacuerdo con el uso de estas herramientas, puesto que no se suele aplicar con frecuencia dentro de la ejecución de una obra. Finalmente, para definir un plan de mejora continua, el experto no está ni en acuerdo ni en desacuerdo con el uso de la herramienta de *Big Rom*, puesto que esta herramienta no se aplica mucho en las construcciones del país, luego menciona que está de acuerdo con el uso de las herramientas de escenarios virtuales y tableros Kanban. Al final menciona estar totalmente de acuerdo con el uso de la herramienta de plan de reuniones señales, puesto que esta herramienta se aplica con más frecuencia dentro de una obra.

3.4.4. Análisis de las entrevistas a expertos.

Los resultados obtenidos de las entrevistas muestran varias similitudes entre las opiniones de los expertos. En la mayoría de los factores y herramientas propuestos, los entrevistados se mostraban en “de acuerdo” o “totalmente de acuerdo” en su consideración y aplicación para proyectos de edificación multifamiliar. Así mismo, cada uno de ellos estuvo de acuerdo en que en el Perú el uso de las herramientas *Lean* no están muy difundidas actualmente, continuando con un trabajo tradicional en la mayoría de las empresas en donde

se trabaja con herramientas básicas de planificación. Actualmente, las **empresas grandes son las que más aplican estas herramientas**. Por otro lado, las empresas de construcción no se animan a realizar una innovación radical en la forma de ejecutar los proyectos ya que estas se encuentran cómodas con las ganancias que generan con cada uno de estos. Además, muchos de los proyectos de construcción que se realizan actualmente llegan a tener altos niveles de improvisación.

No se han evidenciado muchas discrepancias entre las opiniones de los expertos; sin embargo, entre estas se puede encontrar opiniones distintas acerca del uso de ciertos factores o herramientas tales como el uso de la carta balance o en establecer una estructura de control de la mano de obra. En estos, algunos expertos se muestran “de acuerdo” o “totalmente de acuerdo”, mientras que otros se muestran “ni en acuerdo ni en desacuerdo” porque realmente, bajo su experiencia en proyectos de construcción, nunca lo han realizado y, por tanto, piensan que no es una herramienta realmente influyente.

Con el análisis de las entrevistas sobre las opiniones de cada experto, se establece un cuadro de factores y herramientas en donde se agregan y eliminan algunas de estas con el propósito de obtener una certeza más cercana y posible en su uso. Las respuestas sobre qué tan de acuerdo se muestra cada experto frente a cada factor y herramienta mostrado en la entrevista, se puede observar en el **Anexo A**.

Tabla 5. Factores y herramientas validado por expertos.

Etapas	Procesos	Factores y Herramientas
Planificación	Desarrollo cronograma	Cronograma Maestro
		<i>Pull Planning</i>
		<i>Takt time Planning</i>
		<i>Look ahead</i>
		Plan semanal
		Plan diario
		Análisis de restricciones
		Plan de Fases
	Desarrollo de presupuesto	Presupuesto de mano de obra
	Dimensionar recursos	Materiales y equipos modernos
		Dimensionamiento de cuadrillas
		Estímulos e incentivos
	Desarrollar procedimientos	Revisión de diseño
Procedimiento de trabajo		
Diagrama de flujos		
Diagrama de GANT		
Seguimiento y Control	Determinar cumplimiento	Porcentaje de planificación cumplida (PPC)
		Causas de Incumplimiento (CI)
		Circuito Fiel
	Medir indicador de productividad	Reporte de IP
		Análisis de rendimiento en campo
	Medir flujos de trabajo	Carta Balance
		Nivel General de Actividades
	Definir plan de mejora continua	<i>Big Room</i>
		Escenarios virtuales
		Tableros Kanban
		Plan de reunión semanal
		Reuniones diarias
Cuadro de lecciones aprendidas		

Fuente: Elaborada por los autores.

3.4.5. Barreras y requisitos para la aplicación del plan

Luego de las entrevistas realizadas hacia los expertos, se recopila ciertos factores actuales (barreras) que no permiten un total y plena aplicación de herramientas relacionadas a la productividad. Esto genera necesario establecer requisitos previos para que un plan de

mejora en la productividad de la mano de obra sea efectivo y pueda llevarse a cabo. Estas barreras, así como su alternativa de solución (requisitos previos), son mostradas en la Tabla 6 presentada a continuación.

Tabla 6. *Barreras y requisitos necesarios para un plan de mejora de la productividad*

Barreras	Requisitos previos
Poca o escasa innovación e inversión en el desarrollo de herramientas <i>Lean</i>	Decisión firme por parte de la gerencia de la empresa por apostar por el uso de herramientas innovadoras que permitan una mejor productividad y, por consecuencia, generar mayores ganancias.
Mala Gestión de los recursos asignados para el proyecto.	Compromiso de todos los involucrados en la ejecución del proyecto y supervisión continua.
Sensación de resultados no inmediatos en la aplicación de estas herramientas	Pensamiento a largo plazo de crecimiento de la empresa a partir de la innovación y utilización de nuevas herramientas que permitan facilitar y tener un mejor control en la productividad de la mano de obra y la planificación.
Personal de <i>staff</i> no capacitado en su totalidad que permita un continuo y fluido trabajo desde la visión <i>Lean</i>	Posibles incentivos al personal por capacitarse en el conocimiento de herramientas innovadoras, establecer perfiles mínimos de conocimiento de los trabajadores que conforman el <i>staff</i> de obra.
Márgenes de tiempo y costo estrechos en proyectos.	Establecimiento de nuevas herramientas de producción de manera progresiva e iterativa, que permita una forma de trabajo estandarizada, sin que esta pueda ser visto como un factor de interrupción de las actividades planificadas.

Fuente: Elaborada por los autores

4. CASO DE ESTUDIO

4.1. Información del caso en estudio

La presente investigación analiza los procesos constructivos seleccionados del proyecto multifamiliar “Parque Cáceres”, ubicado en la Avenida Cuba 919, distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima. La ejecución del proyecto tiene una duración de 2 años, desde agosto de 2021 hasta octubre de 2023. El proyecto es un edificio multifamiliar con un área de terreno de 960 m². El edificio está conformado de 6 sótanos para estacionamiento y depósitos con un 7mo sótano donde se ubican las cisternas y el cuarto de bomba; la zona exterior del edificio que es la estructura, está conformada de un primer piso donde se encuentra el *hall* de ascensores, *hall* de recepcionista, sala de juego de niños y espacio para aparcamiento de bicicletas, luego se encuentran los pisos típicos del piso 2 al piso 20, cada piso típico cuenta con 6 departamentos entre 75m² y 95 m² de área, en el último piso se ubica la azotea donde se encuentra el gimnasio, sala de juegos y sala de estar.

La ejecución del proyecto está a cargo de la empresa Lugano. Lugano es una empresa de proyectos y construcciones que fue fundada el 20 de junio de 2003. En su trayectoria en la industria de construcción ha realizado más de 11 edificaciones entre las cuales se encuentra el edificio “Los Aires de Nazca” que fue construida en el año 2019, y fue galardonado con el premio a mejor edificio del año a nivel nacional por la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO).

4.2. Perfil de Entrevistados

Como parte de análisis del caso de estudio, se realiza una entrevista al *staff* de obra. La entrevista consiste en realizar una serie de preguntas sobre el proceso de planificación, seguimiento y control que se realiza en la obra. En la entrevista participan los siguientes

miembros del *staff*: Gerente de obra, Ingeniero Residente, Ingeniero de campo e Ingeniero de Oficina Técnica.

4.3. Entrevistas al *Staff* de obra sobre el caso de estudio

Para la entrevista se utiliza un formato estructurado, donde se recopila información a partir de la validación de los factores y herramientas que influyen en la productividad de la mano de obra y los procesos que realizan respecto a la planificación y control. En ese sentido, en el formato (mostrado en el **Anexo C**) se encuentra preguntas relacionadas al proceso de planificación, seguimiento y control en obra. Además, cabe mencionar, que la entrevista realizada ha sido de manera presencial a través de una visita a la obra en estudio. La realización de las entrevistas al *Staff* de obra tiene como objetivo lo siguiente:

En primer lugar, determinar la forma de trabajo y los procesos que se realizan en obra respecto a la planificación y control de esta.

En segundo lugar, comparar qué herramientas se utilizan en obra y cuáles se omiten respecto a las ya establecidas previamente en el formato (validadas por expertos).

En tercer lugar, conocer las principales razones de no aplicar en el caso de estudio de algunas de las herramientas propuestas en el formato.

4.4. Resultados del *Staff* de obra sobre el caso de estudio

Se realiza la entrevista al *staff* de la obra en estudio, mediante un formato estructurado y de manera presencial (véase **Anexo C**). La entrevista se realiza con la finalidad de conocer las herramientas de planificación, seguimiento y control que se aplican en la obra. Esta comienza consultando cómo se realiza el proceso de planificación a través de preguntas previamente establecidas. Luego, se presenta al *staff* una lista de herramientas validadas anteriormente por expertos para saber si dichas herramientas son factibles para aplicar en el proceso de planificación de la obra en estudio. De igual forma, se realiza la misma dinámica

de entrevista referido ahora al proceso de seguimiento y control. La transcripción de las entrevistas se puede observar ingresando al siguiente enlace.

TRANSCRIPCIONES DE ENTREVISTAS AL *STAFF* DE LA OBRA EN

ESTUDIO:

<https://drive.google.com/drive/folders/19AIwtScCJaYHom6W-14zSeOlnpF4GE09?usp=sharing>

Resultados de la entrevista al *staff* N°1

El *staff* N°1, ocupa el cargo de Ingeniero de Oficina Técnica en la obra en estudio. En esta sección de la entrevista se trata sobre el proceso de planificación. En primer lugar, comenta que, desde el punto de vista de un Ingeniero de Oficina Técnica, recibe el reporte de planificación por parte del área de producción. Los encargados (Ing. Residente e Ing. Campo) realizan la planificación semanal y **aplican ciertas herramientas del sistema de *Last Planner*** para el proceso de planificación. El sistema *Last Planner* es la herramienta principal que se aplica para ver los principales **hitos de la obra**. Además, se complementa con el uso del plan semanal tomando como base la herramienta de análisis de restricciones. Luego comenta que, estas herramientas se aplican cada semana para el análisis de los trabajos y partidas establecidas; de esta manera, se busca evitar percances en el proceso constructivo del proyecto. De acuerdo con el Ingeniero, al aplicar dichas herramientas, se busca cumplirlas para poder analizar el proceso de la obra a partir de los resultados que se obtienen. También comenta que, para este proceso, los involucrados directos son el *staff* de obra conformada por el Ingeniero Residente, el Ingeniero de Campo-Producción y con la participación eventual del Gerente de obra. Al final comenta que, el proceso de planificación permite tener un mayor control de las actividades, recursos, materiales y herramientas. Además, el objetivo adicional de realizar el proceso de planificación lograr una correcta **calidad y seguridad en obra**.

Respecto a la aplicación de las herramientas de planificación validadas por los expertos, comenta que dichas herramientas son factibles para aplicar en la obra en estudio; sin embargo, no se aplican todas estas herramientas debido a que la empresa no cuenta con un personal especializado en el tema.

En la sección del proceso de seguimiento y control en la obra en estudio, el Ingeniero comenta que se realiza un análisis de rendimiento del personal y análisis de dimensionamiento de recursos mediante los metrados de las partidas que se realizan. Luego, comenta que las herramientas que se están aplicando para este proceso son: el *Look ahead*, el análisis de rendimiento y el plan diario para ver de manera más clara el trabajo que realiza el personal. Así mismo, se analiza de forma superficial (a través de observación de campo durante recorridos) los trabajos productivos, contributorio y no contributorio. También menciona que, los involucrados para desarrollar el proceso de seguimiento y control son: el Ingeniero de Campo, que cuenta con el apoyo de un asistente o Ingeniero de producción. Al final, el Ingeniero menciona la importancia realizar un proceso de seguimiento y control, permitiendo obtener mejores resultados de productividad e influyendo en una mejora en la calidad y seguridad.

De acuerdo con el cuadro de lista de las herramientas de seguimiento y control validadas anteriormente, el Ingeniero comenta que está de acuerdo en aplicar la herramienta de Carta balance para tener un resultado real del panorama actual en obra respecto a la productividad de la mano de obra. Respecto a realizar el reporte de índice de productividad, menciona que sería adecuado realizarlo cada semana porque esta información ayuda al *staff* de producción a ver el avance en campo. En cuanto al análisis de Porcentaje de Plan Cumplido y las Causas de Incumplimiento, comenta que estas permiten analizar y ver que todas las partidas logren cumplirse y las causas de las que no lo logren; por ejemplo, hay factores externos que retrasan la obra, como huelgas, paros, etc. En cuanto a la mejora continua, el Ingeniero comenta que, sería importante utilizar la herramienta de *Big Room* en la obra en estudio porque ayudaría

a reunir al *staff* de obra y a los especialistas externos para una reunión. De esta manera, se pretende analizar lo que se viene trabajando y lo que se planifica realizar para las semanas posteriores. Sobre los escenarios virtuales, el Ingeniero comenta que, se están aplicando en la obra en estudio, los cuales consisten en realizar reuniones entre especialistas y el *staff* de obra para analizar algún cambio que se deba realizar y quedar en mutuo acuerdo. En cuanto a los tableros Kanban, el Ingeniero comenta que sería útil aplicar en la obra, puesto que ayudaría en un análisis visual, manejable, específico y claro. Al final, sobre las reuniones semanales, el *staff* comenta que si se está aplicando en la obra.

Resultados de la entrevista al *staff* N°2

El *staff* N°2, ocupa el cargo de Ingeniero Residente de la obra en estudio. En esta sección de la entrevista se trata sobre el proceso de planificación en la obra en estudio. En primer lugar, el Ingeniero comenta que, la obra cuenta con un programa de plan maestro el cual muestra planificación global de la obra. Este plan se va detallando a través de la herramienta *Look ahead*, la cual muestra lo que se planea producir en las tres o cuatro semanas posteriores. También se analizan las tareas diarias de las jornadas laborales. En resumen, el Ingeniero comenta que en la obra en estudio se está aplicando herramientas de planificación como el plan maestro, *Look ahead*, plan semanal y plan diario. Asimismo, dichas herramientas se van aplicando diaria y semanalmente. Menciona que, en la obra, se busca cumplir el proceso que se está aplicando, pero por motivos externos al avance de obra, no se cumple y se presentan retrasos por problemas al no contar con recursos, materiales y herramientas en el momento necesario.

De acuerdo con la lista de las herramientas que se utilizan en el proceso de planificación, el Ingeniero, menciona que dichas herramientas son factibles para la aplicación dentro de la obra en estudio, puesto que son parte de la metodología conocida *Lean Construction*.

Dentro de la sección del proceso de seguimiento y control en la obra en estudio. El Ingeniero comenta que dicho procedimiento está encargado a practicantes de producción. Ellos se dedican en realizar el seguimiento de cada partida que se realiza durante el día. Para cada actividad que se realiza, los encargados presentan un reporte de control al final de cada jornada. Para ello, los practicantes utilizan formatos establecidos previamente y utilizan el reporte para analizar si está cumpliendo con la programación establecida. Asimismo, menciona que, en este proceso, participa el *staff* de la obra conformado por los Ingenieros, maestro de obra y los practicantes de producción. Este proceso se realiza con la finalidad de obtener un producto final adecuado y de calidad para evitar problemas posteriores en la postventa de los departamentos como filtraciones en tuberías, temas eléctricos, etc.

En cuanto a las herramientas establecidas para el proceso de seguimiento y control. El Ingeniero comenta que, las herramientas como la Carta balance, el Nivel General de Actividades, reportes de índice de productividad, el Porcentaje de Plan Cumplido y las Causas de Incumplimiento son factibles para aplicar en la obra en estudio. También menciona que para la mejora continua es adecuado usar la herramienta *Big Room*. La herramienta de Escenarios virtuales se está aplicando en la obra en estudio; además, la herramienta de tableros Kanban sería apto aplicarlo en la obra, mientras que la herramienta de reuniones semanales si se está aplicando en la obra.

Resultados de la entrevista al *staff* N°3

El *staff* N°3, ocupa el cargo de Ingeniero de campo en la obra en estudio. En esta sección de la entrevista se trata sobre el proceso de planificación en la obra en estudio. En primer lugar, el Ingeniero comenta que se está aplicando el sistema de *Last Planner* en dicho proceso. En ese sentido, como parte de las herramientas del proceso de planificación se está utilizando el Cronograma Maestro, el plan semanal, el *Look ahead*, el análisis de restricciones y el análisis de lecciones aprendidas. Luego, comenta que se suele cumplir la planificación que se establece,

cumpléndose a nivel macro y en la fase de construcción en pisos típicos. Además, en este proceso, los involucrados son: el *staff* de obra, los practicantes de productividad, el Ingeniero de Campo, el Ingeniero Residente, el Ingeniero de Oficina Técnica y el Gerente de la obra. Al final, el Ingeniero menciona que se realiza la planificación en obra, con la finalidad de lograr un orden, tener una continuidad en los trabajos y lograr reducir los trabajos no contributivos que se presentan en obra.

Sobre las herramientas de planificación en análisis, el Ingeniero menciona que algunas herramientas pertenecientes al sistema *Last Planner* se está aplicando en la obra. Asimismo, se aplican las herramientas como el plan maestro, el plan semanal, el plan diario, el análisis de restricciones y el dimensionamiento de recursos. Las herramientas como el plan de fases y el diagrama de *Gantt* son aptas para aplicarse en la obra, pero no se aplican porque no cuentan con un personal dedicado para este trabajo.

Dentro de la sección del proceso de seguimiento y control en la obra en estudio, el Ingeniero menciona que, para dicho proceso, se realiza a partir de la programación establecida en la obra, con todo los recursos y herramientas que dispone la empresa. También comenta que las herramientas que se aplican para este proceso se centran en el análisis de Porcentaje de Plan Cumplido y las Causas de Incumplimiento. Así mismo, comenta que, en este proceso, participan todo el *staff* de la obra, desde los Practicantes, el Ingeniero de Campo, el Ingeniero Residente, el Ingeniero de Oficina Técnica y el Gerente de la obra. Al final menciona que, este proceso se realiza con la finalidad de llegar al objetivo y lograr el alcance proyectado.

En cuanto a las herramientas establecidas para el proceso de seguimiento y control, el Ingeniero menciona que, en la obra en estudio se está utilizando las herramientas como el Porcentaje de Plan Cumplido y el análisis de las Causas de Incumplimiento. Por otro lado, las herramientas como la Carta balance, el Nivel General de Actividades y el reporte de índice de productividad, serían factibles aplicarlos en la obra para el proceso de seguimiento y control.

Así mismo, para la parte de mejora continua se está aplicando las herramientas como los escenarios virtuales y las reuniones semanales. Respecto a las herramientas como el *Big Room* y los tableros Kanban, sería apto aplicarlos en la obra; sin embargo, por motivos de tiempo, no se suele aplicar.

Resultados de la entrevista al *staff* N°4

El *staff* N°4, ocupa el cargo de Ingeniero de productividad y calidad. En esta sección de la entrevista se trata sobre el proceso de planificación en la obra en estudio. De acuerdo a su experiencia en dicha obra, el Ingeniero comenta lo siguiente. En primer lugar, se desarrolla la planificación mediante el uso de las herramientas pertenecientes al sistema *Last Planner*, como la planificación semanal y la programación de tren de actividades conocido como *Look ahead*. Sobre el cumplimiento del proceso de planificación, menciona que, no se logra cumplir, por la indisponibilidad de material, herramienta y equipos. Entre los involucrados en este proceso, está el Ingeniero residente, el de campo y los asistentes de productividad.

Al final, el Ingeniero menciona que, se realiza la planificación en obra, con la finalidad de lograr un orden en la ejecución del proyecto, siguiendo los formatos establecidos. Debido a ello, las indicaciones que imponen los ingenieros hacia los trabajadores deben cumplirse en su mayoría.

Sobre las herramientas que se proponen para la planificación en obra, el Ingeniero menciona que está de acuerdo en el uso en la obra de estudio de herramientas como el *Pull Planning*, el *Takt Time Planning*, análisis de restricciones, el plan de fases, diagramas de *Gantt*. Por otro lado, menciona que las herramientas como el plan semanal, el plan diario, el análisis de restricciones y los dimensionamientos de recursos se logra aplicar en este proyecto.

Dentro de la sección del proceso de seguimiento y control en la obra en estudio, menciona que el residente y el ingeniero de campo son los que aprueban los formatos de

aceptación para proceder con la construcción. Por ejemplo, con el vaciado de loza, se realiza una verificación de los encofrados, la calidad y el soporte. También se debe considerar la disponibilidad de los materiales y equipos que se está utilizando para lograr una buena construcción de calidad.

Sobre las herramientas que se utilizan en el proceso de control y calidad en obra, el Ingeniero menciona que se realiza a partir de análisis de restricciones, el análisis de Índices de productividad. Sin embargo, establecer más herramientas en la obra sería adecuado y recomendable para su aplicación en el proyecto.

4.5. Mediciones de flujos de trabajo del caso de estudio

4.5.1. Medición del Nivel General de Actividades en obra

Se utiliza la herramienta de Nivel General de Actividades para determinar el porcentaje de trabajo productivo, trabajo contributorio y trabajo no contributorio que se presentan durante la ejecución de la obra. En ese sentido, se ha identificado las partidas y las cuadrillas que intervienen para realizar las mediciones en el flujo de las actividades durante las horas establecidas para el análisis.

➤ Información general de los datos del Nivel General de Actividades

Para la recopilación de los datos en la obra de estudio “Parque Cáceres”, ubicado en el distrito de Jesús María, se realizan mediciones en dos visitas a obra. Estas se realizan en las fechas 2 y 16 de junio del año 2022 con el objetivo de poder observar alguna posible variación en el flujo de las actividades. Las partidas que se ejecutan en esas fechas y que son analizadas en el Nivel General de Actividades son las siguientes:

Tabla 7. *Lista de partidas analizadas en el Nivel General de Actividades*

Partidas que intervienen en la medición del Nivel General de Actividades (NGA)	Acero
	Encofrado
	Vaciado Losa
	Vaciado de Muros
	Tarrajeo
	Instalaciones Eléctricas
	Instalaciones Sanitarias
	Trazo

Fuente: Elaborado por los autores.

➤ Procedimiento de trabajo del Nivel General de Actividades

En primer lugar, se identifican actividades que se presentan durante el desarrollo de cada partida. Cada actividad pertenece a un tipo de trabajo (productivo, contributorio y no contributorio). La Tabla 08 muestra las actividades consideradas para el análisis.

Tabla 8. *Flujo de trabajos en el proceso de la construcción de la obra en estudio.*

Tipo de trabajo	Actividades
Trabajo productivo	Colocar acero
	Dobles de acero
	Colocar panel de encofrado
	Colocar desmoldante
	Colocar puntal
	Colocar chavetas
	Vaciado de concreto
	Vibrado
	Tarrajeo
Trabajo contributorio	Mediciones
	Transporte
	Batido de Mezcla
	Colocación de andamios
Trabajo no contributorio	Trabajos rehechos
	Viajes
	Esperas
	Tiempo Ocioso

Fuente: Adaptado de Guio (2001).

Se realiza la medición de los flujos de actividades mediante el formato establecido para el análisis de Nivel General de Actividades (Véase **Anexo D**). Esta medición se realiza durante 4 horas y buscando una mayor presencia de flujos de trabajo. En este caso, se establece un día útil de la semana y la hora 9:00 -11:00 am y 2:00 pm-4:00pm, según el horario de la jornada diaria.

Después de la medición manual realizada, se procede a tipear la información en una hoja de Excel, para luego realizar el cálculo de la cantidad de actividades que pertenecen a cada tipo de trabajo. Finalmente, se presenta un gráfico estadístico que muestra el porcentaje de cada tipo de trabajo que existe en la obra en estudio.

4.5.2. Resultados del Nivel General de actividades en obra

De acuerdo con Badii, Castillo y Guillen (2008), la cantidad de muestras necesarias para una población infinita o siendo lo necesariamente grande para despreciar cualquier tipo de corrección se puede calcular como:

$$n = \frac{z^2 * \sigma^2}{d^2}$$

$$n = \frac{z^2 * p * q}{d^2}$$

Donde:

n = tamaño de muestra para una población infinita

p = variabilidad positiva

q = variabilidad negativa

z = nivel de confianza = 1.96 (para una confianza del 95%)

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2} \approx 384 \text{ mediciones}$$

Por tanto, para que los resultados sean válidos **estadísticamente es necesario realizar al menos 384 mediciones**. Este tamaño de mediciones permitirá obtener resultados para el análisis de carta balance con un nivel de confiabilidad de 95%. Con el análisis estadístico y considerando el número de muestras necesarias, se muestran a continuación los resultados de las mediciones realizadas el 2 y 16 de junio del 2022 en el proyecto “Parque Cáceres”.



Gráfico 6. Nivel General de Actividades– Proyecto Parque Cáceres.

Fuente Propia.



Gráfico 7. Nivel General de Actividades – Proyecto Parque Cáceres.

Fuente Propia.

4.5.3. Medición de Carta balance en obra

ACERO DE MUROS



Gráfico 8. Armado de acero de muros en obra.

Fuente: Propia.

1) Duración del proceso

La partida empieza luego del trazado de líneas guía por parte del topógrafo, terminando con el amarre de alambre entre todas las conexiones y la colocación de estribos.

2) Mano de obra

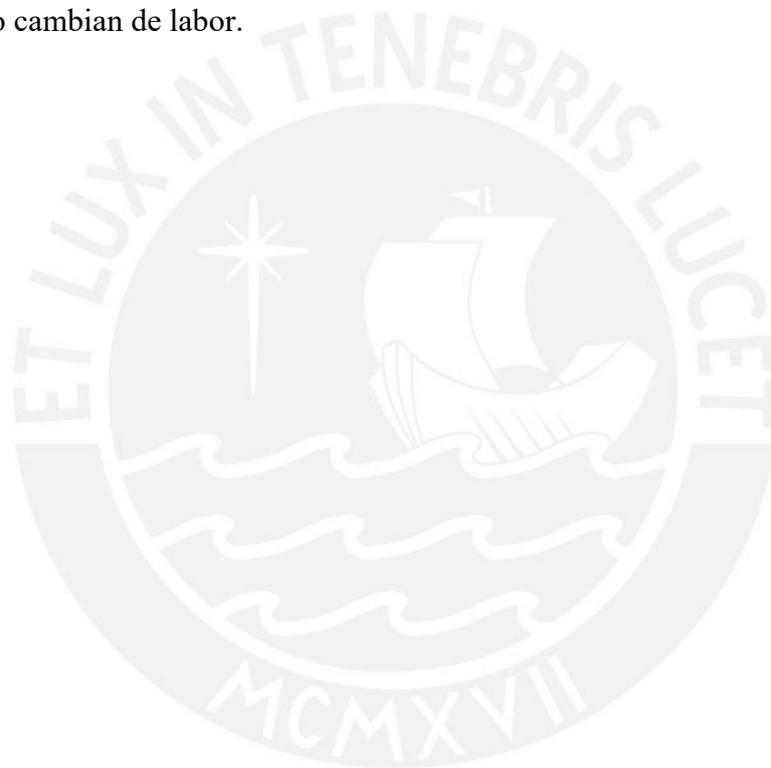
N° de obreros = 4	N° Peones	0
	N° Operarios	4

3) Índice de productividad de la partida

N° Total obreros	9
Tiempo (Hrs)	6.5
HH Totales	58.5
Metrado diario (m2)	2400
IP (HH/m2)	0.024

1) Comentarios

- Los primeros minutos, los trabajadores transportan herramientas y materiales a la zona de trabajo, para luego iniciar con la ejecución de la partida.
- La partida termina cuando todos los aceros han sido colocados y si es que fuera necesario, los separadores.
- Para la toma de datos se identifica a 4 operarios que ejecutan la partida y se monitoria desde el inicio de la partida hasta que finalice.
- Una vez terminada la ejecución de la partida, los obreros de acero en muros se retiran de obra o cambian de labor.



ENCOFRADO DE MUROS



Gráfico 9. Colocación de encofrado de muros en obra.

Fuente propia.

1) Duración del proceso

El proceso empieza una vez completado el armado de acero en elemento de análisis, finalizando con el aplomado del material en ambas direcciones (vertical y horizontal) y colocación de puntales.

2) Mano de obra

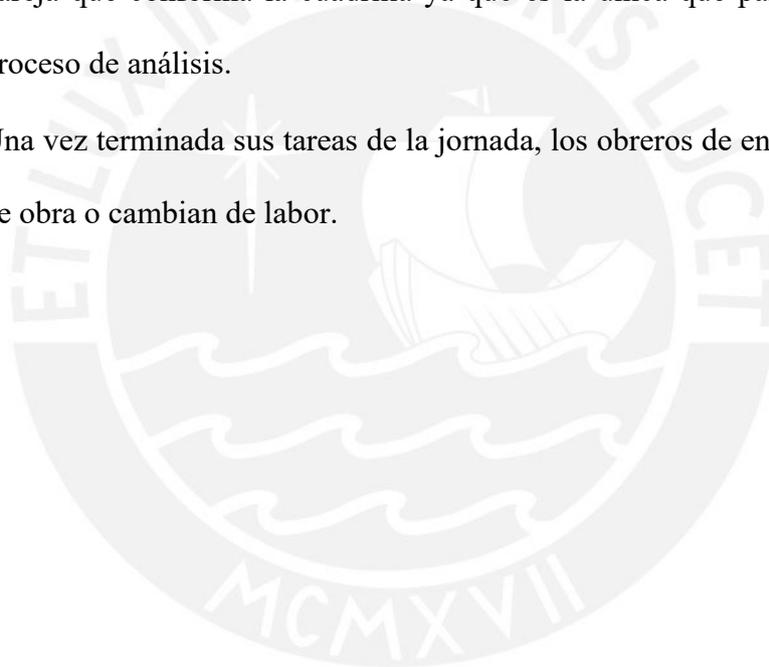
N° de obreros = 2	N° Peones	1
	N° Operarios	1

3) Índice de productividad de la partida

N° Total obreros	12
Tiempo (Hrs)	3.5
HH Totales	42
Metrado diario (m2)	245
IP (HH/m2)	0.171

4) Comentarios

- Los obreros realizan sus actividades correspondientes en pareja (operario y peón) según la tarea asignada. Esto se realiza por la complejidad de colocación de encofrado metálico.
- La toma de datos de la cuadrilla corresponde a la realización de un muro de 10 cm de ancho a doble cara.
- La toma de muestra realizada solo está conformada por las actividades de una pareja que conforma la cuadrilla ya que es la única que participa en todo el proceso de análisis.
- Una vez terminada sus tareas de la jornada, los obreros de encofrado se retiran de obra o cambian de labor.



VACIADO DE CONCRETO EN MUROS



Gráfico 10. Vaciado de concreto en muros en obra.

Fuente propia.

1) Duración del proceso

El proceso empieza una vez completado el encofrado de los elementos verticales en análisis, finaliza después de la verificación de la verticalidad y el control de calidad del vaciado realizado.

2) Mano de obra

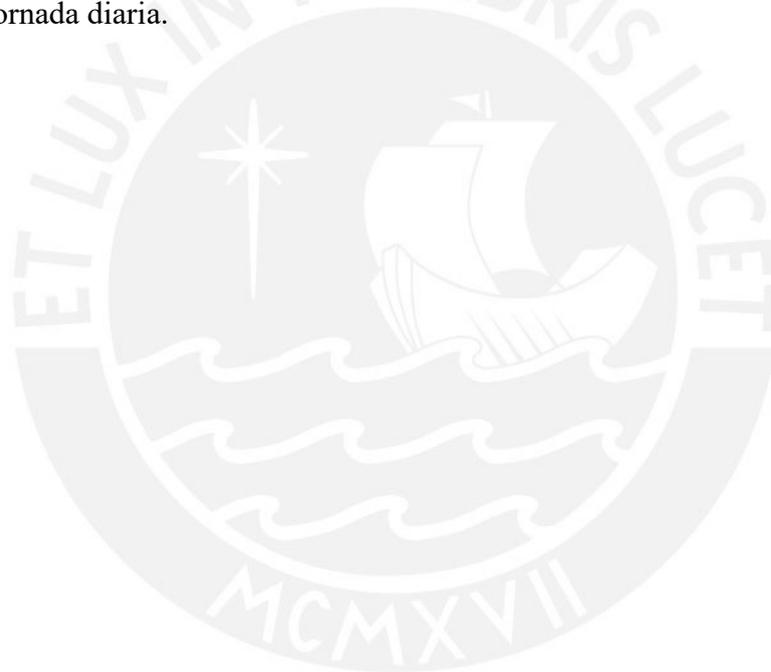
N° de obreros = 3	N° Peones	1
	N° Operarios	2

3) Índice de productividad de la partida

N° Total obreros	3
Tiempo (Hrs)	5.5
HH Totales	7.5
Metrado diario (m3)	20
IP (HH/m3)	0.825

4) Comentarios

- El transporte del concreto premezclado se realiza con la grúa estática.
- Para la partida se requiere obreros capacitados (operarios de equipo mediano y peón) según la tarea asignada. Esto se realiza por la complejidad del manejo de los equipos como el vibrador de concreto y la colocación del chute al encofrado.
- La toma de datos de la cuadrilla corresponde a la realización de un muro de 10 cm de ancho a doble cara.
- El vaciado se realiza generalmente desde el mediodía hasta la finalización de la jornada diaria.



TARRAJEO DE MUROS



Gráfico 11. Tarrajeo de muros en obra.

Fuente propia.

1) Duración del proceso

El proceso empieza una vez completado el vaciado y desencofrado de los elementos verticales en análisis, finalizando con el frotacho y el análisis de control de calidad del tarrajeo realizado.

2) Mano de obra

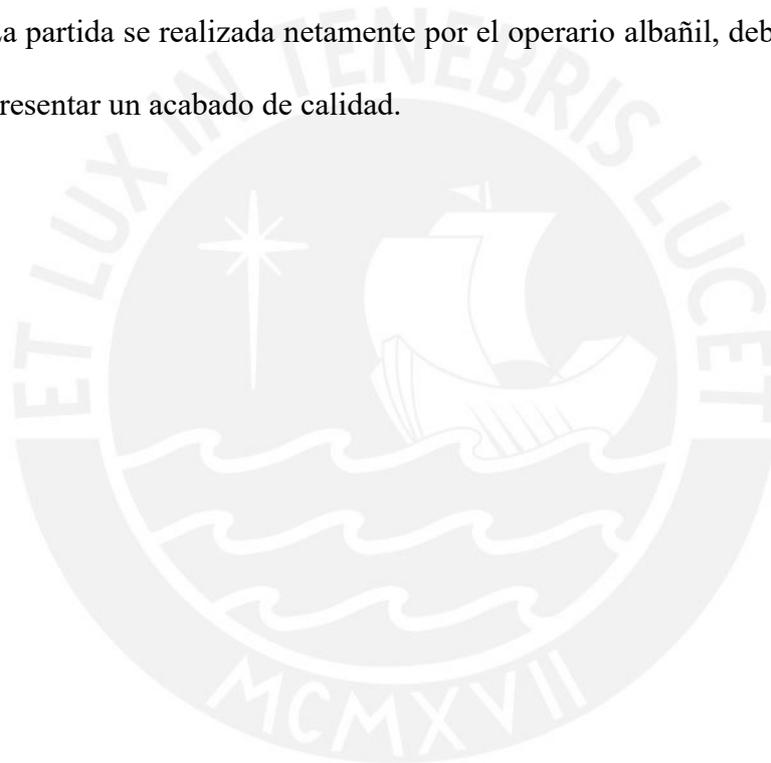
N° de obreros = 12	N° Peones	3
	N° Operarios	9

3) Índice de productividad de la partida

N° Total obreros	12
Tiempo (Hrs)	7
HH Totales	63
Metrado diario (m2)	200
IP (HH/m2)	0.32

4) Comentarios

- El tarrajeo de muros se realiza a un espesor de 1.5 cm, para ello se utiliza el mortero (cemento + arena fina y agua).
- Para la partida se requiere obreros (operario albañil y peón) para la tarea asignada.
- La toma de datos de la cuadrilla corresponde a muros de pisos típicos de altura de 2.4m.
- La partida se realizada netamente por el operario albañil, debido a que se debe presentar un acabado de calidad.



ENCOFRADO DE LOSA



Gráfico 12. Colocación de encofrado de losas en obra.

Fuente propia.

1) Duración del proceso

El proceso empieza una vez completado el armado de acero, finalizando con el aplomado del material en ambas direcciones (vertical y horizontal) y colocación de puntales.

2) Mano de obra

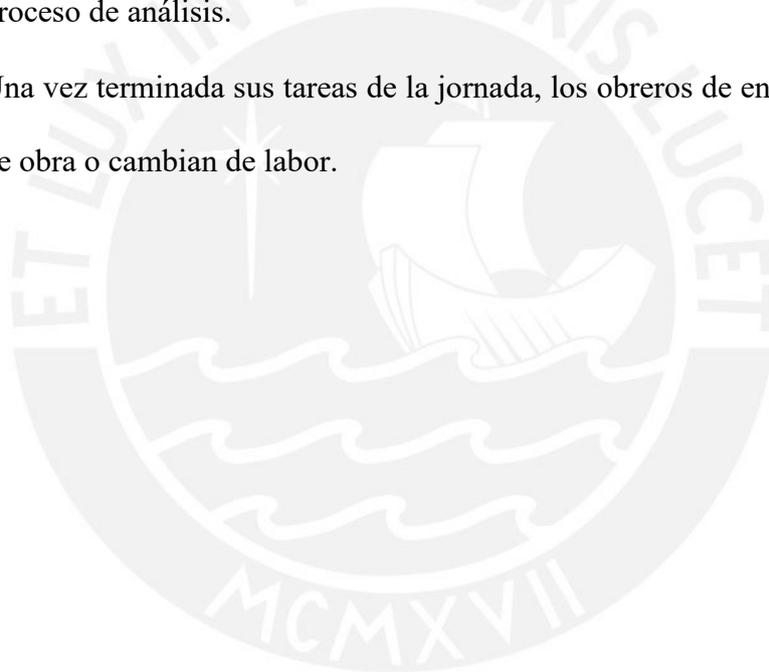
N° de obreros = 2	N° Peones	1
	N° Operarios	1

3) Índice de productividad de la partida

N° Total obreros	12
Tiempo (Hrs)	3.5
HH Totales	42
Metrado diario (m2)	245
IP (HH/m2)	0.171

4) Comentarios

- Los obreros realizan sus actividades correspondientes en pareja (operario y peón) según la tarea asignada. Esto se realiza por la complejidad de colocación de encofrado metálico.
- La toma de datos de la cuadrilla corresponde a la realización de un muro de 10 cm de ancho a doble cara.
- La toma de muestra realizada solo está conformada por las actividades de una pareja que conforma la cuadrilla ya que es la única que participa en todo el proceso de análisis.
- Una vez terminada sus tareas de la jornada, los obreros de encofrado se retiran de obra o cambian de labor.



ACERO DE LOSA



Gráfico 13. Armado de acero de losas en obra.

Fuente: Propia.

1) Duración del proceso

La partida empieza luego de la colocación de las líneas guía en los aceros y finaliza con el atortolado en los cruces de los aceros verticales y horizontales de la losa.

2) Mano de obra

N° de obreros = 2	N° Peones	0
	N° Operarios	2

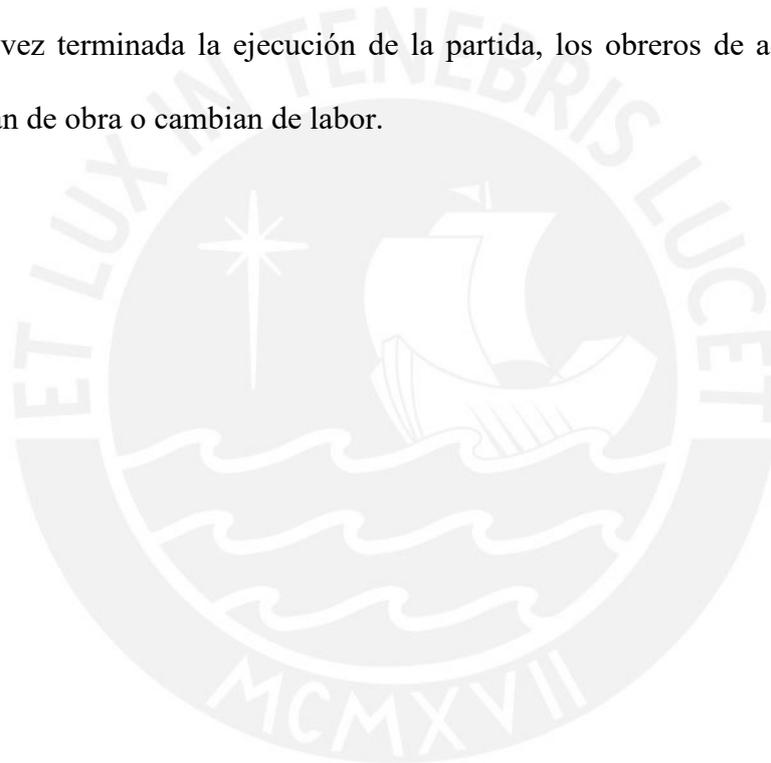
3) Índice de productividad de la partida

N° Total obreros	9
Tiempo (Hrs)	6.5
HH Totales	58.5
Metrado diario (m2)	2400
IP (HH/m2)	0.024

4) Comentarios

- Los primeros minutos, los trabajadores transportan herramientas y materiales a la zona de trabajo, para luego iniciar con la ejecución de la partida.
- La partida termina cuando todos los aceros han sido colocados y si es que fuera necesario, los separadores.
- Para la toma de datos se identifica a 4 operarios que ejecutan la partida y se monitoria desde el inicio de la partida hasta que finalice.

Una vez terminada la ejecución de la partida, los obreros de acero en muros se retiran de obra o cambian de labor.



VACIADO DE CONCRETO EN LOSA



Gráfico 14. Vaciado de concreto en muros en obra.

Fuente propia.

1) Duración del proceso

El proceso empieza una vez completado la construcción de elementos verticales del piso inferior, finaliza con el proceso de desencofrado de la losa y consiguiente viene a ser el curado.

2) Mano de obra

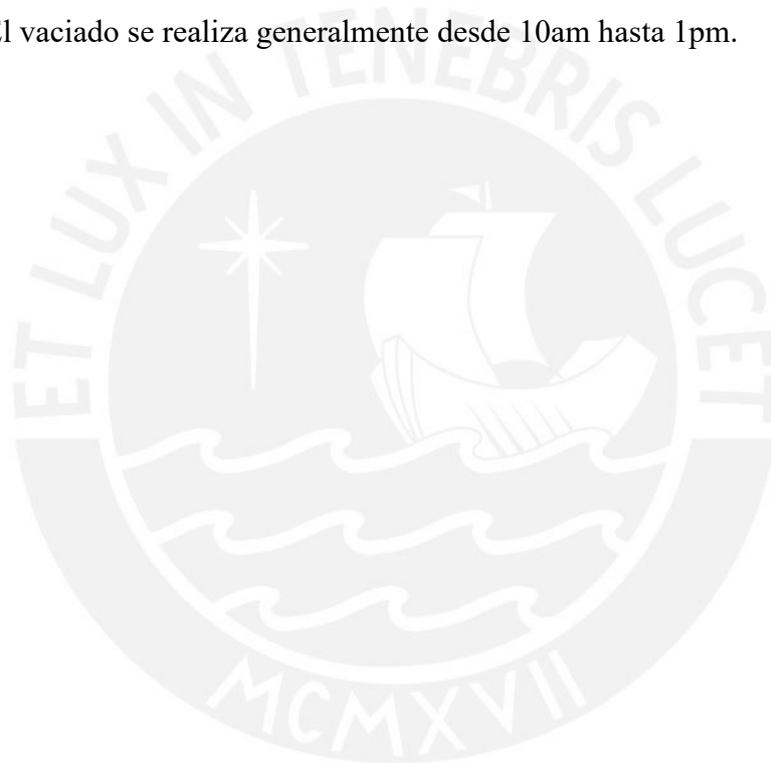
N° de obreros = 6	N° Peones	1
	N° Operarios	5

3) Índice de productividad de la partida

N° Total obreros	6
Tiempo (Hrs)	4.5
HH Totales	27
Metrado diario (m3)	25
IP (HH/m3)	1.08

4) Comentarios

- El transporte del concreto premezclado se realiza con la grúa estática.
- Para la partida se requiere obreros capacitados (operarios de equipo mediano y peón) según la tarea asignada. Esto se realiza por la complejidad del manejo de los equipos como el vibrador de concreto y la colocación del chute al encofrado.
- La toma de datos de la cuadrilla corresponde a la realización de loza maciza de $h=20\text{cm}$ y loza aligerada de 5cm de espesor de concreto.
- El vaciado se realiza generalmente desde 10am hasta 1pm.



TARRAJEO DE CIELO RASO (LOSA)



Gráfico 15. Tarrajeo de muros en obra.

Fuente propia.

1) Duración del proceso

El proceso empieza una vez completado el vaciado y desencofrado de los elementos horizontales en análisis, finalizando con el frotacho y el análisis de control de calidad del tarrajeo realizado.

2) Mano de obra

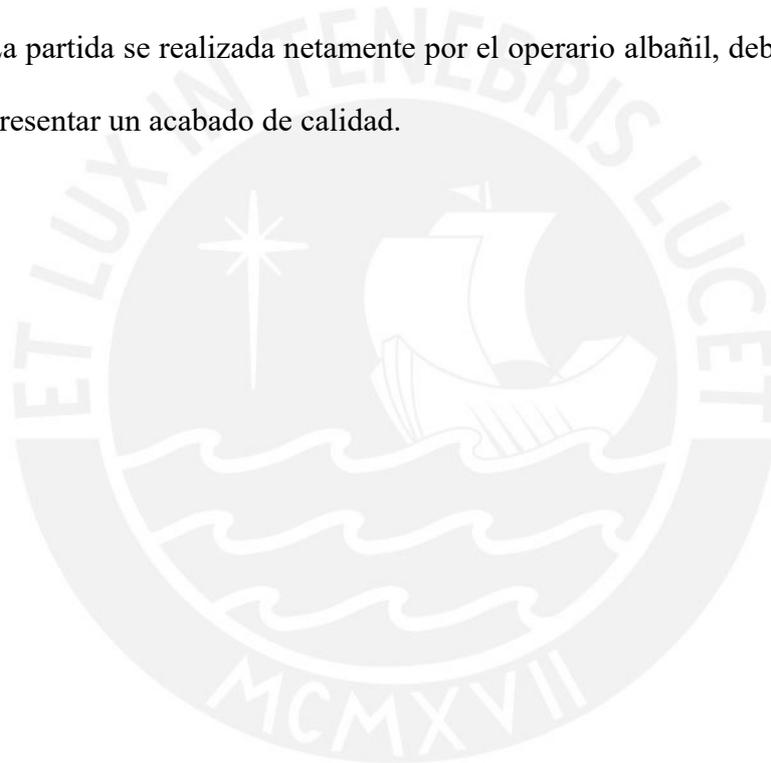
N° de obreros = 5	N° Peones	1
	N° Operarios	4

3) Índice de productividad de la partida

N° Total obreros	5
Tiempo (Hrs)	7
HH Totales	35
Metrado diario (m2)	72
IP (HH/m2)	0.486

4) Comentarios

- El tarrajeo de losas se realiza a un espesor de 1.5cm, para ello se utiliza el mortero (cemento +arena fina y agua).
- Para la partida se requiere obreros (operario albañil y peón) para la tarea asignada.
- La toma de datos de la cuadrilla corresponde a losas de pisos típicos.
- La partida se realizada netamente por el operario albañil, debido a que se debe presentar un acabado de calidad.



4.5.4. Resultado de Carta balance en obra

A continuación, se presentan los resultados de las mediciones de carta balance realizadas en las distintas partidas elegidas para el análisis de la obra en estudio.

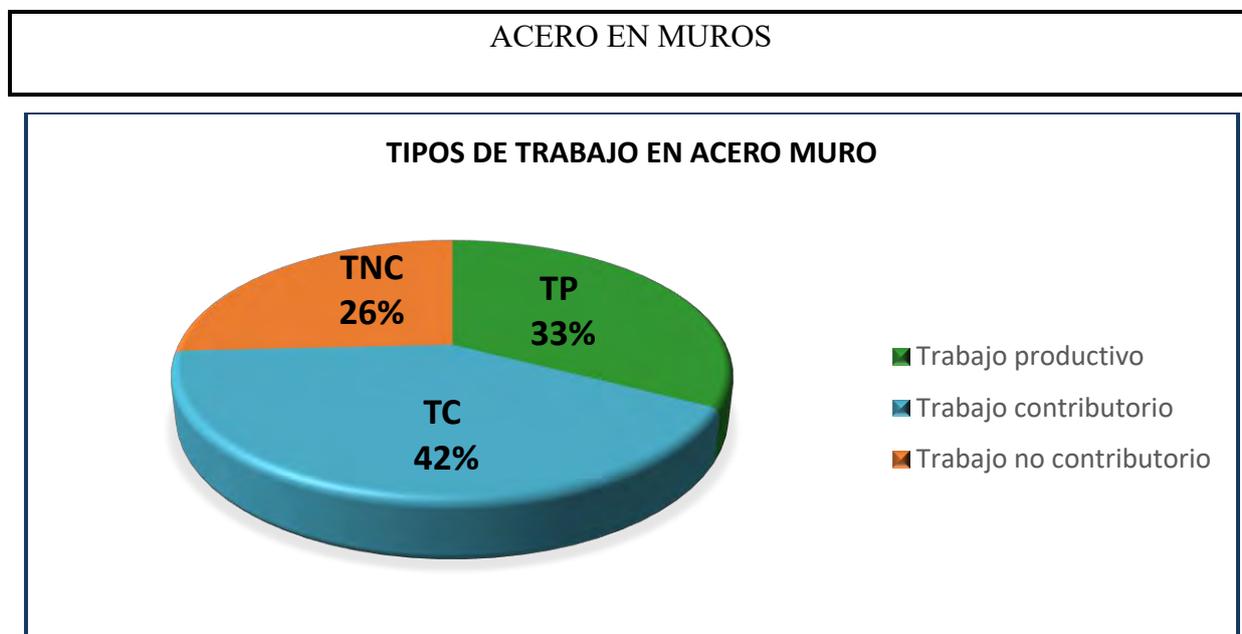


Gráfico 16. Resultados de porcentajes de carta balance en acero de muro. Fuente Propia.

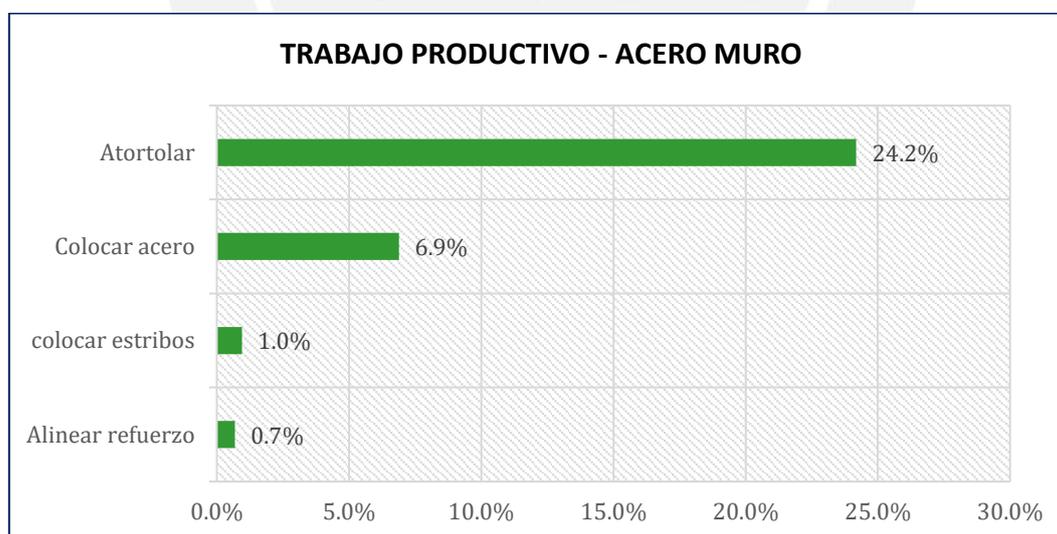


Gráfico 17. Resultados porcentajes parciales de los trabajos productivos respecto al total en acero. Fuente propia.

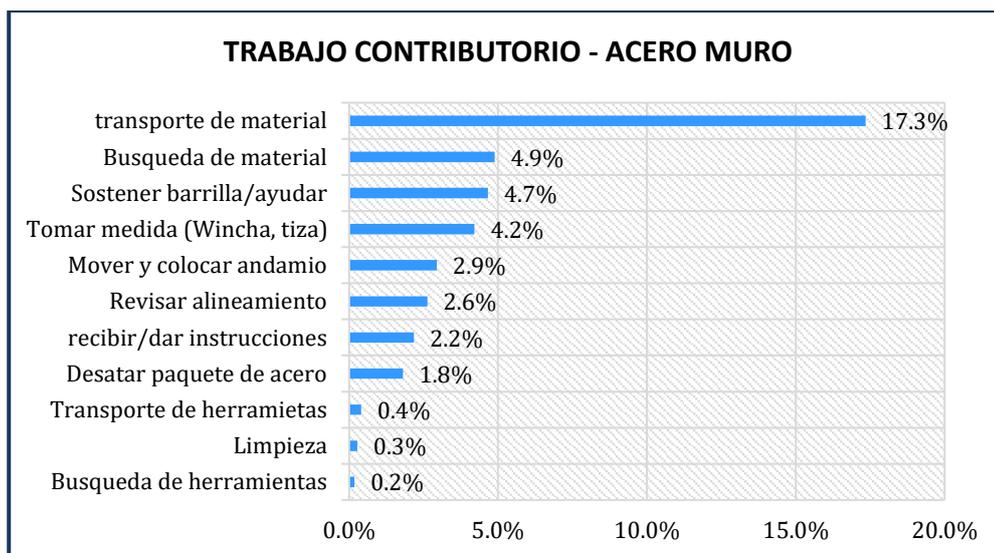


Gráfico 18. Resultados porcentajes parciales de los trabajos contributorio respecto al total en acero. Fuente propia.

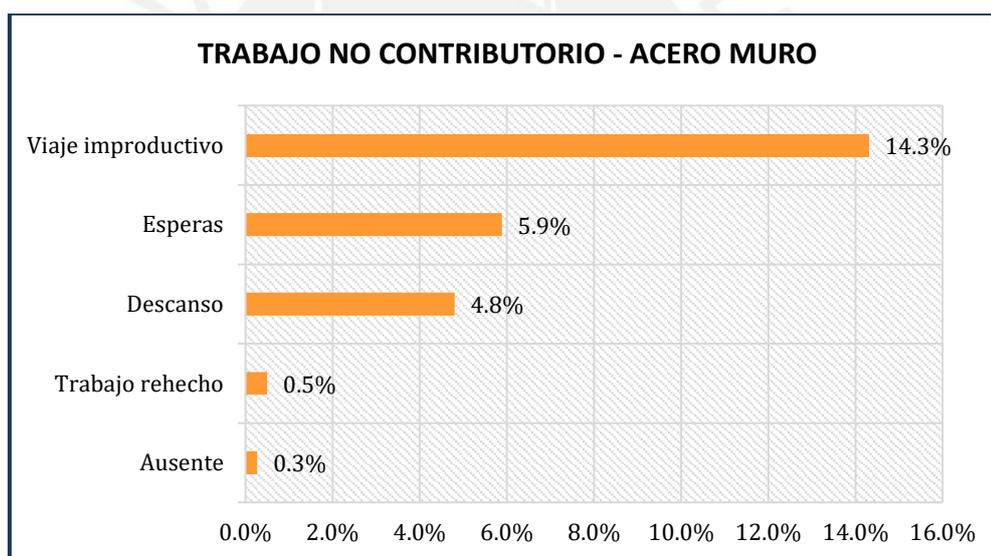


Gráfico 19. Resultados porcentajes parciales de los trabajos no contributorio respecto al total en acero. Fuente propia.

Tabla 9. Porcentaje de tipos de trabajo de cada obrero respecto al total – acero de muros

	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4
Trabajo productivo (TP)	7.9%	6.9%	10%	8%
Trabajo contributorio (TC)	9.7%	11.6%	11%	9%
Trabajo no contributorio (TNC)	7.4%	6.5%	4%	7%

Fuente: Elaborada por los autores

ENCOFRADO EN MUROS

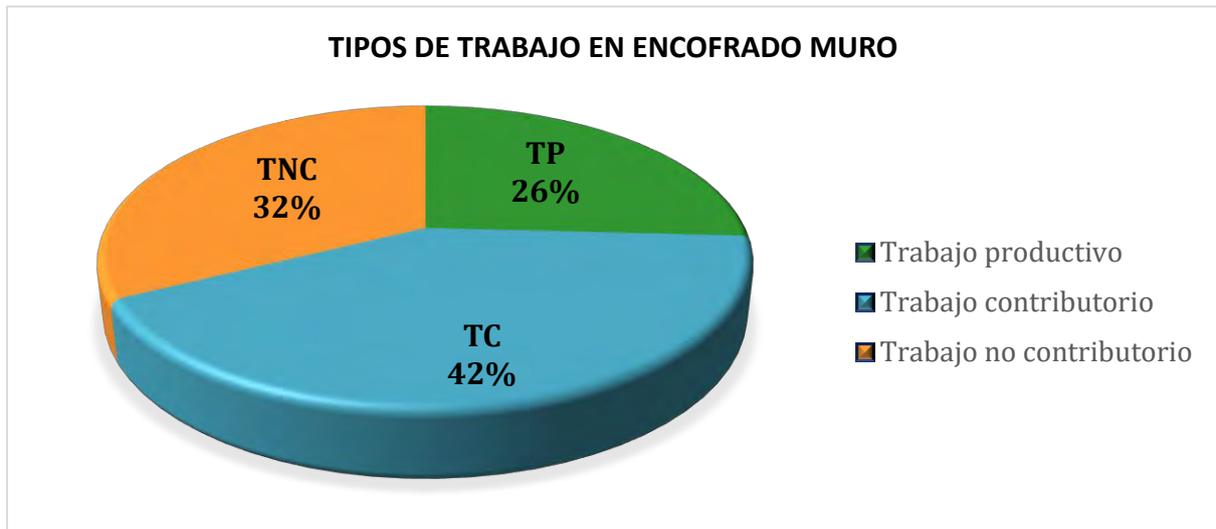


Gráfico 20. Resultados de porcentajes de carta balance en encofrado de muro. Fuente Propia.

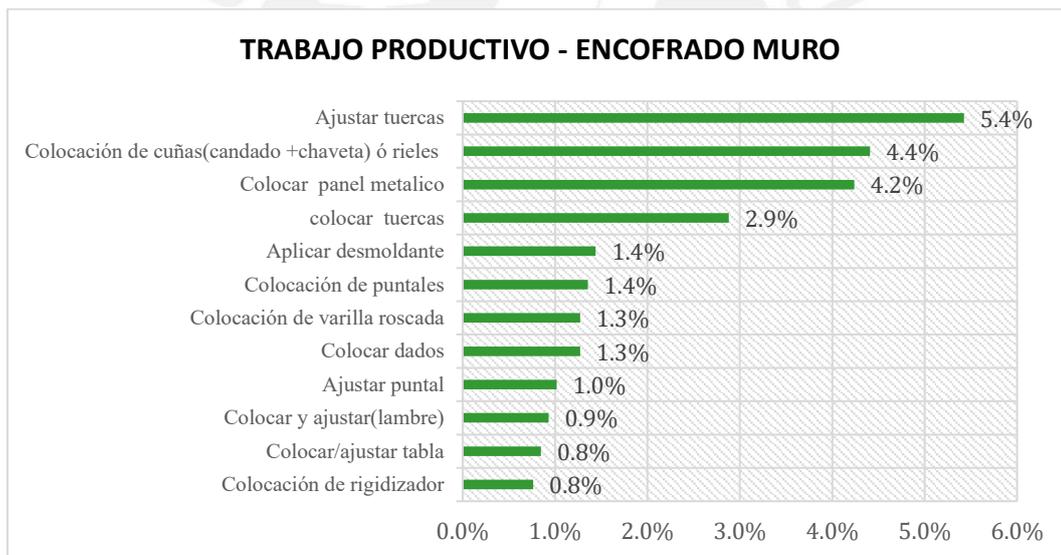


Gráfico 21. Resultados porcentajes parciales de los trabajos productivos respecto al total en encofrado. Fuente propia.

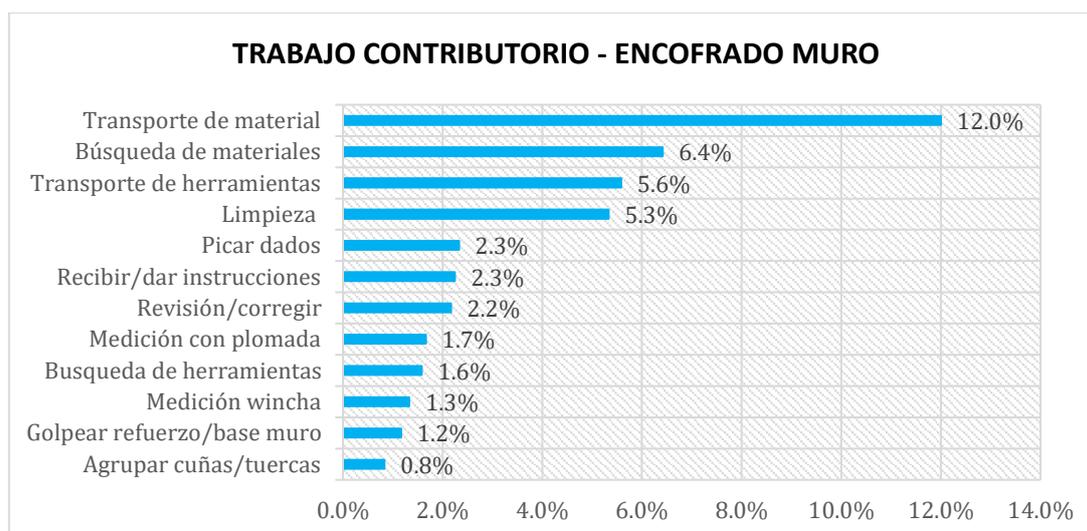


Gráfico 22. Resultados porcentajes parciales de los trabajos contributorio respecto al total en encofrado. Fuente propia.

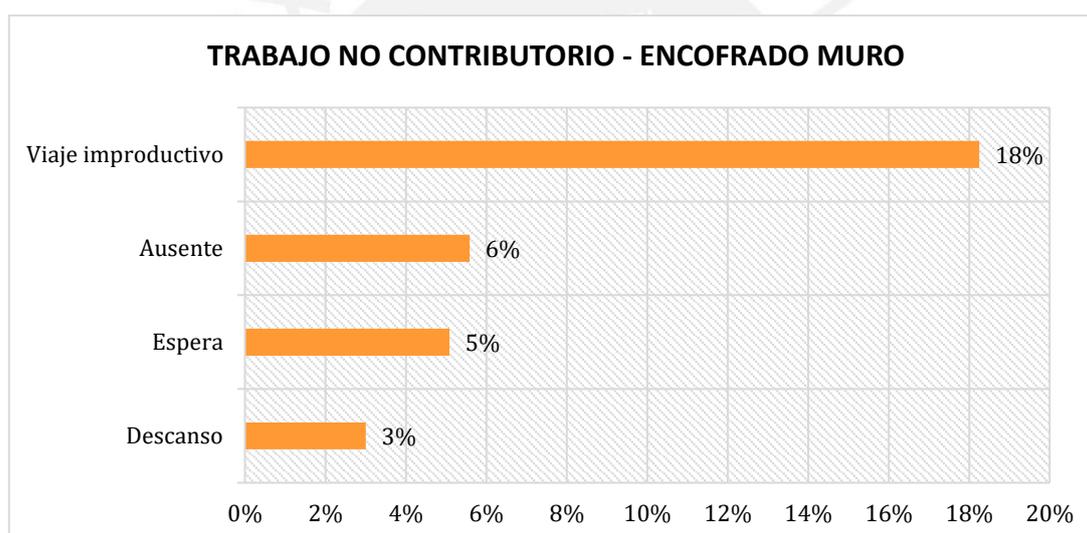


Gráfico 23. Resultados porcentajes parciales de los trabajos no contributorio respecto al total en encofrado. Fuente propia.

Tabla 10. Porcentaje de tipos de trabajo de cada obrero respecto al total – encofrado de muros

	Ayudante	Operario
Trabajo productivo (TP)	5.1%	20.8%
Trabajo contributorio (TC)	21.4%	20.3%
Trabajo no contributorio (TNC)	23.7%	8.7%

Fuente: Elaborada por los autores

VACIADO DE CONCRETO EN MUROS

TIPOS DE TRABAJO EN VACIADO DE CONCRETO EN MUROS

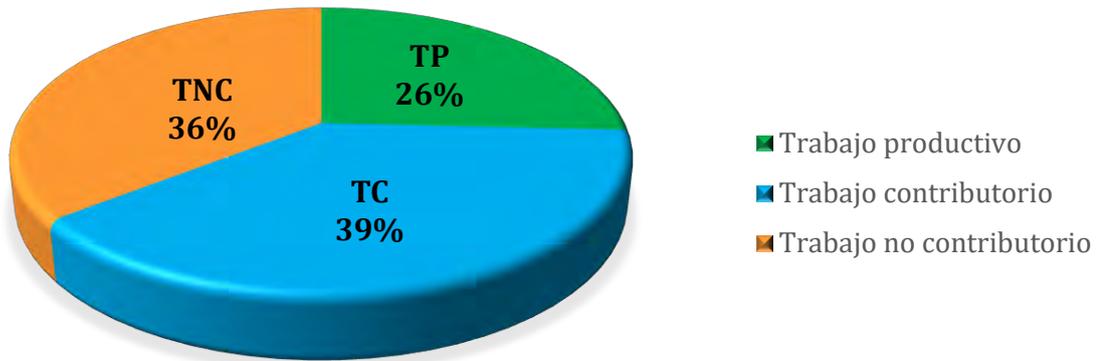


Gráfico 24. Resultados de porcentajes de carta balance de vaciado de concreto en muro.

Fuente Propia.

TRABAJO PRODUCTIVO-VACIADO DE CONCRETO EN MUROS

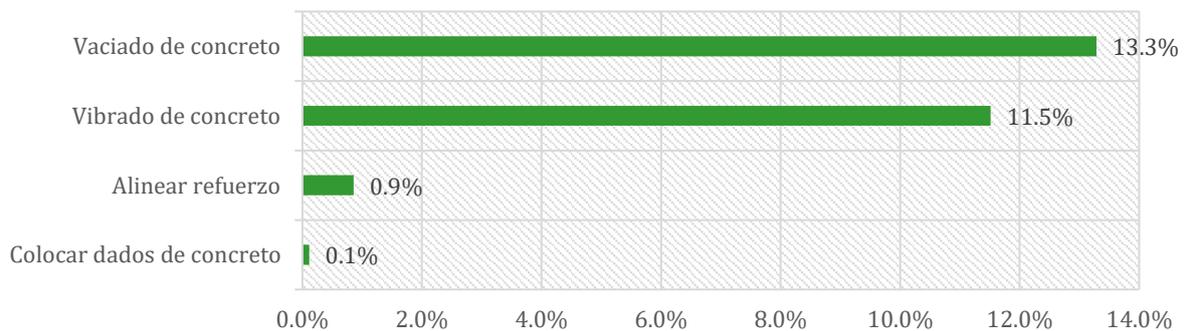


Gráfico 25. Resultados porcentajes parciales de los trabajos productivos respecto al total en vaciado de concreto en muros. Fuente propia.

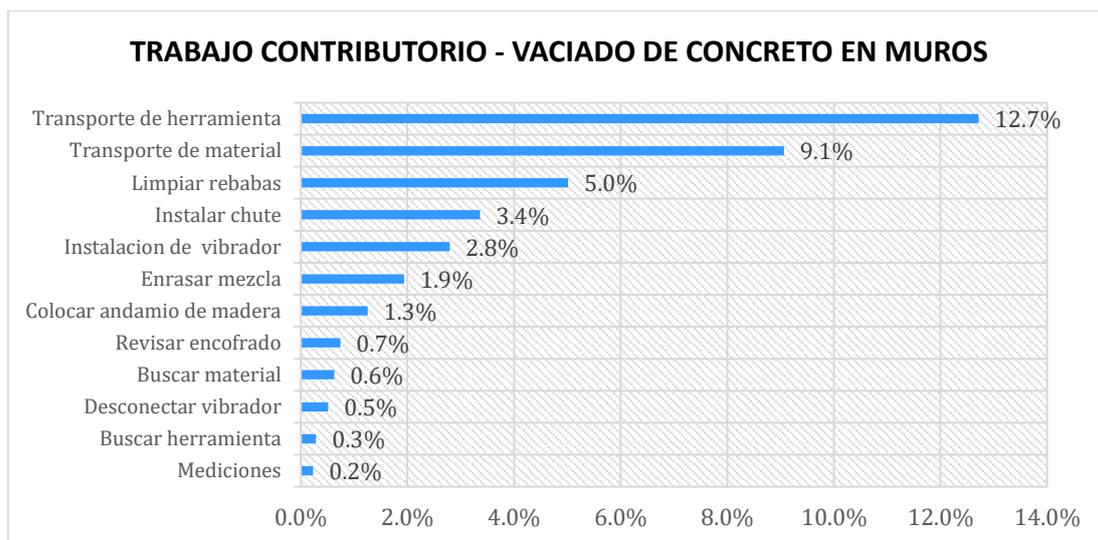


Gráfico 26. Resultados porcentajes parciales de los trabajos contributorio respecto al total en vaciado de concreto en muros. Fuente propia.

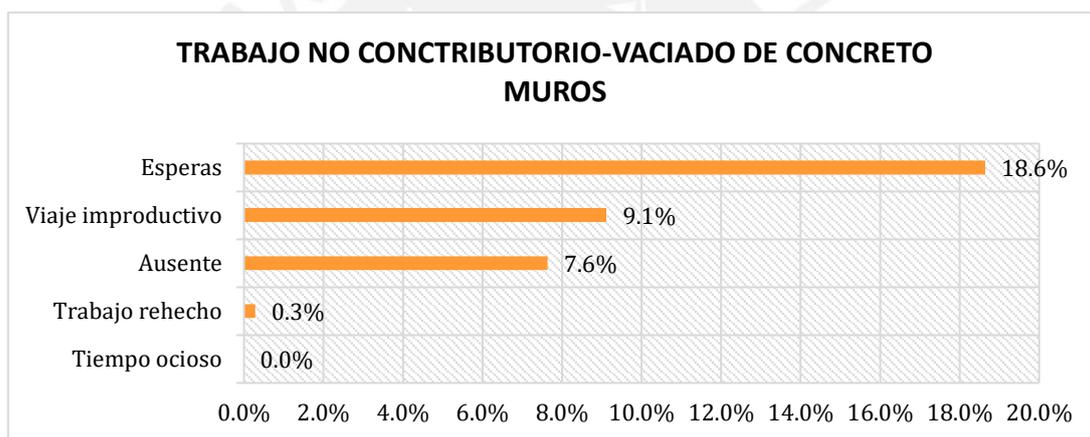


Gráfico 27. Resultados porcentajes parciales de los trabajos no contributorio respecto al total en vaciado de concreto en muros. Fuente propia.

Tabla 11. Porcentaje de tipos de trabajo de cada obrero respecto al total – vaciado de concreto de muros.

	Operario 1	Operario 2	Ayudante
Trabajo productivo (TP)	38.5%	46.5%	15.0%
Trabajo contributorio (TC)	34.0%	30.5%	35.5%
Trabajo no contributorio (TNC)	28.9%	27.0%	44.1%

Fuente: Elaborada por los autores

TARRAJEO DE MUROS

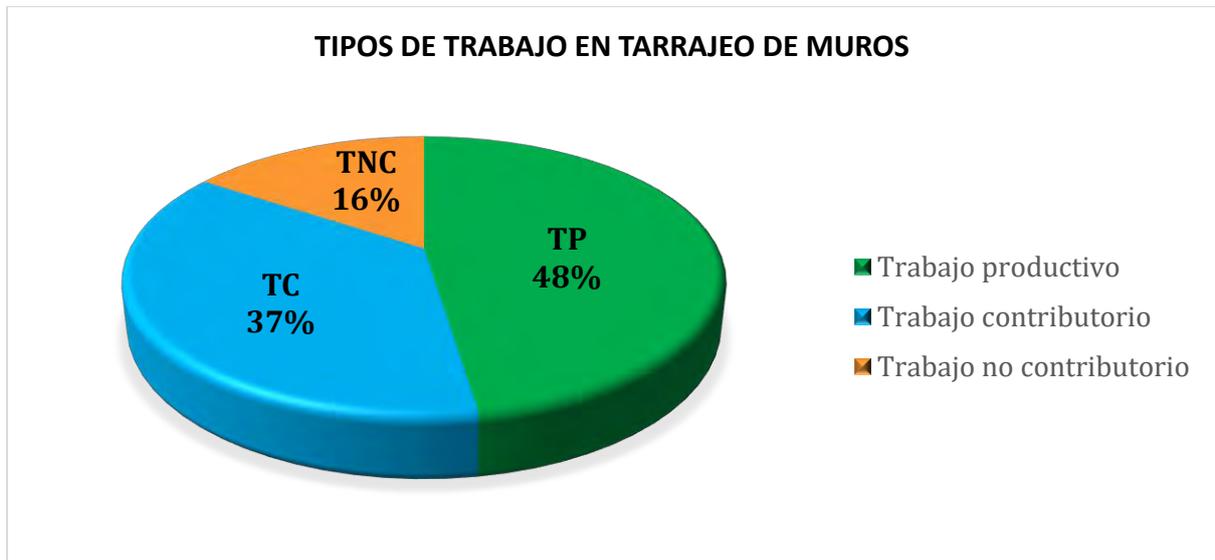


Gráfico 28. Resultados de porcentajes de carta balance de tarrajeo de muros. Fuente Propia

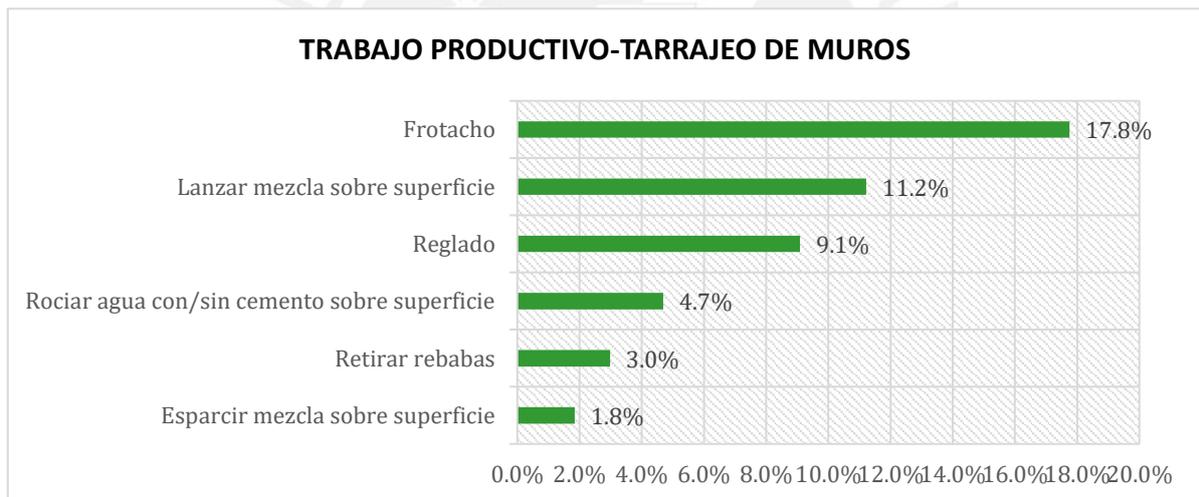


Gráfico 29. Resultados porcentajes parciales de los trabajos productivos respecto al total en tarrajeo de muros. Fuente propia.

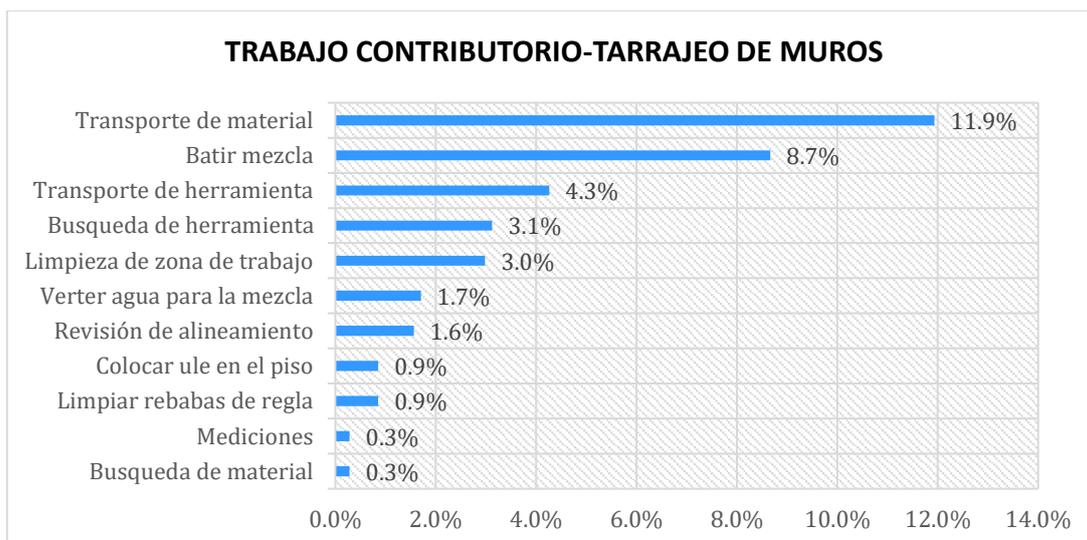


Gráfico 30. Resultados porcentajes parciales de los trabajos contributorio respecto al total en tarrajeo de muros. Fuente propia.

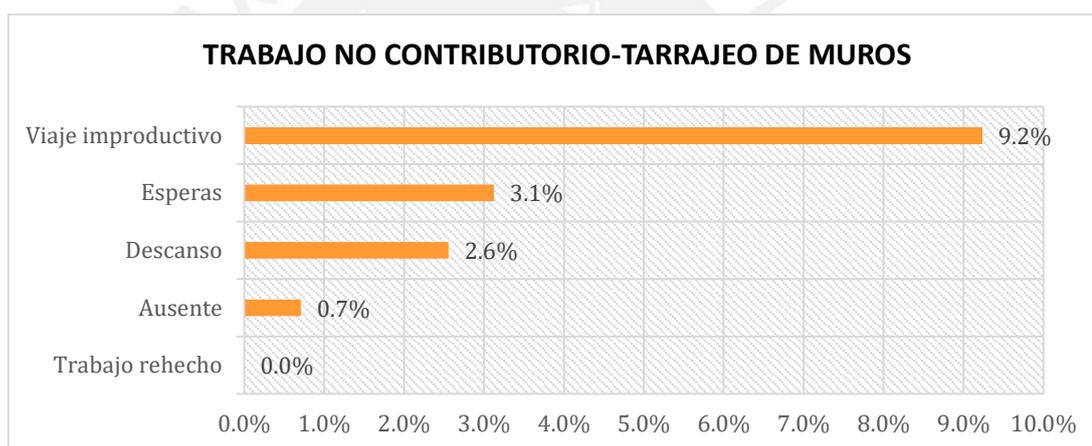


Gráfico 31. Resultados porcentajes parciales de los trabajos no contributorio respecto al total en tarrajeo de muros. Fuente propia.

Tabla 12. Porcentaje de tipos de trabajo de cada obrero respecto al total – tarrajeo de muros.

	Operario
Trabajo productivo (TP)	48%
Trabajo contributorio (TC)	37%
Trabajo no contributorio (TNC)	16%

Fuente: Elaborada por los autores

ENCOFRADO DE LOSA



Gráfica 32. Resultados de porcentajes de carta balance en encofrado de losa. Fuente Propia.

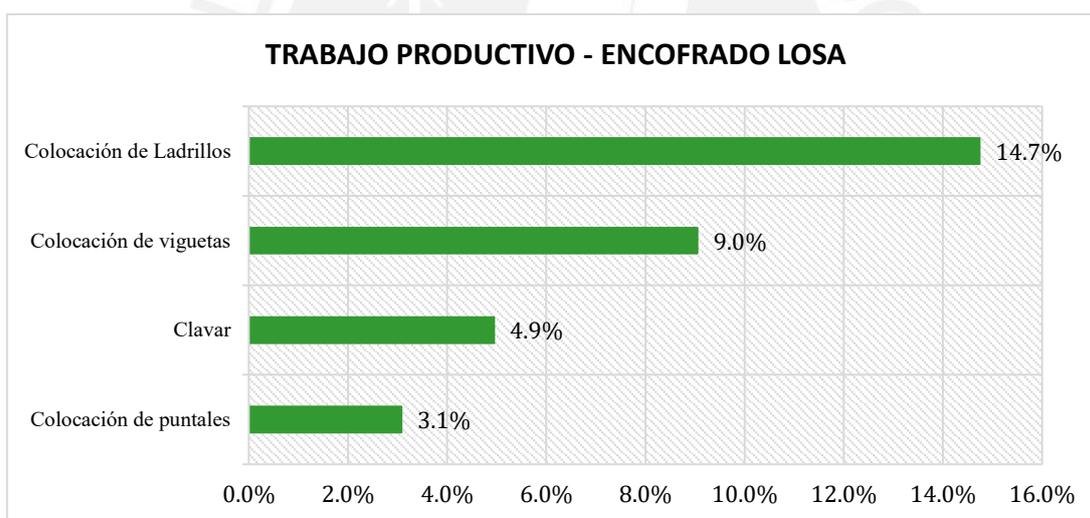


Gráfico 33. Resultados porcentajes parciales de los trabajos productivos respecto al total en encofrado. Fuente propia.

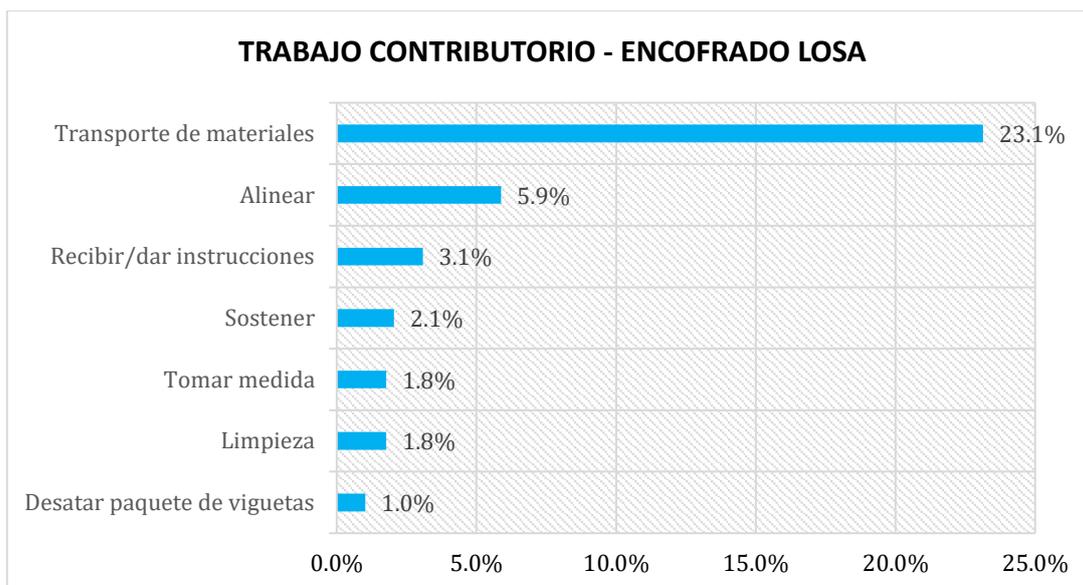


Gráfico 34. Resultados porcentajes parciales de los trabajos contributorio respecto al total en encofrado. Fuente propia.

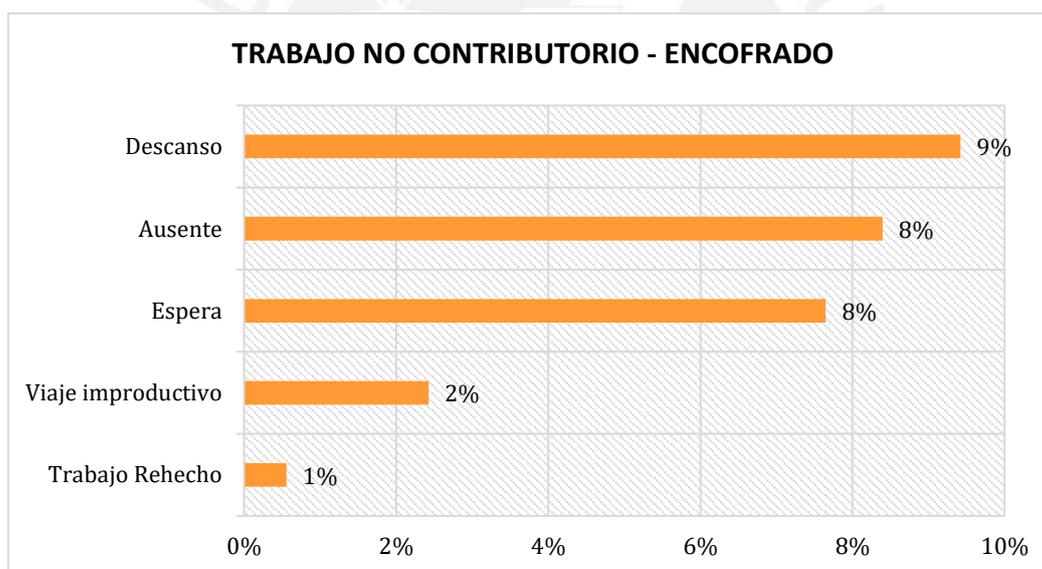


Gráfico 35. Resultados porcentajes parciales de los trabajos no contributorio respecto al total en encofrado. Fuente propia.

Tabla 13. Porcentaje de tipos de trabajo de cada obrero respecto al total – encofrado de losa

	Operario	Operario
Trabajo productivo (TP)	8.5%	24.3%
Trabajo contributorio (TC)	20.6%	14.0%
Trabajo no contributorio (TNC)	16.8%	11.7%

Fuente: Elaborada por los autores

ACERO EN LOSA

TIPOS DE TRABAJO EN ACERO EN LOSAS

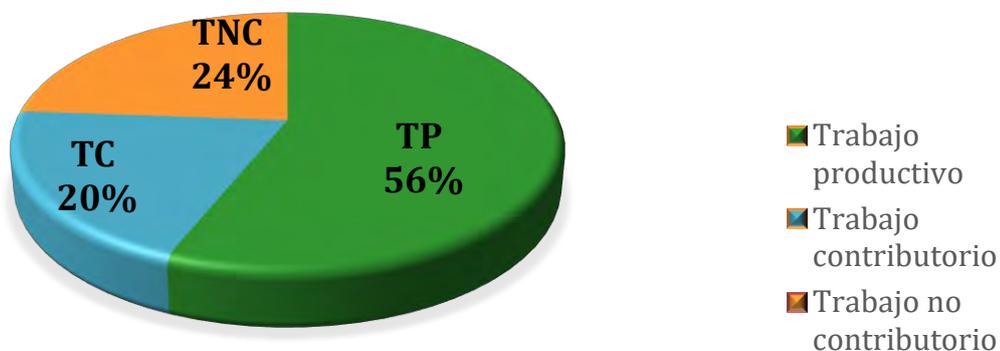


Gráfico 36. Resultados de porcentajes de carta balance en acero de losa. Fuente Propia.

TRABAJO PRODUCTIVO - ACERO LOSAS

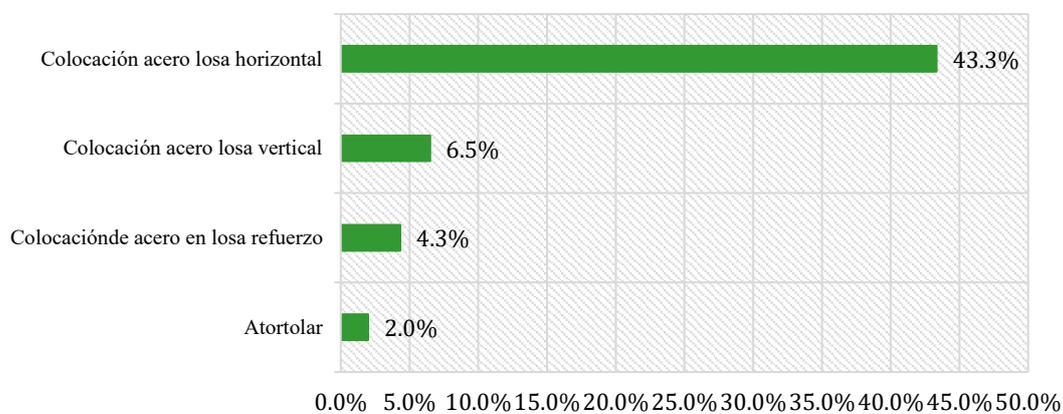


Gráfico 37. Resultados porcentajes parciales de los trabajos productivos respecto al total en acero de losa. Fuente propia.

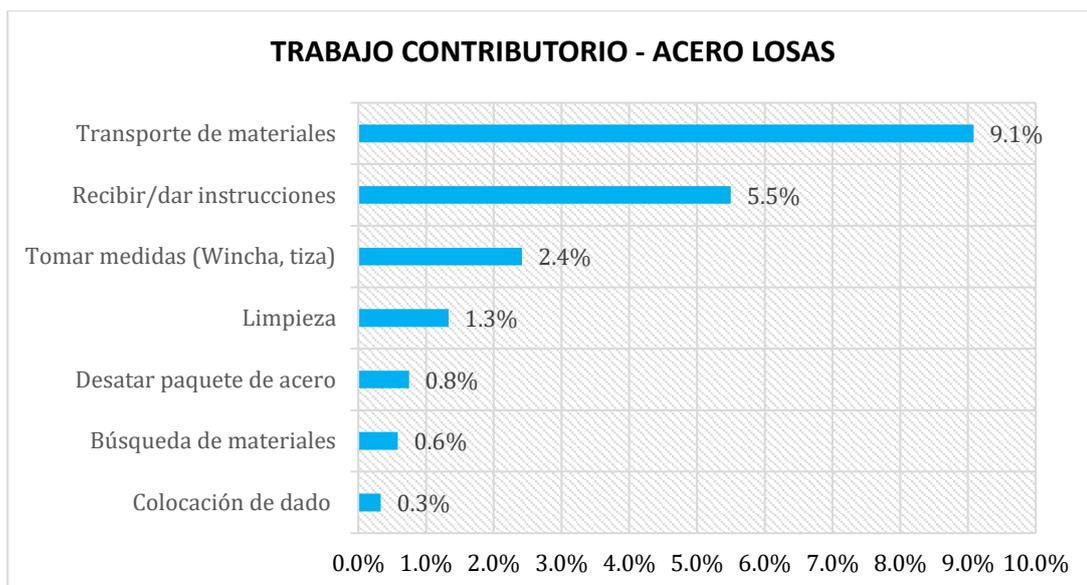


Gráfico 38. Resultados porcentajes parciales de los trabajos contributorio respecto al total en acero de losa. Fuente propia.

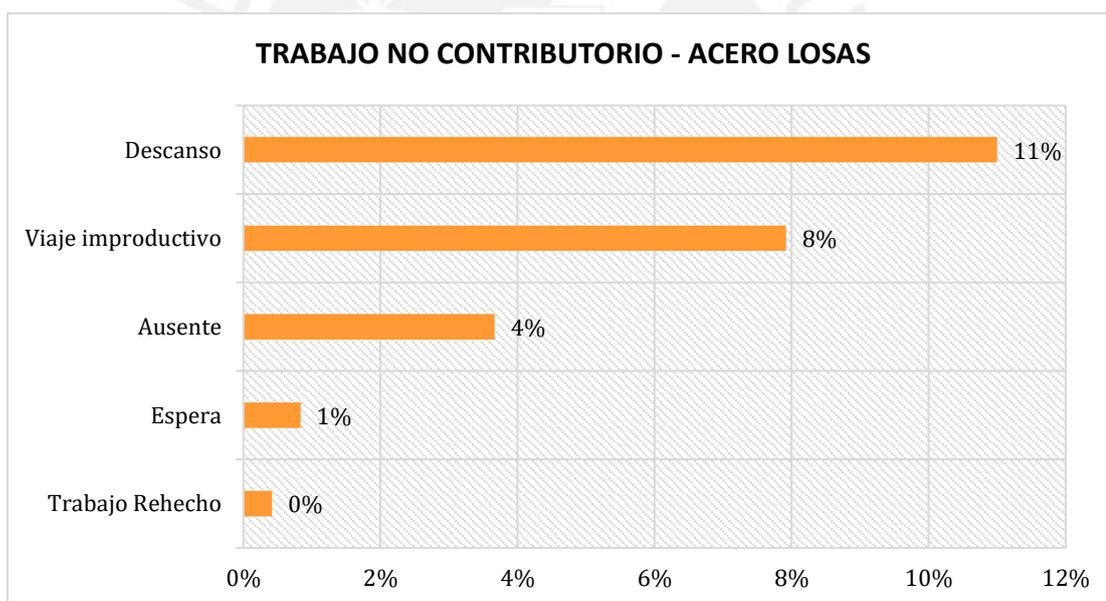


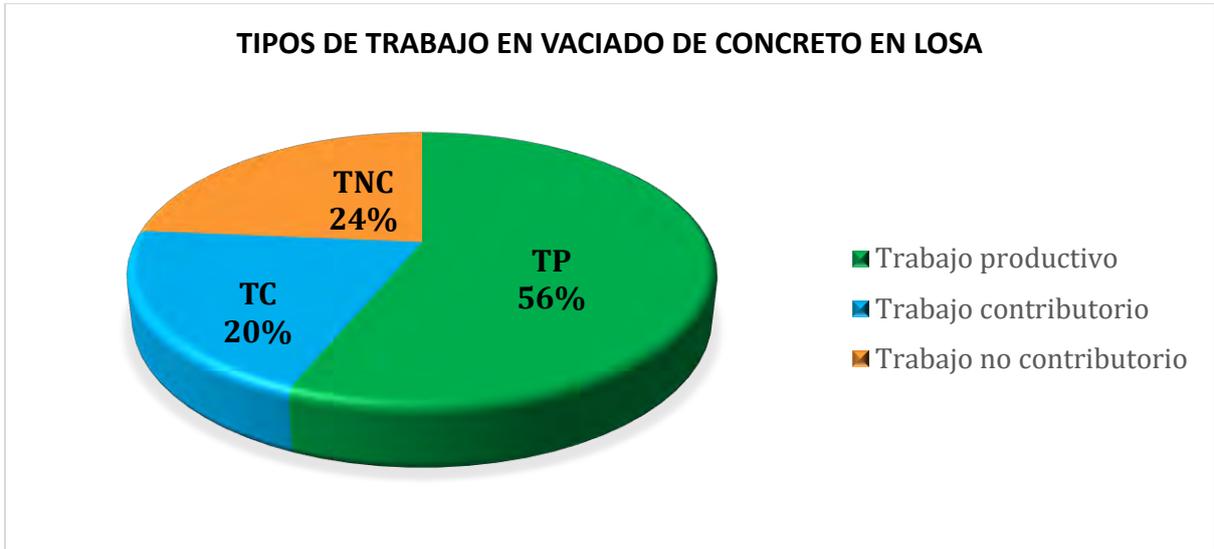
Gráfico 39. Resultados porcentajes parciales de los trabajos no contributorio respecto al total en acero. Fuente propia.

Tabla 14. Porcentaje de tipos de trabajo de cada obrero respecto al total – acero de losa

	Operario 1	Operario 2
Trabajo productivo (TP)	27.5%	28.7%
Trabajo contributorio (TC)	10.3%	9.8%
Trabajo no contributorio (TNC)	12.3%	11.6%

Fuente: Elaborada por los autores

VACIADO DE CONCRETO EN LOSA



Gráfica 40. Resultados de porcentajes de carta balance de vaciado de concreto en losa.

Fuente Propia.

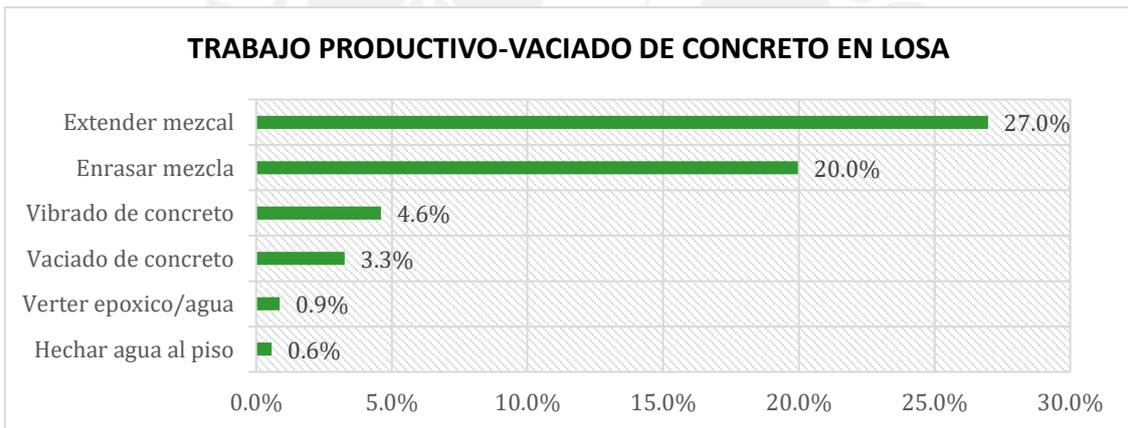


Gráfico 41. Resultados porcentajes parciales de los trabajos productivos respecto al total en vaciado de concreto en losa. Fuente propia.

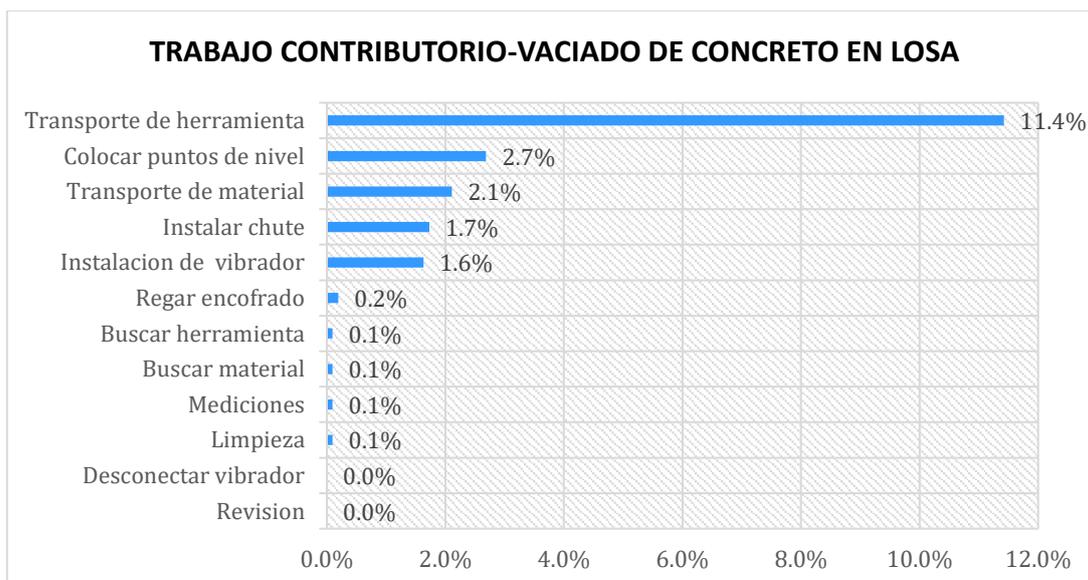


Gráfico 42. Resultados porcentajes parciales de los trabajos contributorio respecto al total en vaciado de concreto en losa. Fuente propia.

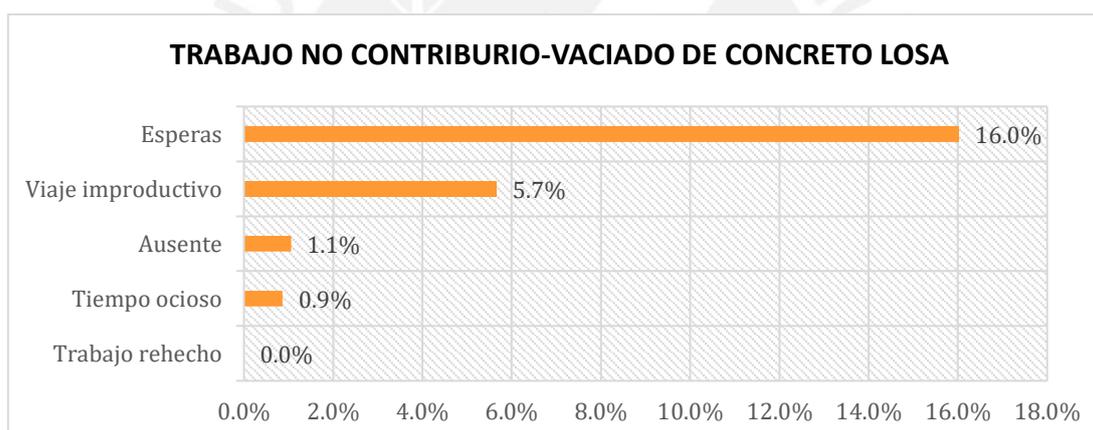


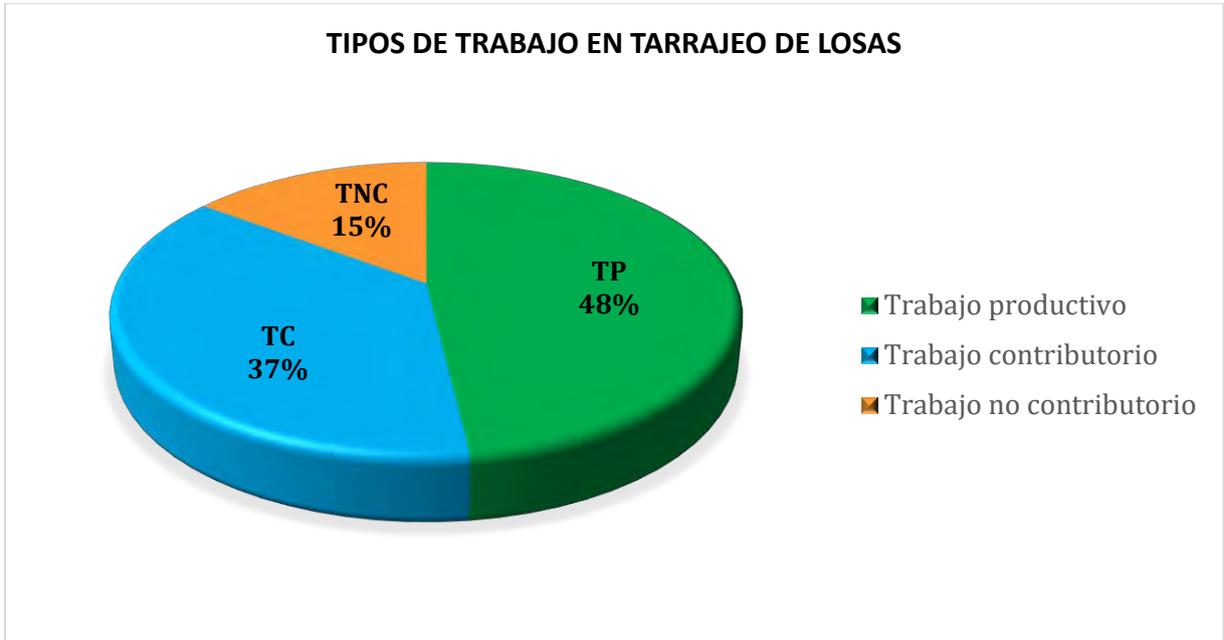
Gráfico 43. Resultados porcentajes parciales de los trabajos no contributorio respecto al total en vaciado de concreto en losa. Fuente propia.

Tabla 15. Porcentaje de tipos de trabajo de cada obrero respecto al total – vaciado de concreto de losa.

	Operario 1	Operario 2	Ayudante
Trabajo productivo (TP)	38.5%	46.5%	15.0%
Trabajo contributorio (TC)	34.0%	30.5%	35.5%
Trabajo no contributorio (TNC)	28.9%	27.0%	44.1%

Fuente: Elaborada por los autores

TARRAJEO DE LOSAS



Gráfica 44. Resultados de porcentajes de carta balance de tarrajeo de losas. Fuente Propia.

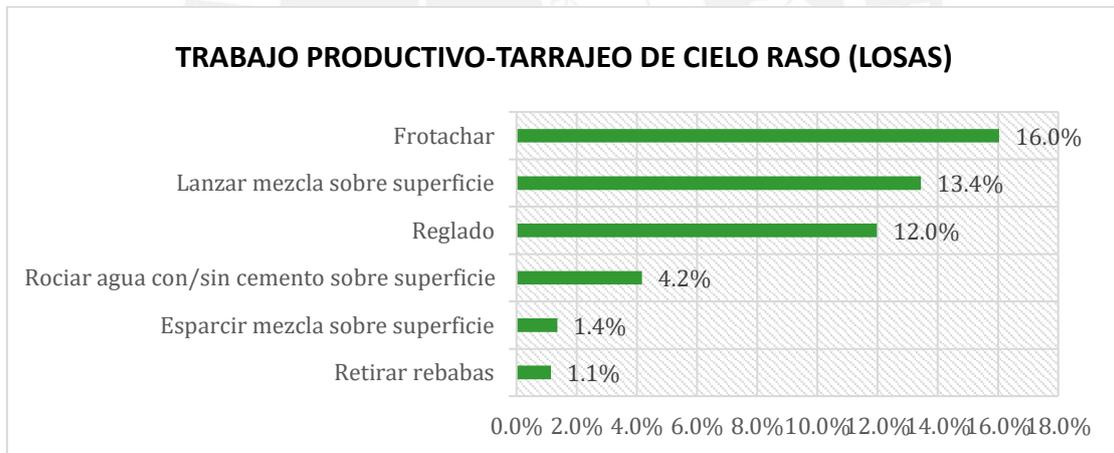


Gráfico 45. Resultados porcentajes parciales de los trabajos productivos respecto al total en tarrajeo de losas. Fuente propia.

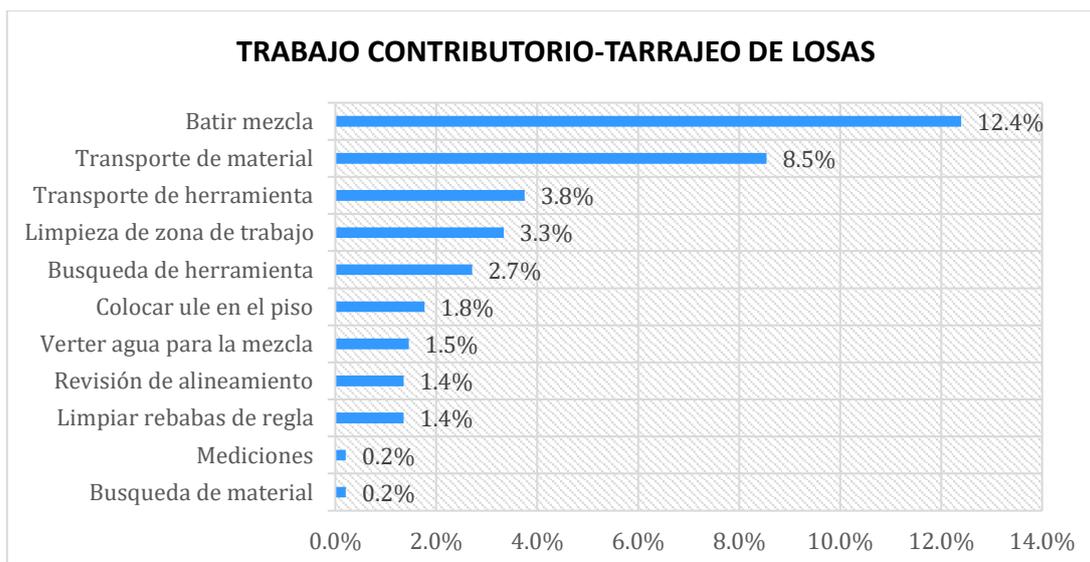


Gráfico 46. Resultados porcentajes parciales de los trabajos contributorio respecto al total en tarrajeo de losas. Fuente propia.

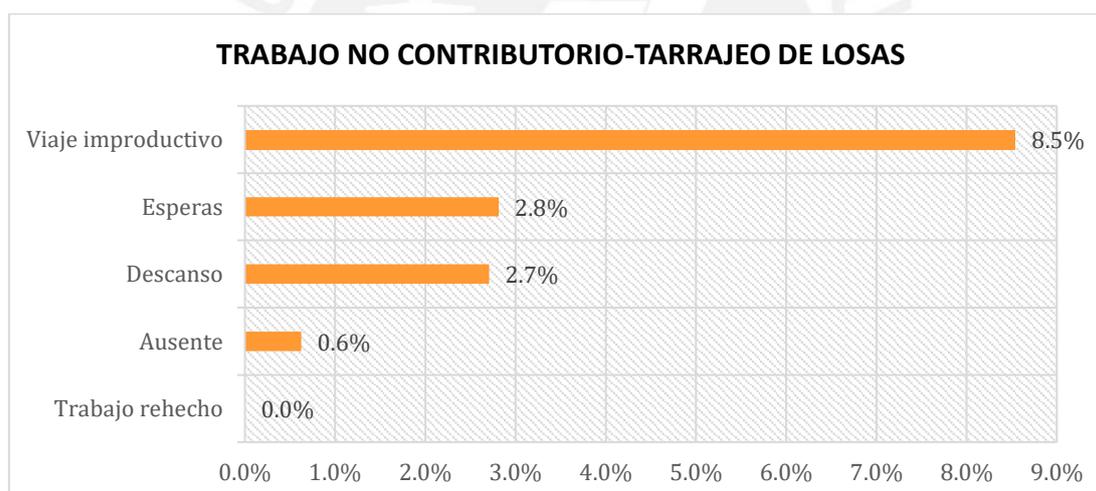


Gráfico 47. Resultados porcentajes parciales de los trabajos no contributorio respecto al total en tarrajeo de losas. Fuente propia.

Tabla 16. Porcentaje de tipos de trabajo de cada obrero respecto al total – tarrajeo de cielo raso.

	Operario
Trabajo productivo (TP)	46%
Trabajo contributorio (TC)	37%
Trabajo no contributorio (TNC)	18%

Fuente: Elaborada por los autores

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Análisis de la entrevista al *Staff* de obra

5.1.1. Planificación en la obra en estudio

1) Procedimiento establecido

En el proceso de la planificación del proyecto es importante partir desde un plan maestro de obra en donde se muestran los hitos más importantes y la fecha de culminación de este. A partir del cronograma maestro, es posible realizar una planificación más detallada en donde se muestren las actividades de cada semana por medio del uso del *Look Ahead*, el cual tiene una extensión de visualización de las 3 semanas próximas y permite secuenciar las actividades para conseguir un flujo continuo de trabajo. Se continúa con el plan semanal con el objetivo de realizar un análisis posterior al cumplimiento de cada semana. Si bien en la obra no existe un procedimiento estandarizado de plan diario, este es analizado visualmente por el ingeniero de campo, permitiendo así conocer el avance de obra de forma estimada y poco exacta.

Con la planificación propiamente establecida, se realiza un análisis de restricciones con el propósito de liberar las actividades necesarias para que el trabajo de las partidas continúe su curso. Este análisis de restricciones incluye la gestión de recursos por parte de la oficina técnica respecto al personal, materiales y herramientas necesarios en obra.

2) Herramientas utilizadas

Para un avance adecuado en obra, el *staff* utiliza ciertas herramientas contenidas en el *Last Planner System*, sin llegar a utilizar en su totalidad este sistema. Sin embargo, para la planificación de la obra, utilizan herramientas básicas y conocidas como el Plan Maestro, *Look ahead*, Plan semanal y el análisis de restricciones.

3) Etapa de realización

La planificación es realizada semanalmente con el objetivo de analizar las distintas herramientas y determinar el ritmo de la obra. Así mismo, puede llegar a existir variaciones en los trabajos realizados frente a los planificado inicialmente. Cada semana se analizan los trabajos y partidas con el propósito de ser liberadas para su ejecución a través del análisis de restricciones.

4) Frecuencia de cumplimiento

El cumplimiento no se efectúa en su totalidad debido a que, en muchos casos, existen retrasos por entrega en despacho o demoras en las partidas que se ejecutaban. Sin embargo, a pesar de que puedan existir motivos externos que generen retrasos, tales como, accidentes, visitas municipales inesperadas o quejas de personas vecinas al proyecto, etc., estos no se han manifestado en este proyecto, permitiendo un avance adecuado.

5) Involucrados en la etapa

Los involucrados en la etapa de planificación son, en resumen, parte del *Staff* presente en la obra. Interviene en primer lugar el gerente de obra, el residente, el ingeniero de campo y el asistente de productividad.

6) Importancia de la planificación

Para llegar a generar un control adecuado de las actividades, recursos de mano de obra o materiales, es importante realizar una planificación, permitiendo anticiparse a las actividades que preceden en cada semana. De esta manera, conociendo la secuencia de las actividades, se puede lograr realizar un análisis de restricciones que permitan tenerlas listas para su ejecución, manteniendo un flujo adecuado en el proceso constructivo. Una adecuada planificación tiene como resultado una mejor producción, calidad y seguridad.

5.1.2. Seguimiento y control en la obra en estudio

1) Procedimiento establecido

Para el proceso de seguimiento y control de la mano de obra en estudio, se realiza una revisión de rendimientos de las cuadrillas, la cantidad de trabajo producido en las jornadas y las siguientes actividades a ejecutarse y son necesarias tener en claro para determinar el personal necesario en cada una de las partidas. El seguimiento y control de la mano de obra en campo son realizados por los asistentes de producción, con el propósito de realizar ajustes en caso existan problemas en los flujos de trabajo. Además, con la finalidad de analizar las causas de incumplimiento, se suele realizar reuniones semanales integrada por el Ingeniero residente, Ingeniero de campo, los asistentes de productividad y el maestro de obra.

2) Herramientas utilizadas

Las herramientas utilizadas referidos al seguimiento y control son pocas. Se establecen los datos recopilados de la productividad y los rendimientos a través de formatos escritos. Así mismo, se analizan de forma superficial en determinados momentos un estado actual de obra en donde se observan las actividades que realiza el personal en general del proyecto. Con ello se identifica los trabajos productivos, contributorio y no contributorio; sin embargo, no se realiza una medición detallada como con el uso del Nivel General de Actividades o Carta Balance. Debido a ello, esta forma de análisis actual en el proyecto permite dar una visión poco exacta con respecto a la productividad.

3) Etapa de realización

Este control de la productividad de la mano de obra se realiza diariamente con el propósito de saber el ritmo de ejecución y determinar los problemas que llegan a originar

algún problema en los flujos de las partidas que puedan generar retrasos en el avance estimado.

4) Frecuencia de cumplimiento

En la mayoría del tiempo, se suele cumplir con el seguimiento y control de la mano de obra diariamente. Así mismo existen casos en donde este análisis no llega a ser completo debido a los distintos factores externos que puede surgir, tales como visitas en obra o inspecciones de la municipalidad. Cabe mencionar que, en algunas ocasiones, no se llega a cumplir con este proceso por el hecho de buscar una mayor productividad y avance en obra. Esto genera que existan mayores desperdicios y una búsqueda de sobreproducción que no se cumple al final de la jornada; asimismo, genera problemas de calidad.

5) Involucrados en la etapa

Los involucrados en esta etapa son, esencialmente el ingeniero de campo que apoya con la recopilación y análisis de los rendimientos en campo, así como de observar el avance realizado en cada jornada. Por otro lado, participa la oficina técnica con el propósito de brindar la logística respecto a la mano de obra, materiales y herramientas. Así mismo, intervienen los asistentes de productividad con el objetivo de recopilar información a través de reportes.

6) Importancia del seguimiento y control

Esta etapa es importante debido a que permite controlar tanto el tiempo como el dinero estimado en obra, evitando producir sobrecostos que puede llegar a ser perjudicial para la empresa encargada de realizar el proyecto por exceso de desperdicios en materiales y de personal.

5.2. Análisis de flujos de trabajo

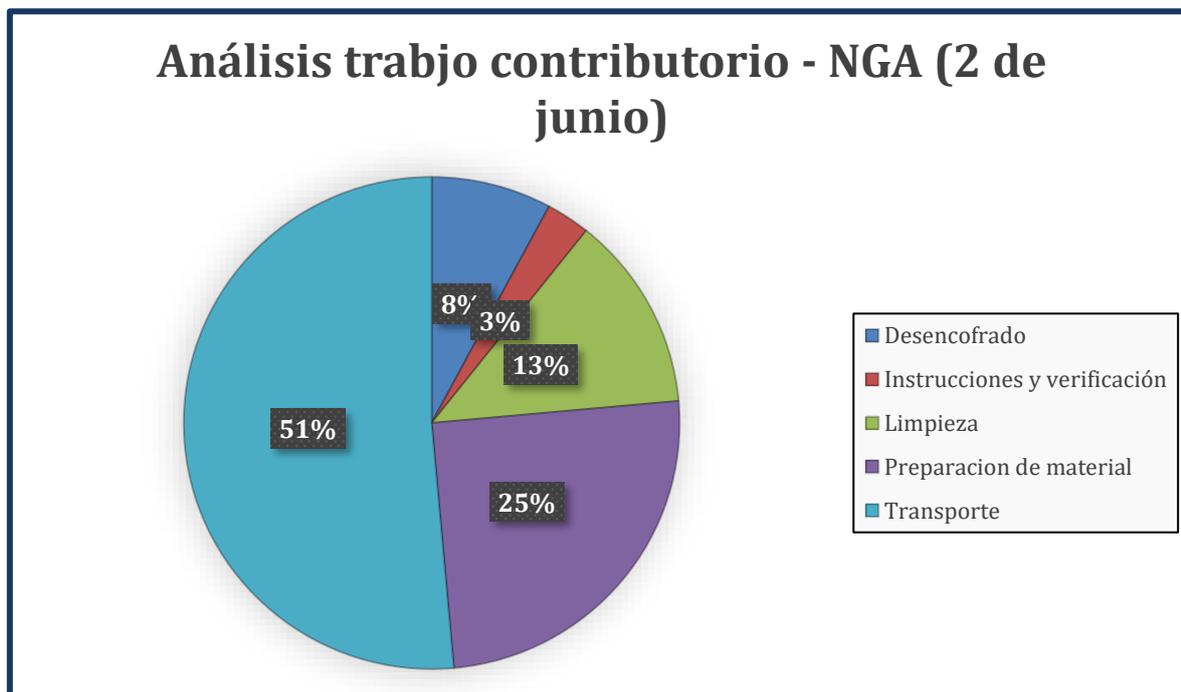
5.2.1. Análisis de Nivel General de Actividades

A partir de las mediciones realizada con el Nivel General de Actividades (NGA) sobre el flujo de actividades, se procede a realizar el análisis de los tres tipos de trabajo que se presenta en la obra en estudio.

Respecto al Gráfico 6, se observa que, según la forma actual de trabajo en la obra, se obtiene **únicamente un 33% de trabajo productivo**, un 35% de trabajo contributorio, mientras que un **32% de las actividades durante la jornada muestra un trabajo no contributorio**. Así mismo, en el Gráfico 7, realizado dos semanas después, se observa que estos porcentajes no han variado significativamente. **Muestra un 32% de trabajo productivo**, un 35% de trabajo contributorio, **mientras que el trabajo no contributorio corresponde al 33%**. Esto muestra una leve disminución del trabajo productivo, pero un leve aumento en el trabajo no contributorio del 1%.

Estos resultados muestran un claro déficit de productividad en la obra, evidenciando que, a pesar del uso de algunas herramientas en la planificación del *Last Planner System* y herramientas de seguimiento y control, estas no llegan a ser suficientes para tener una productividad adecuada. De acuerdo con Ghio (2001), pasar a niveles de producción de hasta el 45% puede llegar a ser relativamente sencillo si se tiene una adecuada planificación y control de obra. Inclusive, es posible llegar hasta niveles de productividad del 55% o 60%, siendo una tarea más complicada. Para ello es necesario un adecuado uso de la filosofía *Lean* o Sistemas de gestión y herramientas, junto la importancia de la constructibilidad en obra.

Por otro lado, realizando un análisis disgregado de los datos obtenidos a través del Nivel General de actividades, se obtienen los siguientes resultados.



Gráfica 48. Análisis de trabajo contributorio – NGA.

Fuente: Propia.

A partir del gráfico mostrado, se observa que un 51% del tiempo en trabajos contributorios corresponde a la actividad de transporte de material y herramientas, mientras que un 25% corresponde a la preparación del material para la realización de los trabajos correspondientes. Las actividades con menor porcentaje corresponden a limpieza, desencofrado e instrucciones y verificación con un 13%, 8%, y 3% respectivamente.

De acuerdo con estos resultados, podemos identificar las actividades que presentan un mayor consumo en el tiempo. Ello permite analizar el flujo en estas actividades, buscando nuevas alternativas para reducir las pérdidas que se producen en el trabajo contributorio y permitan un mayor trabajo productivo. Es importante mencionar que la clasificación de cada una de estas actividades depende de la obra en el cual se analiza el nivel general de actividades.

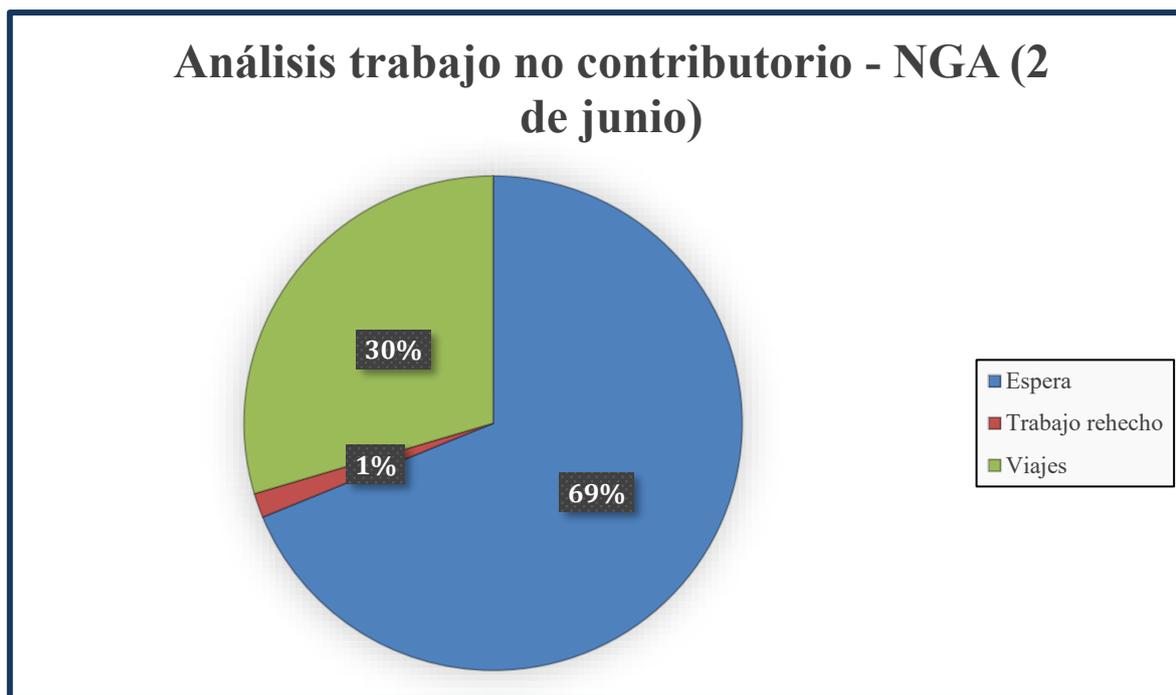


Gráfico 49. Análisis de trabajo no contributivo – NGA.

Fuente: Propia.

Por otro lado, en el Gráfico 49 se muestra que el 69% en los trabajos no contributivos corresponden a esperas del personal para realizar las actividades durante la jornada. Así mismo, un 30% hace referencia a los viajes, mientras que únicamente un 1% muestra trabajo no contributivo por trabajos rehechos.

De acuerdo con lo mostrado, observamos claramente una gran pérdida de horas hombre durante la jornada producto de las esperas en los trabajos. Ello se debe, en esencia, a una indisponibilidad de materiales, herramientas o equipos, lo cual supondría una deficiente gestión en la logística y en la preparación de los procesos previos para la ejecución de las partidas correspondientes a la jornada.

Asimismo, un 30% en viajes se debe principalmente a los cambios constantes del lugar de trabajo y a la necesidad de ir a los servicios higiénicos durante la jornada. Respecto a lo segundo, es recomendable establecer los baños portátiles a la mayor cercanía de las cuadrillas con el objetivo de reducir el porcentaje de viajes.

5.2.2. Análisis de Carta balance

ACERO DE MUROS

Con la realización de la medición y análisis de carta balance de la partida de acero de muros, se tienen como resultados los porcentajes totales y parciales de las actividades realizadas, los cuales se muestran y detallan en la Tabla 17. Según la información mostrada, el trabajo contributivo obtenido corresponde a un 33%, siendo mayor al trabajo no contributivo (26%), pero menor a la cantidad de trabajo contributivo (42%).

Tabla 17. Cuadro resumen de porcentajes de medición de acero en muros.

Tipo de trabajo	Código	Descripción	Total	% del total	% de tipo de trabajo	%
PRODUCTIVO	DA	Alinear refuerzo	15	0.7%	2.1%	33%
	CE	colocar estribos	21	1.0%	2.9%	
	CA	Colocar acero	152	6.9%	21.1%	
	AA	Atortolar	534	24.2%	74.0%	
CONTRIBUTORIO	BH	Búsqueda de herramientas	4	0.2%	0.4%	42%
	LZ	Limpieza	6	0.3%	0.7%	
	TH	Transporte de herramientas	9	0.4%	1.0%	
	DPA	Desatar paquete de acero	40	1.8%	4.4%	
	RI	recibir/dar instrucciones	48	2.2%	5.2%	
	RA	Revisar alineamiento	58	2.6%	6.3%	
	AN	Mover y colocar andamio	65	2.9%	7.1%	
	M	Tomar medida (Wincha, tiza)	93	4.2%	10.1%	
	SB	Sostener barrilla/ayudar	103	4.7%	11.2%	
	BM	Búsqueda de material	108	4.9%	11.8%	
	TM	transporte de material	383	17.3%	41.8%	
NO CONTRIBUTIVO	A	Ausente	6	0.3%	1.1%	26%
	R	Trabajo rehecho	11	0.5%	1.9%	
	N	Descanso	106	4.8%	18.6%	
	E	Esperas	130	5.9%	22.8%	
	V	Viaje improductivo	316	14.3%	55.5%	

Fuente: Elaborada por los autores.

Si bien el trabajo productivo (33%) no es un porcentaje bajo, este puede mejorarse si se reducen algunas actividades relacionadas al trabajo contributivo y no contributivo. Para ello, es necesario analizar el detalle en cada uno de los tipos de trabajos.

Respecto al trabajo productivo de acero, se muestra que la actividad que consume mayor tiempo es el atortolado, ya que significa el 74% de este grupo y el 24.2% de las actividades en general. Por otro lado, la colocación de acero solo significa un 21.1% respecto a las actividades de este grupo y solo un 6.9% de las actividades totales.

Respecto al trabajo contributivo, correspondiente al 42% de las actividades analizadas, se observa que el proceso que genera mayor consumo de tiempo es, principalmente, el transporte de material correspondiente al 17.3% respecto de las actividades totales. Esto se debe principalmente a una considerable distancia que los obreros recorren para poder transportar el acero desde la zona de acopio hasta el sector en donde se estaba trabajando. Así mismo, se tuvo que transportar el acero por zonas donde, a su vez, se estaban realizando otras partidas, generando que el movimiento sea lento.

Finalmente, el porcentaje de los trabajos no contributivos (26%) indican que es recomendable analizar y reducir actividades que no agregan valor a la obra con el objetivo de aumentar la actividad productiva de esta. En este sentido, un 14.3% de las actividades totales corresponde a viajes improductivos del personal de acero (operarios). Este problema es generado principalmente a la espera de material, causando que los trabajadores se lleguen a distraer y usen ese tiempo de espera como descanso o tiempo de ocio caminando de un lugar a otra cerca de la zona en donde se realizaba el análisis de carta balance.

ENCOFRADO DE MUROS

La partida de encofrado de muros muestra que el trabajo no contributivo (32%) es mayor al trabajo productivo (26%), significando un déficit en la productividad en la jornada. Así mismo, se muestra que el trabajo contributivo corresponde al 42%, siendo el tipo de trabajo que mayor tiempo consume. Los detalles de los porcentajes mencionados se pueden observar en la Tabla 18.

Tabla 18. Cuadro resumen de porcentajes de medición en encofrado de muros

Tipo de trabajo	Código	Descripción	Total	% del total	% de tipo de trabajo	%
PRODUCTIVO	CR	Colocación de rigidizador	9	0.8%	3.0%	26%
	TAB	Colocar/ajustar tabla	10	0.8%	3.3%	
	OA	Colocar y ajustar(alambre)	11	0.9%	3.6%	
	AP	Ajustar puntal	12	1.0%	3.9%	
	CDA	Colocar dados	15	1.3%	4.9%	
	CV	Colocación de varilla roscada	15	1.3%	4.9%	
	CP	Colocación de puntales	16	1.3%	5.2%	
	CD	Aplicar desmoldante	17	1.4%	5.6%	
	CC	colocar tuercas	34	2.9%	11.1%	
	CPM	Colocar panel metálico	49	4.2%	16.4%	
	CT	Colocación de cuñas o rieles	52	4.4%	17.0%	
	AT	Ajustar tuercas	64	5.4%	21.0%	
	CONTRIBUTIVO	ACT	Agrupar cuñas/tuercas	10	0.8%	
GR		Golpear refuerzo/base muro	14	1.2%	2.7%	
MW		Medición wincha	16	1.3%	3.1%	
BH		Búsqueda de herramientas	19	1.6%	3.7%	
MP		Medición con plomada	20	1.7%	3.9%	
RV		Revisión/corregir	26	2.2%	5.1%	
RI		Recibir/dar instrucciones	27	2.3%	5.3%	
PD		Picar dados	28	2.3%	5.5%	
LZ		Limpieza	64	5.3%	12.5%	
TH		Transporte de herramientas	67	5.6%	13.1%	
BM		Búsqueda de materiales	77	6.4%	15.0%	
TM		Transporte de material	144	12.0%	28.1%	
NO CONTRIBUTIVO	D	Descanso	36	3.0%	9.4%	32%
	E	Espera	61	5.1%	15.9%	
	A	Ausente	67	5.6%	17.5%	
	V	Viaje improductivo	219	18.3%	57.2%	

Fuente: Elaborada por los autores.

El porcentaje productivo obtenido, respecto a la partida de encofrado de muros, llega a ser poco eficiente. Por tal motivo, es necesario analizar a mayor profundidad los distintos tipos de trabajos mostrados.

Respecto al trabajo productivo, se muestra que la actividad con mayor porcentaje corresponde al ajuste de tuercas con un valor de 21% respecto a las actividades del grupo, seguido de las actividades en la colocación de acuñas o rieles y colocación de panel de 17% y 16.4%, respectivamente.

Respecto al trabajo contributorio, correspondiente a un 42% de las actividades totales analizadas, la actividad que presenta mayor incidencia es en el transporte de material. Este corresponde a una incidencia del 21% del grupo y a 5.4% de las actividades totales. Ello se debe, principalmente, a que el transporte del encofrado se realizaba únicamente con el personal cargando del material de un nivel a otro. Por tanto, es recomendable reducir el flujo del trabajo contributorio, planificando previamente una secuencia de uso del encofrado que permita recorrer menor distancia entre cada sector por ejecutar, así como utilizar la torre grúa para poder trasladar el material con menor personal.

Así mismo, un 32% de trabajo no contributorio indica un desperdicio elevado en la producción, siendo los viajes improductivos los de mayor porcentaje con un 57.2% respecto al grupo y un 18.3% del total de mediciones recolectadas. Así mismo, un 17.5% y 15.9% del trabajo no contributorio corresponden a ausencia y espera del material, respectivamente. Debido a ello, es necesario disminuir el tiempo de transporte de material y herramientas para poder aumentar el flujo de trabajo y disminuir los tiempos de esperas, descansos o viajes improductivos en obra.

VACIADO DE CONCRETO EN MUROS

La partida de vaciado de concreto en muros muestra que el trabajo contributorio (42%) es mayor al trabajo productivo (26%), significando un déficit en la productividad en la jornada. Así mismo, se muestra que el trabajo no contributorio corresponde al 32%, siendo el tipo de trabajo que afecta a la productividad directamente. Los detalles de los porcentajes mencionados pueden observarse en la Tabla 19.

Tabla 19. Cuadro resumen de porcentajes de medición vaciado concreto de muros

Tipo de trabajo	Código	Descripción	Total	% del total	% de tipo de trabajo	%
PRODUCTIVO	CD	Colocar dados de concreto	2	0.1%	0.4%	26%
	AR	Alinear refuerzo	15	0.9%	3.3%	
	VIC	Vibrado de concreto	202	11.5%	44.7%	
	VC	Vaciado de concreto	233	13.3%	51.5%	
CONTRIBUTORIO	MED	Mediciones	4	0.2%	0.6%	39%
	BH	Buscar herramienta	5	0.3%	0.7%	
	DV	Desconectar vibrador	9	0.5%	1.3%	
	BM	Buscar material	11	0.6%	1.6%	
	RE	Revisar encofrado	13	0.7%	1.9%	
	CAM	Colocar andamio de madera	22	1.3%	3.3%	
	EM	Enrasar mezcla	34	1.9%	5.0%	
	IV	Instalación de vibrador	49	2.8%	7.2%	
	IC	Instalar chute	59	3.4%	8.7%	
	LR	Limpiar rebabas	88	5.0%	13.0%	
	TM	Transporte de material	159	9.1%	23.5%	
	TH	Transporte de herramienta	223	12.7%	33.0%	
NO CONTRIBUTORIO	N	Tiempo ocioso	0	0.0%	0.0%	36%
	R	Trabajo rehecho	5	0.3%	0.8%	
	A	Ausente	134	7.6%	21.4%	
	V	Viaje improductivo	160	9.1%	25.6%	
	E	Esperas	327	18.6%	52.2%	

Fuente: Elaborada por los autores.

El porcentaje productivo obtenido respecto a la partida de vaciado de concreto en muros llega a ser poco eficiente. Por tal motivo, es necesario analizar a mayor profundidad los distintos tipos de trabajos.

Respecto al trabajo productivo de vaciado de concreto de muros correspondiente al 26%, se muestra que la actividad con mayor porcentaje (51.5%) corresponde al vaciado de concreto, seguido de la actividad en vibrado de concreto correspondiente al 44.7% del grupo.

Respecto al trabajo contributorio, que corresponde a un 39% de las actividades analizadas, la actividad que presenta mayor incidencia es el transporte de herramientas el cual corresponde al 33.7% de incidencia en el grupo. Ello se debe, principalmente, al transporte dificultoso de herramientas y equipos como el vibrador, el valde de concreto. Para reducir dicho flujo, es recomendable realizar una planificación previa para la llegada exacta del valde de concreto mediante el transporte con la grúa hacia el sector de vaciado.

Así mismo, un 36% de trabajo no contributorio indica un desperdicio elevado en la producción, siendo las esperas los de mayor porcentaje con un 52.2% respecto al grupo y un 18.6% del total de mediciones recolectadas. Así mismo, un 9.1% y 7.6% del total de actividades corresponden a viajes no productivos y ausencia del personal, respectivamente. Debido a ello, es necesario disminuir el tiempo de transporte de material y herramientas para poder aumentar el flujo de trabajo y disminuir los tiempos de esperas, descansos o viajes improductivos en obra.

TARRAJEO DE MUROS

La partida de tarrajeo de muros muestra que el trabajo productivo (48%) es mayor al trabajo contributivo (37%), significando una gran eficiencia y avance en la jornada. Así mismo, se muestra que el trabajo no contributivo corresponde al 16%, siendo el tipo de trabajo que menor tiempo consumió en la medición. Los detalles de los porcentajes mencionados pueden observarse en la Tabla 20.

Tabla 20. Cuadro resumen de porcentajes de medición tarrajeo de muros

Tipo de trabajo	Código	Descripción	Total	% del total	% de tipo de trabajo	%
PRODUCTIVO	EM	Esparcir mezcla sobre superficie	13	1.8%	3.9%	48%
	RR	Retirar rebabas	21	3.0%	6.3%	
	RA	Rociar agua con/sin cemento sobre superficie	33	4.7%	9.9%	
	RG	Regleado	64	9.1%	19.1%	
	LM	Lanzar mezcla sobre superficie	79	11.2%	23.6%	
	FT	Frotacho	125	17.8%	37.3%	
CONTRIBUTORIO	BMA	Búsqueda de material	2	0.3%	0.8%	37%
	MD	Mediciones	2	0.3%	0.8%	
	LB	Limpiar rebabas de regla	8	1.1%	3.1%	
	TU	Colocar hule en el piso	6	0.9%	2.3%	
	REV	Revisión de alineamiento	11	1.6%	4.2%	
	VA	Verter agua para la mezcla	12	1.7%	4.6%	
	LIM	Limpieza de zona de trabajo	21	3.0%	8.1%	
	BH	Búsqueda de herramienta	22	3.1%	8.5%	
	TH	Transporte de herramienta	30	4.3%	11.6%	
	BM	Batir mezcla	61	8.7%	23.6%	
	TM	Transporte de material	84	11.9%	32.4%	
NO CONTRIBUTIVO	R	Trabajo rehecho	0	0.0%	0.0%	16%
	A	Ausente	5	0.7%	4.5%	
	N	Descanso	18	2.6%	16.4%	
	E	Esperas	22	3.1%	20.0%	
	V	Viaje improductivo	65	9.2%	59.1%	

Fuente: Elaborada por los autores.

El trabajo productivo obtenido es el de mayor incidencia en la partida. Esto se debe principalmente a que es realizada casi en su totalidad por un solo operario. A continuación, se realiza un análisis a mayor profundidad los distintos tipos de trabajos.

Respecto al trabajo productivo de tarrajeo de muros correspondiente al 48% del total de actividades realizadas, se muestra el mayor porcentaje de incidencia en el grupo (37.3%) corresponde al frotacho o al acabo del mortero, seguido de las actividades de lanzado de mezcla y regleado, con un 23.6% y 19.1% respectivamente.

Respecto al trabajo contributorio, que corresponde a un 37% de las actividades analizadas, la actividad que presenta mayor incidencia es en el transporte de material el cual corresponde al 11.9% de este. Esto se debe, principalmente, al transporte de la mezcla seca desde el acopio hacia la zona de tarrajeo y el transporte de agua. Para reducir dicho flujo, es recomendable realizar una planificación previa con la finalidad de lograr tener una zona de acopia a una distancia más corta de la zona de tarrajeo.

Así mismo, un 16% de trabajo no contributorio indica un desperdicio elevado en la producción, siendo los viajes improductivos los de mayor porcentaje con un 59.1% respecto al grupo y un 9.2% del total de mediciones recolectadas. Así mismo, un 3.1% y 2.6% del trabajo no contributorio corresponden a la espera del material y descanso del personal, respectivamente. Debido a ello, es necesario disminuir el tiempo de transporte de material y herramientas para poder aumentar el flujo de trabajo y disminuir los tiempos de esperas, descansos o viajes improductivos en obra.

ENCOFRADO DE LOSAS

La partida de encofrados de losas muestra un trabajo productivo del 33%, siendo menor al trabajo contributivo (39%), pero mayor al trabajo no contributivo (28%). Los detalles de estos valores se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21. Cuadro de resumen de medición de encofrado de losas

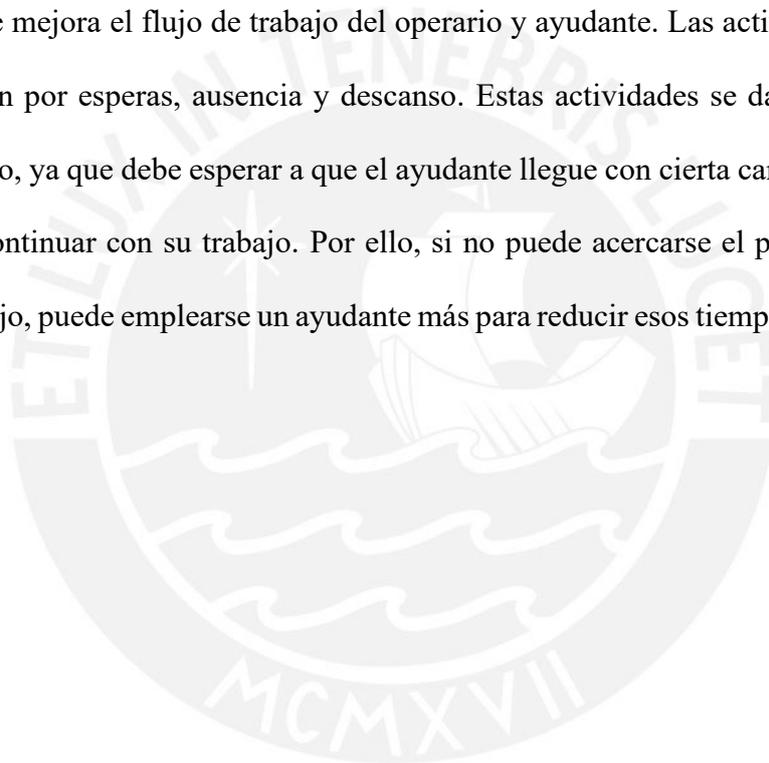
Tipo de trabajo	Código	Descripción	Total	% del total	% de tipo de trabajo	%
PRODUCTIVO	CS	Colocación soleras	11	1.0%	3.1%	33%
	CP	Colocación de puntales	33	3.1%	9.4%	
	CC	Clavar	53	4.9%	15.1%	
	CV	Colocación de viguetas	97	9.0%	27.6%	
	CL	Colocación de Ladrillos	158	14.7%	44.9%	
CONTRIBUTORIO	DV	Desatar paquete de viguetas	11	1.0%	2.7%	39%
	LZ	Limpieza	19	1.8%	4.6%	
	M	Tomar medida	19	1.8%	4.6%	
	SS	Sostener	22	2.1%	5.3%	
	RI	Recibir/dar instrucciones	33	3.1%	8.0%	
	AL	Alinear	63	5.9%	15.2%	
	TM	Transporte de materiales	248	23.1%	59.8%	
NO CONTRIBUTIVO	D	Trabajo Rehecho	6	0.6%	2.0%	28%
	R	Viaje improductivo	26	2.4%	8.5%	
	E	Espera	82	7.6%	26.9%	
	A	Ausente	90	8.4%	29.5%	
	V	Descanso	101	9.4%	33.1%	

Fuente: Elaborada por los autores.

El trabajo productivo resultante en esta partida (33%) muestra una productividad aceptable, pero que puede ser optimizada. Entre las actividades de mayor incidencia se encuentran la colocación de ladrillos (14.7%) y colocación de viguetas (9%). Es posible aumentar la productividad si reducimos los porcentajes de trabajo contributivos y no contributivo. Para ellos es necesario analizar las actividades de estos trabajos.

Respecto al trabajo contributivo (39%), se observa una notable diferencia de la actividad sobre el transporte de material, frente a las otras actividades en este grupo; esta actividad corresponde al 23.1% del trabajo contributivo. Si bien es cierto, que el traslado de material es necesario para la realización de la partida, puede reducirse los tiempos si se eligen puntos de acopio más cercanos al área de trabajo. De esta forma, el operario reducirá las esperas y aumentará su productividad.

Respecto al trabajo no contributivo (28%), se observa que su porcentaje puede ser reducido si se mejora el flujo de trabajo del operario y ayudante. Las actividades de mayor incidencia son por esperas, ausencia y descanso. Estas actividades se dan principalmente por el operario, ya que debe esperar a que el ayudante llegue con cierta cantidad de material para poder continuar con su trabajo. Por ello, si no puede acercarse el punto de acopio al lugar de trabajo, puede emplearse un ayudante más para reducir esos tiempos improductivos.



ACERO DE LOSA

Respecto a la partida de acero en losa, se observa una clara diferencia en los porcentajes de cada tipo de trabajo, siendo el trabajo productivo (56%) el mayor porcentaje resultante sobre el trabajo contributorio (20%) y no contributorio (24%). A continuación, se analiza cada uno de ellos.

Tabla 22. Cuadro de resumen de medición de encofrado de losas

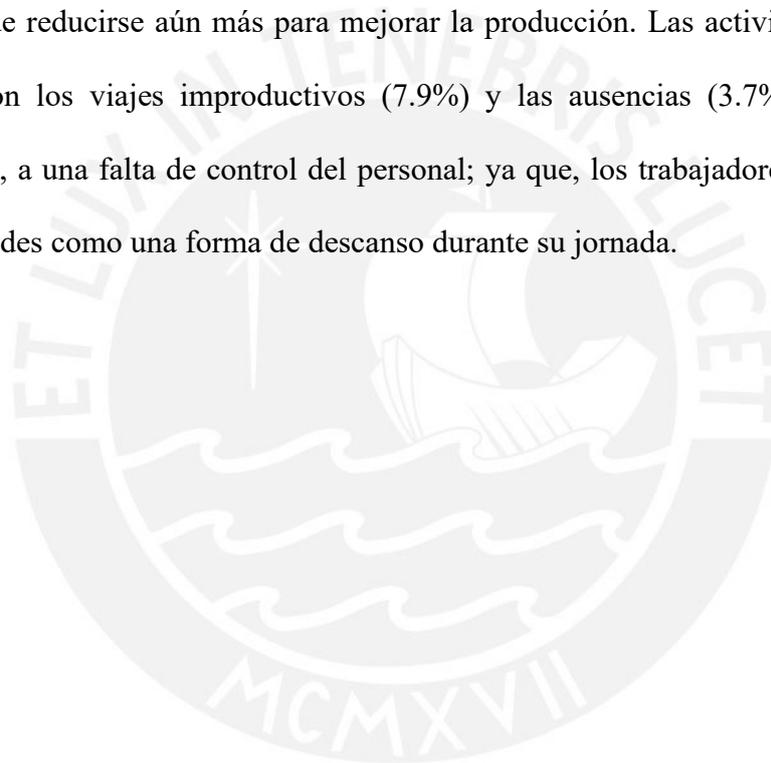
Tipo de trabajo	Código	Descripción	Total	% del total	% de tipo de trabajo	%
PRODUCTIVO	AR	Atortolar	24	2.0%	3.6%	56%
	AV	Colocación de acero en losa refuerzo	52	4.3%	7.7%	
	AH	Colocación acero losa vertical	78	6.5%	11.6%	
	AA	Colocación acero losa horizontal	520	43.3%	77.2%	
CONTRIBUTORIO	ACT	Colocación de dado	4	0.3%	1.7%	20%
	GR	Golpear refuerzo/base muro	7	0.6%	2.9%	
	MW	Medición wincha	9	0.8%	3.8%	
	BH	Busqueda de herramientas	16	1.3%	6.7%	
	MP	Medición con plomada	29	2.4%	12.1%	
	RV	Revisión/corregir	66	5.5%	27.5%	
	RI	Recibir/dar instrucciones	109	9.1%	45.4%	
NO CONTRIBUTORIO	D	Trabajo Rehecho	5	0.4%	1.7%	24%
	D	Espera	10	0.8%	3.5%	
	E	Ausente	44	3.7%	15.4%	
	A	Viaje improductivo	95	7.9%	33.2%	
	V	Descanso	132	11.0%	46.2%	

Fuente: Elaborada por los autores.

El trabajo productivo obtenido del 56% refleja una adecuada producción de la jornada, siendo la colocación de acero de losa la actividad con mayor presencia en este grupo. El trabajo productivo puede llegar al 60% si se reducen los tiempos de esperas, ausencias y viajes improductivos presentes en la medición.

El trabajo contributivo muestra un resultado del 20%, donde sus principales actividades corresponden a recibir o dar instrucciones (9.1%) y a realizar revisiones de los espaciamientos entre aceros durante su colocación (5.5%). Estas actividades, cuyos valores de porcentajes son adecuados, son actividades necesarias para dar paso a las actividades productivas. Su reducción en el tiempo de trabajo en alguno de ella no aumentaría significativamente la productividad.

El trabajo no contributivo muestra un porcentaje del 13%. A pesar de que este valor es bajo, puede reducirse aún más para mejorar la producción. Las actividades con mayor incidencia son los viajes improductivos (7.9%) y las ausencias (3.7%). Ello se debe, posiblemente, a una falta de control del personal; ya que, los trabajadores pueden utilizar estas actividades como una forma de descanso durante su jornada.



VACIADO DE CONCRETO EN LOSAS

La partida de vaciado de concreto en losas muestra que el trabajo productivo (56%) es mayor al trabajo contributorio (20%), significando una gran eficiencia y un buen avance en la jornada. Así mismo, se muestra que el trabajo no contributorio corresponde al 24%. Los detalles de los porcentajes mencionados pueden observarse en la Tabla 23.

Tabla 23. Cuadro resumen de porcentajes de medición vaciado concreto losas

Tipo de trabajo	Código	Descripción	Total	% del total	% de tipo de trabajo	%
PRODUCTIVO	HA	Rociar agua al piso	6	0.6%	1.0%	56%
	VE	Verter epóxico	9	0.9%	1.5%	
	VC	Vaciado de concreto	34	3.3%	5.8%	
	VIC	Vibrado de concreto	48	4.6%	8.2%	
	EMZ	Enrasar mezcla	208	20.0%	35.5%	
	EM	Extender mezcla	281	27.0%	48.0%	
CONTRIBUTORIO	RVI	Revisión	0	0.0%	0.0%	20%
	DV	Desconectar vibrador	0	0.0%	0.0%	
	LZ	Limpieza	1	0.1%	0.5%	
	MED	Mediciones	1	0.1%	0.5%	
	BM	Buscar material	1	0.1%	0.5%	
	BH	Buscar herramienta	1	0.1%	0.5%	
	RE	Mojar el encofrado	2	0.2%	1.0%	
	IV	Instalación del vibrador	17	1.6%	8.1%	
	IC	Instalar chute	18	1.7%	8.6%	
	TM	Transporte de material	22	2.1%	10.5%	
	CP	Colocar puntos de nivel	28	2.7%	13.3%	
	TH	Transporte de herramienta	119	11.4%	56.7%	
NO CONTRIBUTORIO	R	Trabajo rehecho	0	0.0%	0.0%	24%
	N	Tiempo ocioso	9	0.9%	3.7%	
	A	Ausente	11	1.1%	4.5%	
	V	Viaje improductivo	59	5.7%	24.0%	
	E	Esperas	167	16.0%	67.9%	

Fuente: Elaborada por los autores.

El porcentaje productivo obtenido respecto a la partida de vaciado de concreto en losas llega a ser considerable, puesto que indica el mayor porcentaje en relaciones de los otros trabajos. Para mayor detalle es necesario se realiza un análisis más profundo de los distintos tipos de trabajos.

Respecto al trabajo productivo de vaciado de concreto de losas correspondiente al 56% de las actividades totales, se muestra que el mayor porcentaje corresponde a la actividad de extender la mezcla con un valor de incidencia del 48%, seguido de las actividades de enrasado de mezcla y el vibrado de concreto que tienen un valor de incidencia del 35.5% y 8.2% en el grupo, respectivamente.

Respecto al trabajo contributorio, que corresponde a un 20% de las actividades analizadas, la actividad que presenta mayor incidencia es el transporte de herramientas el cual corresponde al 56.7% de incidencia en el grupo. Esto se debe, principalmente, al transporte continuo de herramientas y equipos como el vibrador, el valde de concreto, las reglas y la pala. Para reducir dicho flujo, es recomendable realizar una planificación previa para contar con dichos equipos y herramientas en zonas más próximas al área de vaciado.

Así mismo, un 24% de trabajo no contributorio indica un desperdicio considerable en la producción, siendo las esperas los de mayor porcentaje con un 67.9% respecto al grupo y un 16% del total de mediciones recolectadas. Así mismo, un 67.9% y 24% del trabajo no contributorio corresponden a esperas y viajes improductivos. Debido a ello, es necesario disminuir el tiempo de transporte de material y herramientas para poder aumentar el flujo de trabajo y disminuir los tiempos de esperas, descansos o viajes improductivos en obra.

TARRAJEO DE LOSAS (CIELO RASO)

La partida de tarrajeo de losas muestra que el trabajo productivo (46%) es mayor al trabajo contributorio (37%), significando una gran eficiencia y un buen avance en la jornada. Así mismo, se muestra que el trabajo no contributorio corresponde al 18%, siendo el tipo de trabajo que menor tiempo consumió en la medición. Los detalles de los porcentajes mencionados pueden observarse en la Tabla 24.

Tabla 24. Cuadro resumen de porcentajes de medición tarrajeo de losas.

Tipo de trabajo	Código	Descripción	Total	% del total	% de tipo de trabajo	%
PRODUCTIVO	RR	Retirar rebabas	10	1.0%	2.3%	46%
	EM	Esparcir mezcla sobre superficie	13	1.4%	3.0%	
	RA	Rociar agua con/sin cemento sobre superficie	39	4.1%	8.9%	
	RG	Regleado	109	11.4%	24.8%	
	LM	Lanzar mezcla sobre superficie	126	13.1%	28.7%	
	FT	Frotacho	142	14.8%	32.3%	
CONTRIBUTORIO	BMA	Búsqueda de material	2	0.2%	0.6%	37%
	MD	Mediciones	2	0.2%	0.6%	
	LB	Limpiar rebabas de regla	14	1.4%	4.0%	
	REV	Revisión de alineamiento	13	1.4%	3.7%	
	VA	Verter agua para la mezcla	14	1.5%	4.0%	
	TU	Colocar hule en el piso	16	1.7%	4.5%	
	BH	Búsqueda de herramienta	26	2.7%	7.4%	
	LIM	Limpieza de zona de trabajo	32	3.3%	9.1%	
	TH	Transporte de herramienta	36	3.8%	10.2%	
	TM	Transporte de material	79	8.2%	22.4%	
BM	Batir mezcla	119	12.4%	33.7%		
NO CONTRIBUTORIO	R	Trabajo rehecho	0	0.0%	0.0%	18%
	A	Ausente	8	0.8%	4.8%	
	N	Descanso	26	2.7%	15.5%	
	E	Esperas	27	2.8%	16.1%	
	V	Viaje improductivo	107	11.1%	63.7%	

Fuente: Elaborada por los autores.

El porcentaje productivo obtenido respecto a la partida de tarrajeo de muros es el trabajo con mayor incidencia. Para mayor detalle, se realiza un análisis a mayor profundidad de los distintos tipos de trabajos.

Respecto al trabajo productivo de tarrajeo de muros correspondiente al 46% de las actividades totales, se muestra el mayor porcentaje de incidencia corresponde a la actividad de frotacho o al acabado con un valor 32.2%, seguido de las actividades de lanzado de mezcla y el regleado en un 28.7% y 24.8% respectivamente.

Respecto al trabajo contributivo, que corresponde a un 37% de las actividades analizadas, la actividad que presenta mayor incidencia en el grupo es en el transporte de material el cual corresponde al 33.7% de este. Esto se debe, principalmente, al transporte de la mezcla seca desde el acopio hacia la zona de tarrajeo y el transporte agua. Para reducir dicho flujo, es recomendable realizar una planificación previa con la finalidad de lograr tener una zona de acopio a una distancia más corta de la zona de tarrajeo.

Así mismo, un 18% de trabajo no contributivo indica un desperdicio considerable en la producción, siendo los viajes improductivos los de mayor porcentaje con un 63.7% respecto al grupo y un 11.1% del total de mediciones recolectadas. Así mismo, un 63.7% y 16.1% del trabajo no contributivo corresponden a la viajes improductivos y esperas. Debido a ello, es necesario disminuir el tiempo de transporte de material y herramientas para poder aumentar el flujo de trabajo y disminuir los viajes improductivos.

6. PROPUESTA DE PLAN DE MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA

Para la elaboración de la tesis que propone finalmente un plan de mejora de la productividad de la mano de obra, se revisó previamente bibliografía académica de distintos autores. Esta revisión permitió definir los conceptos relacionados a las herramientas *Lean*, conocer investigaciones similares realizadas sobre la productividad en edificios multifamiliares de Lima Metropolitana, e identificar los factores que influyen en la productividad de la mano de obra. Así mismo, se analizó un caso de estudio a través de la realización de mediciones que permitan cuantificar la productividad obrera.

A partir de ello, se elaboró un documento preliminar en donde se detallan las etapas del plan, así como los procesos y herramientas que lo conforman. Este documento fue validado mediante una encuesta a 6 expertos, los cuales cuentan con experiencia en el rubro de la construcción de edificaciones. Con la validación y opiniones de los expertos, se obtuvo finalmente la “Propuesta de plan de mejora de la productividad de la mano de obra de un edificio multifamiliar en Lima Metropolitana”

6.1. Validación del plan

Para la validación final del contenido del plan, se realizó una encuesta de 6 preguntas. De esta manera, cada experto mostraba su conformidad de los procesos y herramientas propuestas en cada etapa a través el uso de la escala de *Likert*. Las preguntas realizadas y los resultados a detalle de la encuesta se encuentran descritos en el **Anexo F** y **Anexo G**.

6.1.1. Información de los expertos

Para la validación de la propuesta, se eligió a expertos que cuenten con el perfil de ingenieros civiles con más de 8 años de experiencia en el sector de la construcción

relacionados a proyectos de edificaciones multifamiliares. La Tabla 25 muestra una breve descripción de la experiencia laboral de cada experto consultado.

Tabla 25. *Tabla de descripción de los expertos encuestados.*

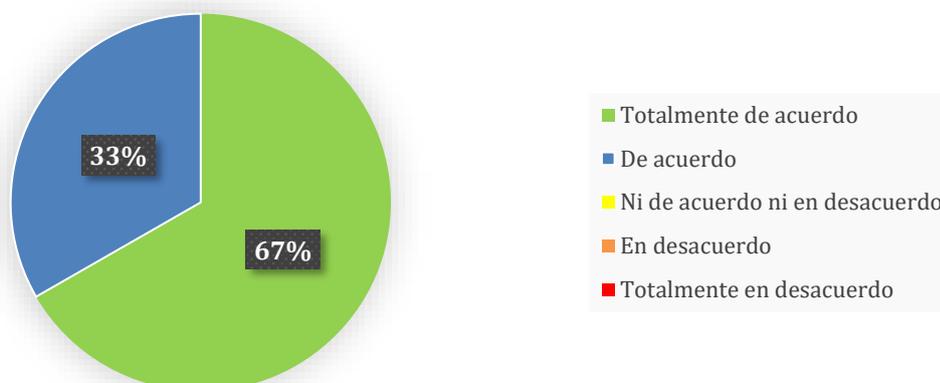
Código	Años de Experiencia
Experto 01	Ingeniero civil con más de 15 años de experiencia en construcción de edificaciones. Experiencia en el puesto de ingeniero residente, ingeniero de campo e ingeniero de oficina técnica.
Experto 02	Ingeniero civil con más de 20 años de experiencia en construcción de edificaciones. Experiencia en el puesto de ingeniero residente e ingeniero de campo.
Experto 03	Ingeniero civil con más de 20 años de experiencia en construcción de edificaciones, con cargo de ingeniero residente, ingeniero de campo, ingeniero Supervisor e ingeniero inspector de obra.
Experto 04	Ingeniero civil con más de 13 años de experiencia en construcción de edificaciones, con cargo de ingeniero residente e ingeniero de campo.
Experto 05	Ingeniero civil con más de 12 años de experiencia en construcción de edificaciones, con cargo de Ingeniero Residente, ingeniero de campo, ingeniero de producción y calidad.
Experto 06	Ingeniero civil con más de 11 años de experiencia en construcción de edificaciones, como ingeniero de campo, ingeniero residente y supervisor de proyectos.

Fuente: Elaborado por los autores.

6.1.2. Análisis de resultados

Las preguntas y respuestas realizadas a los expertos a detalle son mostrados en el Anexo F y Anexo G. A continuación, se analiza la pregunta 6 realizada a los expertos junto a los resultados mostrados en la gráfica 20, la cual muestra la opinión de los expertos respecto a la propuesta del plan de manera general.

PREGUNTA 6: En general, ¿Qué tan de acuerdo te encuentras de la propuesta del plan?



Gráfica 50. Validación de la propuesta por expertos.

Fuente: Propia.

Respecto a la pregunta realizada en el gráfico, el 33% de los encuestados se muestran con su acuerdo de la propuesta del plan mostrado, mientras que un 67% se encuentran totalmente de acuerdo.

6.2. Presentación del plan

Luego de realizar la validación por parte de los expertos respecto a cada etapa y herramientas mostradas y del plan en general, se elabora la “Propuesta de plan de mejora de la productividad de la mano de obra de un edificio multifamiliar en Lima Metropolitana”. Esta, consta de 5 etapas, las cuales van desde la etapa de planificación hasta llegar a la etapa de mejora continua del proyecto que permita un incremento en la productividad de la mano de obra.

PROPUESTA DE PLAN DE MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR EN LIMA METROPOLITANA

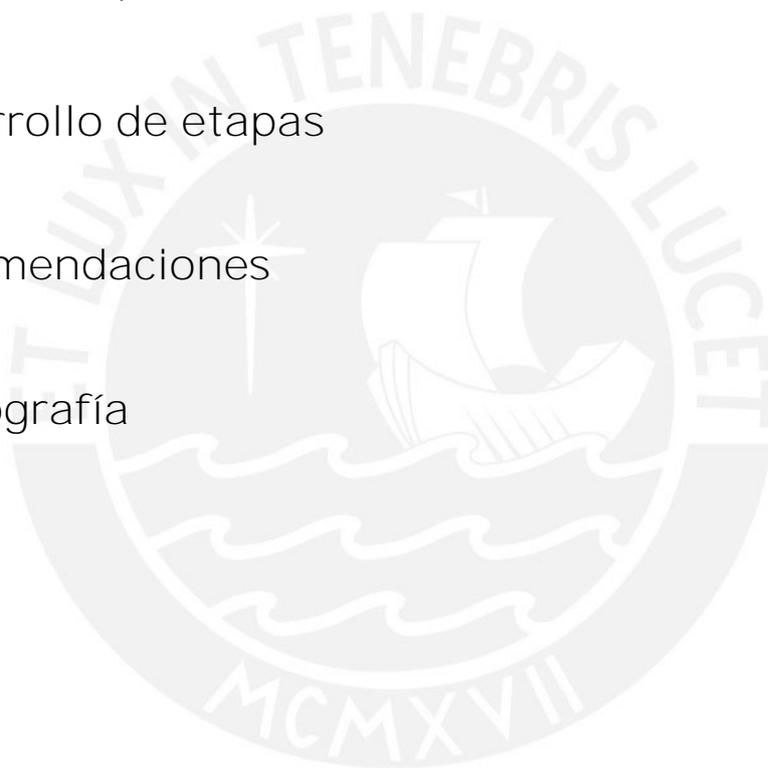


TRABAJO DE TESIS – PUCP

Elaborador por:
Mary Estrada y Williams Rodriguez

CONTENIDO

- Contexto actual
- Importancia de la productividad en la construcción
- Etapas del plan
- Desarrollo de etapas
- Recomendaciones
- Bibliografía



CONTEXTO ACTUAL

Debido a la necesidad de optimizar los procesos constructivos para mejorar la eficiencia y la productividad en obra, se han desarrollado nuevas herramientas y tecnologías enfocadas a la gestión de proyectos, las cuales facilitan la planificación, la ejecución y el control adecuado. A pesar del conocimiento sobre la existencia de estas actualmente, muchas empresas constructoras e inmobiliarias en el Perú no las utilizan o llegan a aplicarlas en un nivel superficial, continuando con el pensamiento tradicional. De igual forma, si bien otras empresas han implementado nuevas herramientas para la gestión, aún queda mucho por aprender y aplicar a los proyectos inmobiliarios.

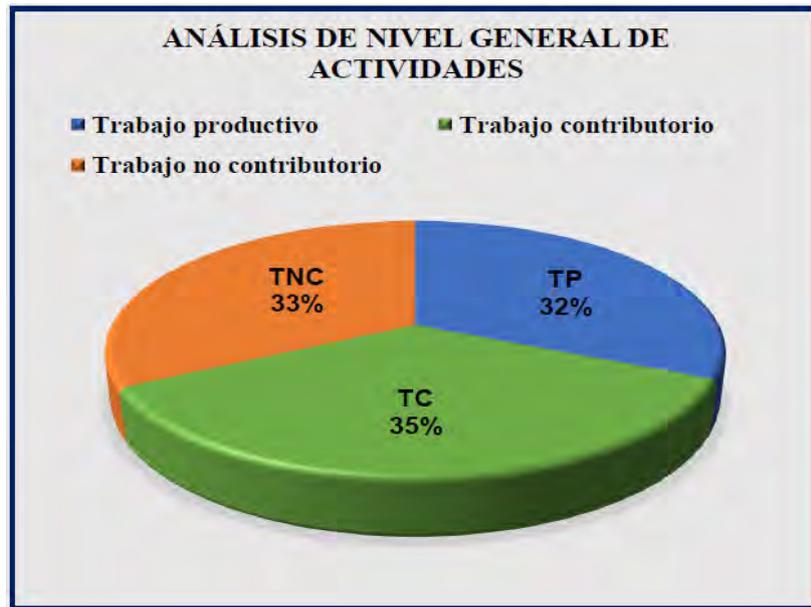
Investigaciones realizadas en años anteriores, muestran que esta falta de implementación de nuevas formas de gestión genera una menor producción en comparación con otros países de Latinoamérica. Por ejemplo, en el libro elaborado por Virgilio Ghio Castillo y publicado en el año 2001, se muestra un estudio realizado en 50 obras de Lima que mide la productividad a través del uso del nivel general de actividades. Esta herramienta clasifica los distintos tipos de trabajos en tres grupos: trabajo productivo (TP), trabajo contributorio (TC) y trabajo no contributorio (TNC). Se entiende por trabajo productivo a los trabajos que agregan valor a la obra, trabajo contributorio a las actividades previas que permiten llegar a generar valor, y al trabajo no contributorio a actividades que no permiten un progreso del proyecto, tales como esperas o demoras. Estos resultados son mostrados en el siguiente gráfico.



Análisis de productividad en 50 obras de Lima. Adaptado de Ghio (2001).

En este gráfico se observa que, en promedio, solo el 28% de las actividades totales corresponden a trabajos productivos que agregan valor a la obra. Este porcentaje obtenido se encuentra muy por debajo de los estándares internacionales y de los valores que se obtienen si se utilizaran sistemas y herramientas adecuadas de productividad. Tal es el caso de Chile, país en el que el valor promedio de trabajo productivo llega a ser 47%, mostrando una clara diferencia con los resultados obtenidos en Lima. Por este motivo, el autor menciona que, de mejorar la capacidad en la gestión en obra, el porcentaje productivo podría ser mayor y mejoraría así la producción total.

De la misma forma, en la tesis realizada por Morales y Galeas, publicada en el año 2006, se analiza la productividad a través del uso del nivel general de actividades en 26 obras de Lima. Este estudio muestra los porcentajes promedios obtenidos, los cuales se observan en el siguiente gráfico.



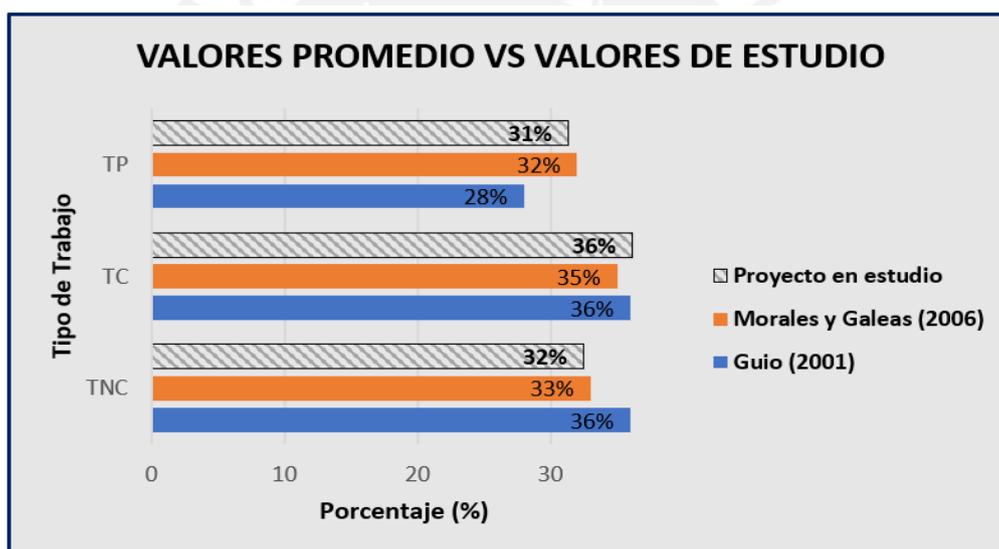
Análisis de 26 obras en Lima. Adaptado de Morales y Galeas (2006).

El gráfico muestra valores de trabajo productivo, contributivo y no contributivo del 32%, 35% y 33%, respectivamente. Estos porcentajes son similares a los valores obtenidos por Ghio en su investigación realizada en el 2001. A partir de esta observación, se puede concluir que, desde el 2001 hasta el 2006, la producción en las obras de edificación en el Perú no se ha generado un cambio alguno.

Luego de todo lo anteriormente mencionado, a mediados del año 2022 se **realizó un análisis de productividad en el proyecto "Parque Cáceres"**, utilizando la misma herramienta. De esta manera, este proyecto fue estudiado por parte de los autores de la presente investigación con el propósito de analizar y comparar resultados cuantitativos-obtenidos de la producción de esta obra con los promedios de producción de los autores anteriormente mencionados. Se obtuvieron los siguientes resultados y comparaciones mostrados en las siguientes gráficas.



Análisis de productividad del proyecto en estudio "Parque Cáceres". Elaborado por los autores.



Comparación de valores obtenidos del proyecto "Parque Cáceres" vs valores promedios de años anteriores de productividad. Elaborado por los autores.

En el gráfico se realiza una comparación entre valores de un único proyecto y valores promedios de varios proyectos obtenidos por autores de años anteriores, donde se puede observar que los porcentajes de trabajos del proyecto actual son similares de los valores obtenidos en el 2001 y 2006, estando por debajo de los estándares internacionales.

IMPORTANCIA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONTRUCCIÓN

De acuerdo con lo mencionado en el marco teórico, la productividad permite medir la eficiencia de un trabajo realizado en un proyecto. Según la definición dada, la productividad relaciona la cantidad producida con los recursos empleados para la elaboración de un producto.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Cantidad producida}}{\text{Recursos empleados}}$$

De esta manera, mejorar la productividad en construcción implica: aumentar la cantidad producida utilizando los mismos recursos, reducir los recursos empleados para producir la misma cantidad de producto, o aumentar la cantidad del producto y disminuir el insumo. Este aumento de productividad permite, en general, satisfacer más necesidades y/o trabajar utilizando menor cantidad de tiempo. En los proyectos de construcción, la productividad tiene gran importancia por diversas razones mostradas en el siguiente gráfico.



Importancia de la productividad. Elaborado por los autores.

A continuación, se explican de forma breve cada una de ellas:

Costo. - Una mayor productividad permite ahorrar recursos materiales, humanos, tecnológicos y de tiempo, traduciéndose en reducciones de costos significativos y generando una mayor rentabilidad al proyecto.

Tiempo. - La productividad permite cumplir con mayor seguridad los plazos de entrega establecidos en los proyectos, evitando sobrecostos por retrasos que se producirían debido a la planificación y producción ineficiente.

Calidad. - Mantener una productividad óptima, permite fijarse con mayor detalle en los procesos y acabados de los trabajos ejecutados, contribuyendo a cumplir con el alcance establecido en el proyecto.

Competitividad. - Una productividad adecuada contribuye a mostrarse al mercado como una empresa eficaz en la ejecución de obras, permitiendo obtener mayores proyectos a ser ejecutados en el futuro.

Seguridad. - La productividad se encuentra relacionada a la estandarización de los procesos constructivos que permite aumentar la curva de aprendizaje y eficacia de los trabajadores. De esta manera, trabajadores mejores capacitados serán menos propensos a sufrir accidentes de obra.

Sostenibilidad. - La reducción de los recursos naturales debido a una mejora en la productividad contribuye con el medio ambiente, logrando una obtención de materias primas constante y renovable en el tiempo.

ETAPAS DEL PLAN

Luego de la investigación realizada desde un enfoque cualitativo, a través de entrevistas a expertos en la construcción de edificaciones y al *staff* de la obra en estudio; y desde un enfoque cuantitativo, por medio de mediciones con ayuda de las herramientas de Nivel General de Actividades y la Carta balance; se obtuvieron resultados que indican la necesidad de mejorar y aumentar la productividad de la mano de obra del proyecto. A partir de ello, se propone un plan de mejora de la productividad para un edificio multifamiliar que consta de cinco etapas: Planificación, observación en campo y definición de procesos para la medición, realización de mediciones, identificación de oportunidades y mejora continua. A continuación, cada etapa del plan se observa en el siguiente gráfico.



Etapas del plan de mejora de productividad de la mano de obra. Elaborado por los autores.

Así, cada una de las cinco etapas se desarrollan mediante los procesos y las herramientas del Sistema del Último Planificador basadas a la filosofía *Lean*, las cuales se encuentran plasmados en el siguiente cuadro.

ETAPA	PROCESO
Etapa 1: Planificación	Plan Maestro: <ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar el alcance del proyecto 2. Definir una estructura de desglose de trabajo 3. Establecer una estrategia de trabajo 4. Realizar la programación general de la obra 5. Considerar un Buffer de tiempo 6. Identificar los hitos del proyecto Plan de fases: <ol style="list-style-type: none"> 7. Programar una reunión con los involucrados 8. Entregar la información a los involucrados 9. Definir la secuencia de las actividades 10. Establecer la sectorización de proyecto 11. Determinar la duración de las actividades Planificación intermedia: <ol style="list-style-type: none"> 12. Identificar las semanas próximas a ejecutar (<i>Look ahead</i>) 13. Revisar la conformidad de los hitos 14. Considerar <i>buffer</i> de tiempo 15. Analizar las restricciones 16. Identificar las actividades que han sido liberadas Plan semanal: <ol style="list-style-type: none"> 17. Detallar las actividades 18. Verificar la secuencia de cada trabajo, responsables y fecha de entrega. Plan diario: <ol style="list-style-type: none"> 19. Listar los elementos a ejecutar de cada partida 20. Realizar gráficas de ubicación de elementos en campo 21. Entregar los formatos a las cuadrillas y personal responsable de la ejecución.
Etapa 2: Observación y definición de procesos para la medición	Gemba Walk: <ol style="list-style-type: none"> 1. Planificar la caminata Gemba 2. Obtener información de campo Work Structuring: <ol style="list-style-type: none"> 3. Identificar los procesos que se quieren medir 4. Realizar un desglose de cada proceso que se quiere medir 5. Secuenciar los subprocesos y/o flujos de las actividades
Etapa 3: Realización de mediciones	Nivel General de actividades: <ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar un recorrido en obra 2. Identificar las actividades que agregan valor, contributorios y no contributorios en toda la obra 3. Registrar los datos Carta Balance: <ol style="list-style-type: none"> 4. Definir los procesos a medir 5. Identificar la cuadrilla o subcuadrilla a medir 6. Identificar las actividades que agregan valor, contributorios y no contributorios en la cuadrilla 7. Registrar los datos Reporte de IP: <ol style="list-style-type: none"> 8. Determinar las HH semanales de la partida seleccionada 9. Determinar la cantidad de metrado realizado durante la semana 10. Determinar el índice de productividad real 11. Registrar en un formato del control los datos
Etapa 4: Identificación de oportunidades	Análisis de Nivel General de actividades: <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar el porcentaje de TC, TNC y TP 2. Identificar las causas

	<p>Análisis de Carta Balance:</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Identificar el porcentaje de TC, TNC y TP 4. Identificación de causas <p>Análisis de reporte de IP</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. Analizar las curvas de productividad 6. Determinar las HH ganadas y perdidas a la fecha 7. Determinar las HH ganadas y perdidas a fin de obra
<p>Etapa 5: Mejora continua</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Establecer reuniones semanales y diarias 2. Identificar las causas de incumplimiento 3. Definir propuestas de mejora 4. Realizar el seguimiento de las actividades programadas

Secuencia del plan de mejora de la productividad de la mano de obra. Elaborado por los autores.

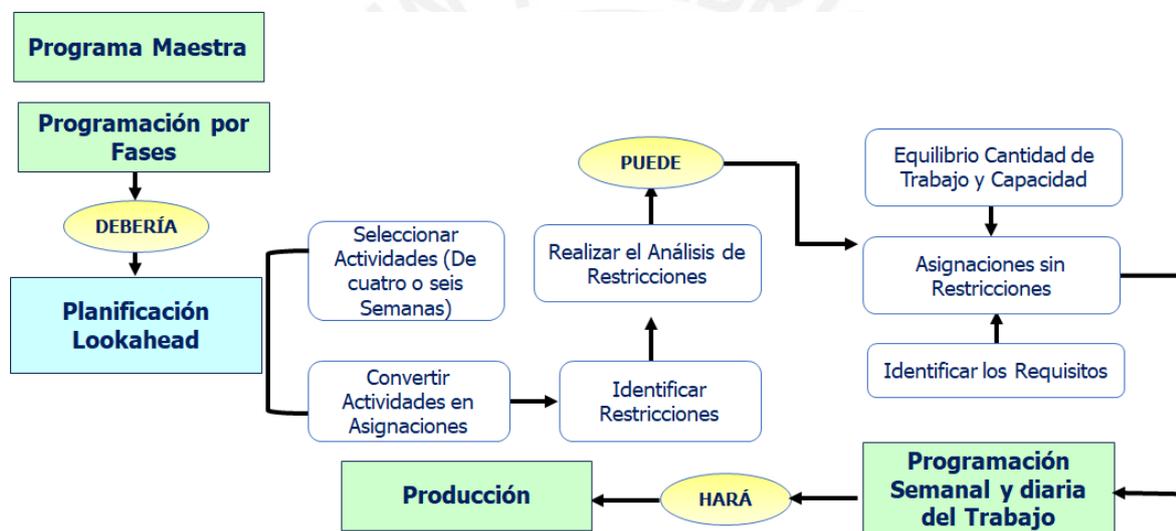


DESARROLLO DE ETAPAS

ETAPA 1: PLANIFICACIÓN

El Sistema del Último Planificador o conocido como el *Last Planner System*, es un método de planificación y control de la producción en proyectos de construcción, diseñado para integrar “lo que debería hacerse”, “lo que se puede hacer” y “lo que se hará” respecto a las tareas asignadas dentro del proyecto (Pons y Rubio, 2019).

La siguiente gráfica muestra la interacción de las tres acciones mencionadas mediante las herramientas del Sistema del Último Planificador.

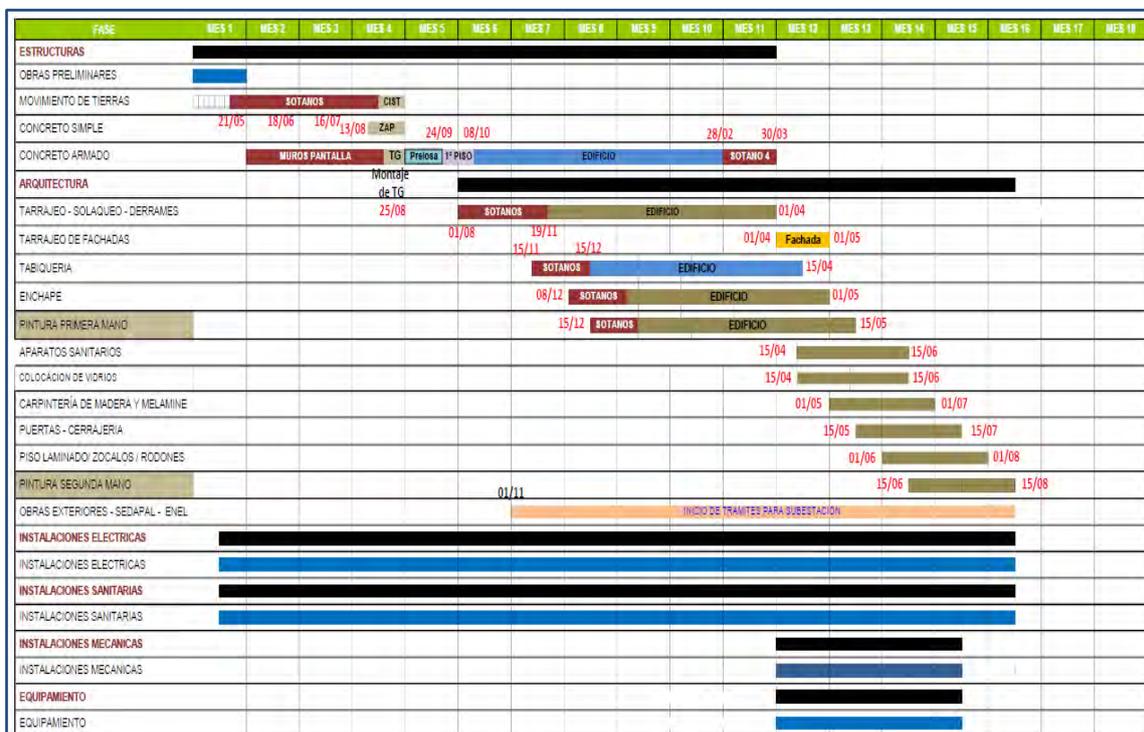


Sistema de planificación y control *Last Planner*. Adaptado de Orihuela y Ulloa (2011).

En la gráfica se muestra la interacción y secuencia de las distintas herramientas del *Last Planner System* que permite una planificación desde un concepto macro con la programación maestra que identifica los hitos principales del proyecto, llegando hasta la programación semanal y diaria, en donde se detalla las actividades que finalmente se van a ejecutar. Esta estrategia permite una mayor confiabilidad en la planificación, evitando comprometer el alcance en tiempo y costo del proyecto. A continuación, se mencionan y explican los pasos a realizar para aplicar cada herramienta de planificación mostrada en la gráfica.

Plan Maestro

OBJETIVO: Establecer los hitos principales del proyecto, así como las estrategias para cumplir con el alcance y tiempo deseado por el cliente.



Programación maestra de un proyecto de edificación multifamiliar. Fuente: Constructora Lugano.

Es la etapa de la **planificación** en la cual se gestiona el "SE DEBERIA" los trabajos que serán programadas para ser ejecutadas. El plan maestro tiene como finalidad establecer los hitos más importantes del proyecto que permitan cumplir con los objetivos trazados según los requerimientos y condiciones de tiempo y costo planteados por el cliente. Así, este cronograma muestra una visión general del proyecto y de las actividades que lo conforman.

Para poder realizar la planificación maestra es necesario realizar lo siguiente:

1

Determinar el alcance del proyecto, el cual debe reflejar los objetivos contractuales trazados por el cliente.

- 2 Definir una estructura de desglose de trabajo sobre las partidas que conforma el proyecto.
- 3 Establecer una estrategia de trabajo para aplicar durante la ejecución del proyecto.
- 4 Realizar la programación general de la obra, secuenciar las actividades principales, duración real, solapes reales, etc.
- 5 Considerar un *Buffer* de tiempo en el proyecto entre el 10% al 15% del plazo contractual con el propósito de proteger la programación realizada frente a la variabilidad y ocurrencias que puedan aparecer durante la ejecución.
- 6 Identificar los hitos del proyecto, tanto contractuales e internos de las actividades y fases que lo componen.

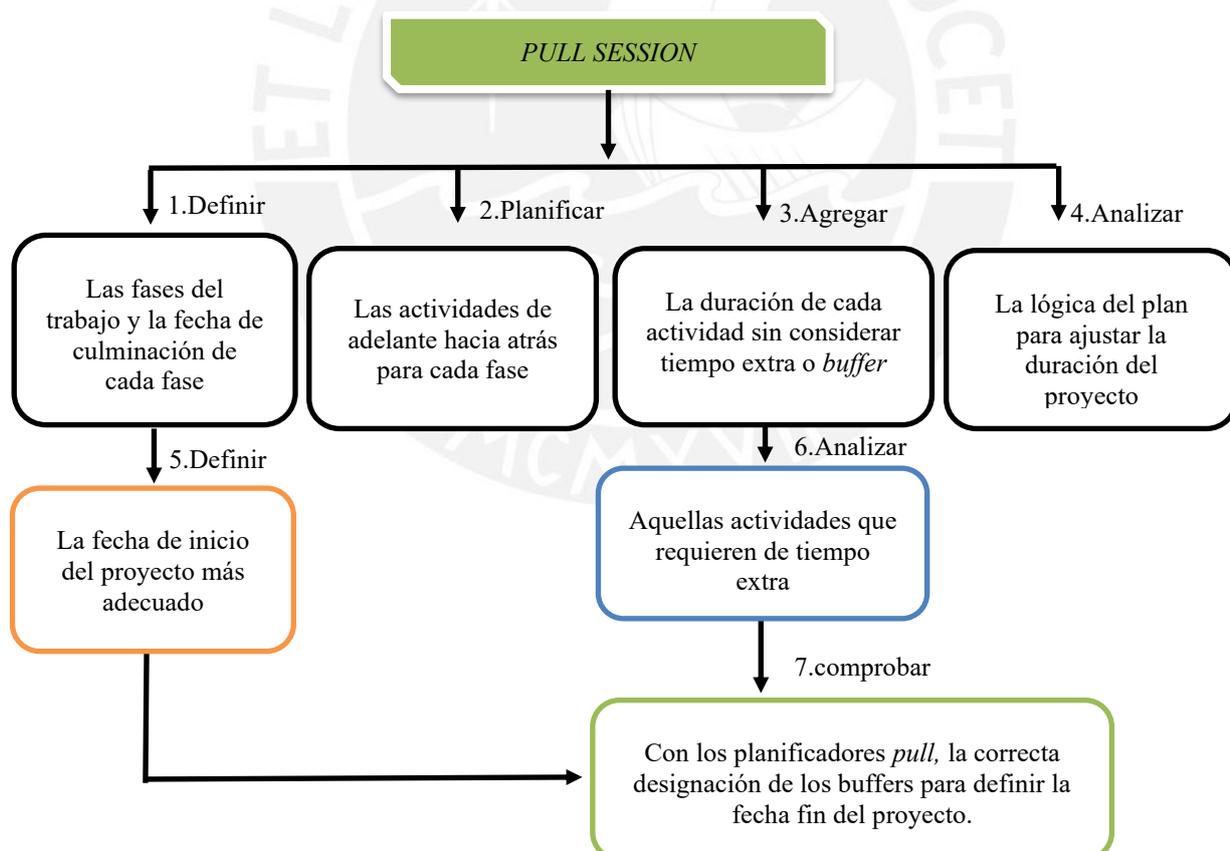
Planificación de fases

OBJETIVO: Establecer la secuencia y responsables de las actividades y partidas presentes en cada fase, a través de la participación de los involucrados.

A través de una planificación *Pull*, se obtiene la secuencia de trabajo de las distintas partidas que están involucradas para cumplir un determinado objetivo. Esta planificación consiste en determinar el producto final a entregar y establecer las actividades antecesoras formando la secuencia de trabajo para llegar al entregable.

<i>PULL SESSION</i>	
DEFINICIÓN	Sesión de planificación colaborativa basado en el sistema <i>Pull</i> , el cual parte del establecimiento del entregable final para determinar las actividades predecesoras necesarias para su realización
OBJETIVO	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer la estrategia de trabajo. • Identificar las restricciones de forma temprana. • Proporcionar el compromiso de los involucrados

SECUENCIA PARA REALIZAR LA *PULL SESSION*

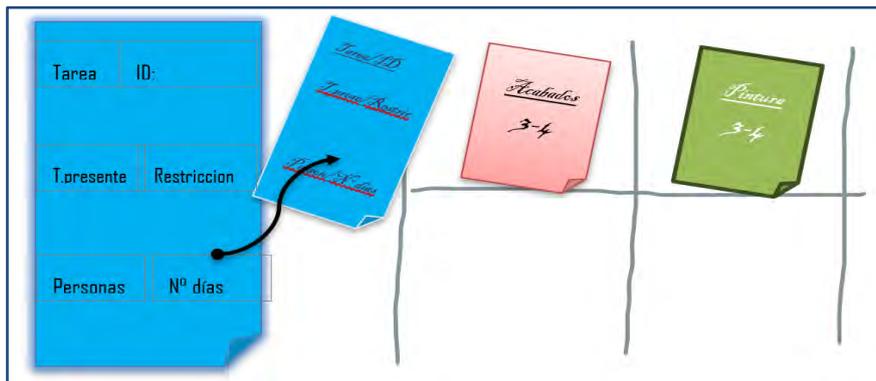


Secuencia de pasos para realizar la *Pull Sesión*. Elaborado por los autores. Adaptado de Pons y Rubio (2019) ; Guevara(2015).

Consideraciones a tomar para la sesión *Pull*:

El planificador *Pull* escribe la información en una tarjeta o *post-it*. La tarjeta debe ser de color distinguido por cada especialista e indicar la siguiente información:

- Actividad (tarea) y el responsable
- N° de ID de la tarjeta
- Tamaño de cuadrilla
- Personas
- Duración de actividades (en días)



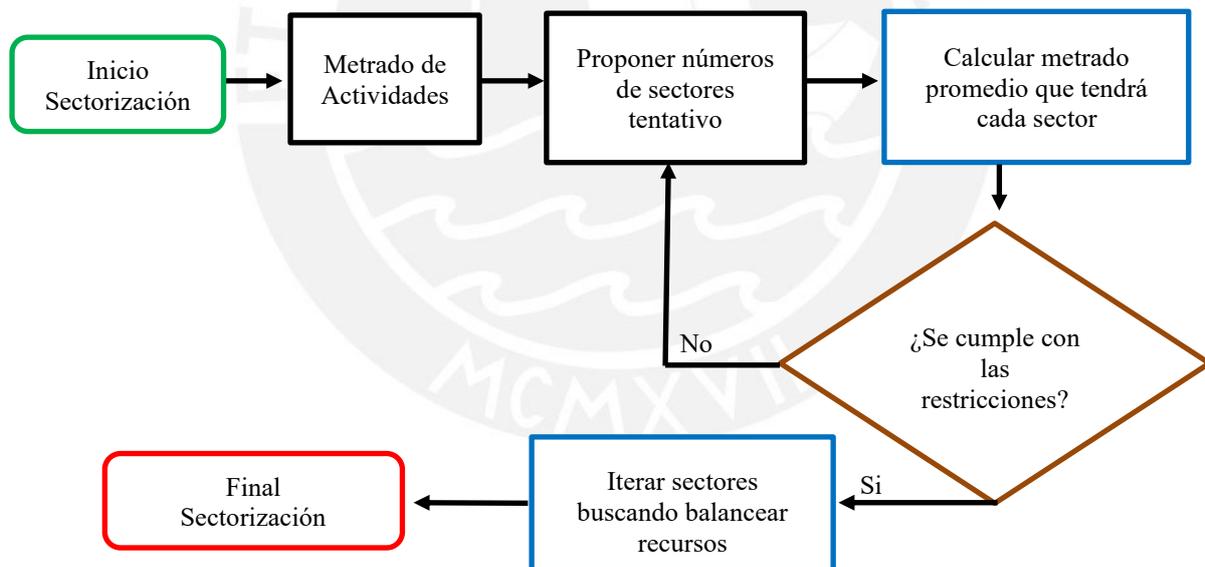
Ejemplo de pizarra de planificación de fases *Pull*. Elaborado por los autores. Fuente:
Adaptado de Pons y Rubio (2019).

Para realizar la planificación de fases se procede seguir los siguientes pasos:

- 7 Programar una reunión con los involucrados de la fase a planificar.
- 8 Entregar la información a los involucrados previa a la reunión y pertinentes al proyecto
- 9 Definir la secuencia de las actividades de la fase correspondiente a través de la planificación *Pull* y según el proceso constructivo de la edificación.
- 10 Establecer la sectorización del proyecto según la tecnología y estrategia de ejecución seleccionada para el proyecto, y lo acordado en la sesión *Pull*.

SECTORIZACIÓN	
DEFINICIÓN	División del área del proyecto en sectores con volúmenes de trabajo similares.
OBJETIVO	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer la estrategia de trabajo. • Identificar las restricciones de forma temprana. • Proporcionar el compromiso de los involucrados

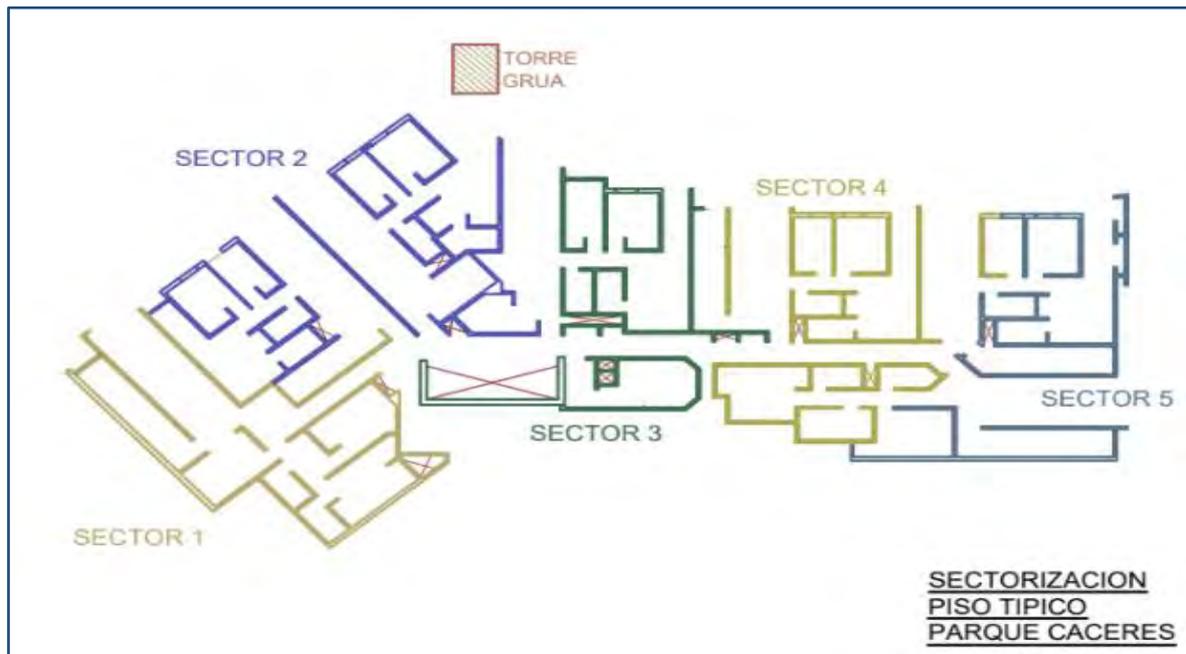
SECUENCIA PARA REALIZAR LA SECTORIZACION



Proceso de sectorización para edificaciones. Elaborado por los autores. Adaptado de Guzman (2014).

Consideraciones para realizar la sectorización:

- Identificar el tiempo disponible para realizar el trabajo.
- Definir áreas similares que permitan a las cuadrillas realizar igual cantidad de trabajo.
- Compatibilizar la tecnología disponible con el volumen de trabajo a realizar en cada sector.

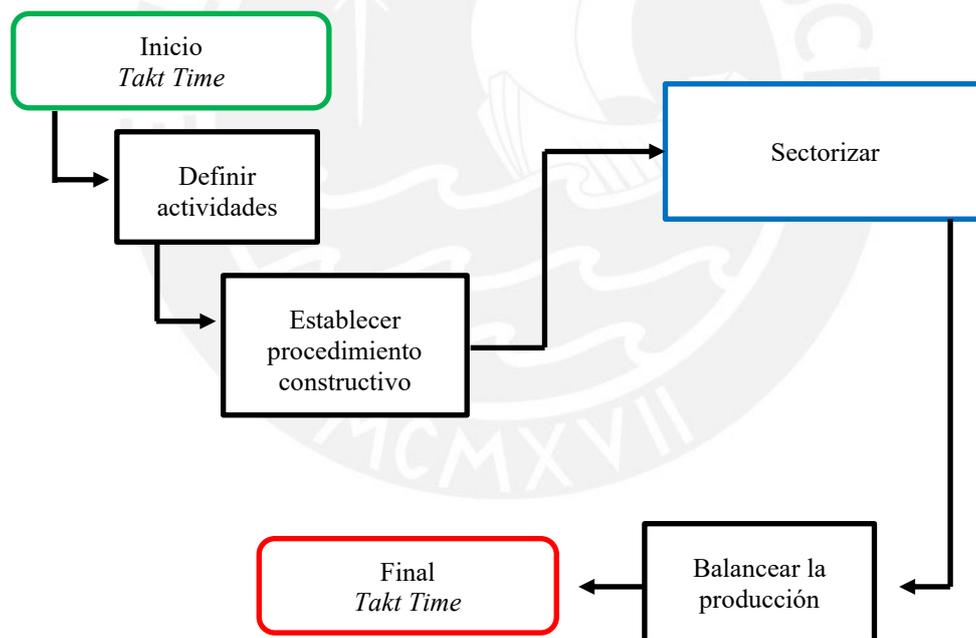


Sectorización de partidas. Fuente: Empresa Lugano.

- 11 Determinar la duración de las actividades presentes en la fase a planificar según la sectorización y el *Takt Time* de producción establecido para el proyecto.

<i>TAKT TIME PLANNING</i>	
DEFINICIÓN	Forma de estructuración del trabajo que permite un ritmo de producción con flujo equilibrado en sus actividades.
OBJETIVO	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar cuellos de botella en las actividades presentes. • Distribuir la mano de obra de manera eficiente y uniforme. • Reducir sobrecostos por sobreproducción.

SECUENCIA PARA REALIZAR EL *TAKT TIME* DE LA FASE

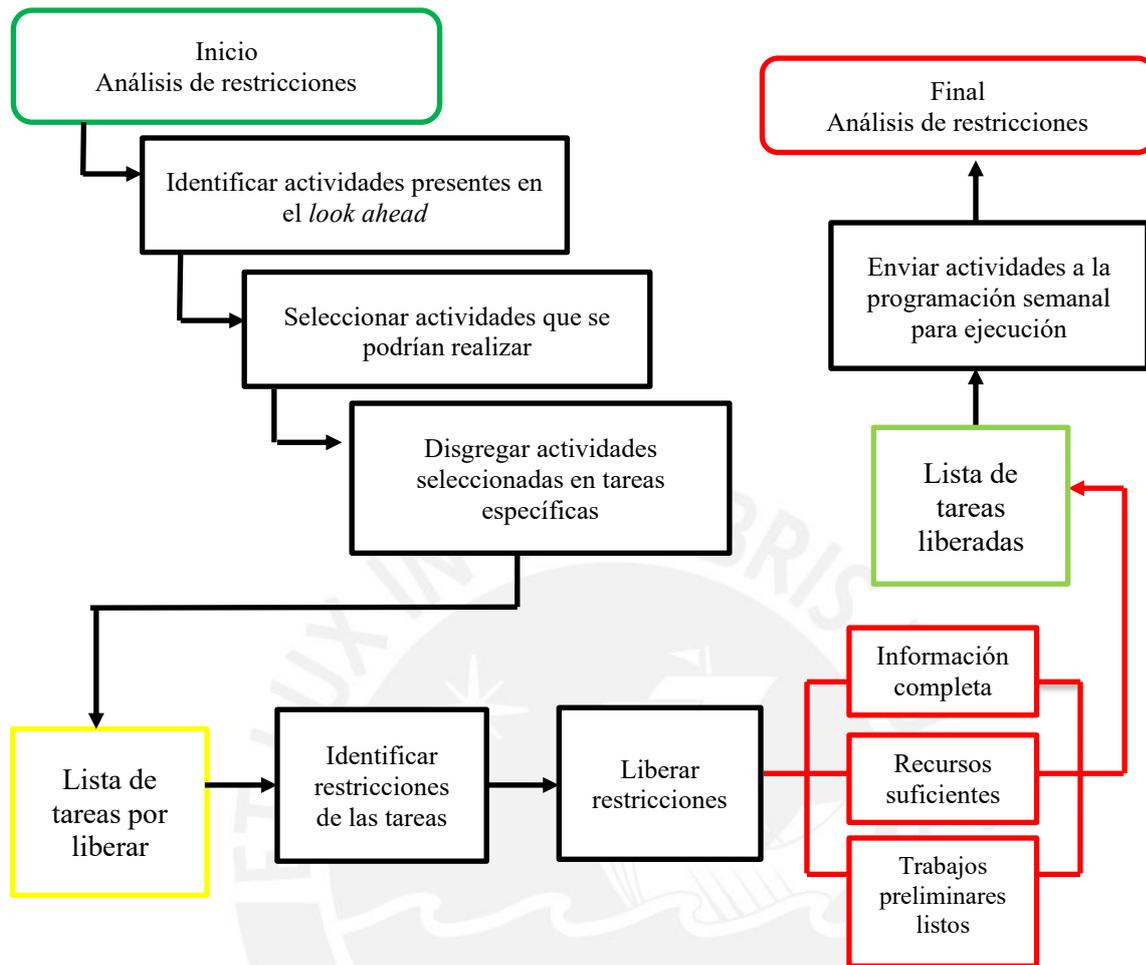


Secuencia de actividades para realizar el *Takt Time*. Elaborado por los autores.

- 13 Revisar la conformidad de los hitos establecidos previamente en el plan de fases, verificando que las semanas proyectadas vayan acorde con los plazos acordados.
- 14 Considerar *buffer* de tiempo que permitan tener un escudo frente a algún imprevisto o retrasos en la ejecución con el propósito de evitar el incumplimiento de los hitos acordados en el plan de fases.
- 15 Analizar las restricciones que impiden la ejecución de las actividades y procesos en las semanas contenidas en el *Look ahead*. Para ello, primero se debe identificar las restricciones en cada una de estas semanas.

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES	
DEFINICIÓN	Herramienta de análisis que convierte "actividades que deben ejecutarse" a "actividades que se van a ejecutar" a través del levantamiento de las restricciones que contienen.
OBJETIVO	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar los requisitos que permitan la ejecución de una actividad. • Establecer una estrategia que logre resolver el requisito en un plazo establecido y la actividad pueda ser ejecutada. • Implementar avisos tempranos de problemas que interfieran en las actividades propuestas a ejecutar. • Generar mayor control de la producción.

SECUENCIA PARA REALIZAR EL ANÁLISIS DE RESTRICCIONES



Secuencia para realizar el análisis de restricciones. Elaborado por los autores.

Adaptado de Pons y Rubio (2019).

LISTADO DE RESTRICCIONES									
OBRA: Parque Cáceres -Lugano					FECHA DE CONTROL:				
ID:	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN/PROBLEMA	IMPACTO/ACTIVIDAD QUE SE VE AFECTADA	ACCION	Prioridad	RESPONSABLE DE LIBERARLA		FECHA COMPROMISO	FECHA REAL LIBERACION	ABIERTA/CERRADA
					EMPRESA	PERSONA			
#1	No se dispone de mano de obra para la colocación de acero verticales	Imposibilidad de ejecutar la partida	Solicitar al logístico la contratación de personal calificado para dicha actividad	●			10/07/2023	08/07/2023	ABIERTA
#2	No tener contratado el mixer del concreto	Imposibilidad de ejecutar la partida	Solicitar al logístico la contratación del mixer para el vaciado de concreto	●			12/07/2023	10/07/2023	ABIERTA
#3									
#4									

Análisis de restricciones de la obra en estudio "Parque Cáceres", Fuente: Empresa Lugano

16

Identificar las actividades liberadas, cuyas restricciones se han liberado y que estén listas para su programación respectiva en el plan semanal.

Plan Semanal

OBJETIVO: Facilitar la programación de las actividades que deben ejecutarse durante la semana liberadas de totales restricciones.

17

Detallar las actividades pertenecientes a la planificación de la semana correspondiente. De esta forma, se establecen las fechas de inicio y fin o de cumplimiento para la ejecución de cada una de ellas.

18

Verificar la secuencia de cada trabajo, responsables de entrega y la disponibilidad de campo para su realización. En el siguiente gráfico, se muestra el formato de plan semanal.

PROGRAMACION SEMANA 61 -EDIFICIO PARQUE CACERES						
PROYECTO: EDIFICIO MULTIFAMILIAR "PARQUE CACERES"						
UBICACIÓN: AV. CUBA 919 JESUS MARIA						
PROPIETARIO: PROYECTO Y CONSTRUCCIONES LUGANO SAC						
CONCRETO ARMADO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
ELEMENTOS VERTICALES	4-Jul	5-Jul	6-Jul	7-Jul	8-Jul	9-Jul
Acero en Muros		PS5- P03-PARTE 2	PS3- P04	PS3- P04		
IIEE,IISS,gas		PS5- P03-PARTE 2	PS3- P04	PS3- P04		
Encofrado de Muros	PS5- P03-PARTE 1		PS5- P03-PARTE 2	PS3- P04	PS3- P04	
Vaciado de Muros	PS5- P03-PARTE 1		PS5- P03-PARTE 2	PS3- P04	PS3- P04	PS4- P04
Desencofrado		PS5- P03-PARTE 1		PS5- P03-PARTE 2	PS3- P04	PS3- P04
ELEMENTOS HORIZONTALES-EDIFICIO						
Apuntalamiento y encofrado de losa maciza	LS3- P03	LS4- P03	LS5- P03	LS1-P04		
Colocación de viguetas y bovedillas	LS5- P02-PARTE 2	LS5- P02-PARTE 3	LS3- P03	LS4- P03	LS5- P03	LS1-P04
Acero en Losa	LS5- P02-PARTE 2	LS5- P02-PARTE 3	LS3- P03	LS4- P03	LS5- P03	LS1-P04
IIEE,IISS,gas	LS5- P02-PARTE 2	LS5- P02-PARTE 3	LS3- P03	LS4- P03	LS5- P03	LS1-P04
Vaciado de Losa		LS5- P02-PARTE 2	LS5- P02-PARTE 3	LS3- P03	LS4- P03	LS5- P03
						NV

Programación semanal de obra: Parque Cáceres. Fuente: Empresa Lugano.

Plan Diario

OBJETIVO: Transmitir e informar a campo las actividades que se deben realizar en la jornada diaria

19

Listar los elementos a ejecutar de cada partida según lo establecido por el equipo de obra, indicando el código y nombre respectivo para su identificación. Las actividades se plasman en un cronograma diario, que debe firmar el personal responsable de producción. De esta manera, se busca un compromiso de realización según lo planificado.

PROGRAMACION DE MATERIALES		CON GRUA	PERSONAL	CON GRUA	PERSONAL	CON GRUA	PERSONAL	CON GRUA	PERSONAL	CON GRUA	PERSONAL	CON GRUA	PERSONAL
		LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		SÁBADO	
		4-Jul		5-Jul		6-Jul		7-Jul		8-Jul		9-Jul	
		MOVILIZACION DE MATERIAL (ACERO HABILITADO-PANELES-VIGUETAS-BOVEDILLAS)											
08:00:00 a. m.	09:00:00 a. m.			COMBUSTIBLE E GRUA (09:00 AM)		VIGUETAS S1-PISO 4		BOVEDILLAS S1-PISO 4		ACERO TRADI(9:00 AM)			
09:00:00 a. m.	10:00:00 a. m.	BOVEDILLAS S2-PISO 3	ELIMINACION DE DESMORTE				CEMENTO 100 BOLSAS			COMBUSTIBLE E GRUA (10:00 AM)			
10:00:00 a. m.	11:00:00 a. m.	VIGUETAS S2-PISO 3		VACIADO LOSA S5 - PISO 2-PARTE 2 Y 3 (10:00 AM)		VACIADO LOSA S3 - PISO 3 (10:00 AM)		VACIADO LOSA S4 - PISO 3 (10:00 AM)		VACIADO LOSA S5 - PISO 3 (10:30 AM)		VACIADO MURO S4 PISO 4 (1:00 PM)	
11:00:00 a. m.	12:00:00 p. m.												
12:00:00 p. m.	01:00:00 p. m.												
01:00:00 p. m.	02:00:00 p. m.												
02:00:00 p. m.	03:00:00 p. m.	VACIADO MURO S5 PARTE 1 PISO 3 (1:00 PM)	TABLONES Y BARANDAS DE SEGURIDAD	BOVEDILLAS S2-PISO 3		VACIADO MURO S5 PARTE 2 PISO 3 (1:00 PM)		VACIADO MURO S3 PISO 4 (1:00 PM)		VACIADO MURO S3 PISO 4 (1:00 PM)	ARENA FINA 3 M3		
03:00:00 p. m.	04:00:00 p. m.												
04:00:00 p. m.	05:00:00 p. m.												
05:00:00 p. m.	05:45:00 p. m.												

Programación diaria. Fuente: Empresa Lugano.

- 20 Realizar gráficas de ubicación de elementos en campo, las cuales muestren una visión en planta de los elementos de la partida a ejecutar. Esto permite al personal encargado poder identificarlos con mayor facilidad.



Gráfico de ubicación de elementos a ejecutar. Fuente: Empresa Lugano

- 21 Entregar los formatos a las cuadrillas y personal responsable de la ejecución al inicio de la jornada de forma textual (a través del cronograma realizado según la partida) y gráfica (a través de los planos en planta de ubicación realizado). De esta manera, se asegura que todos los involucrados en la ejecución (maestro de obra, capataces, operarios, etc.) tengan la información del trabajo que se debe realizar en el día.

ETAPA 2: OBSERVACIÓN EN CAMPO Y DEFINICIÓN DE PROCESOS PARA LA MEDICIÓN

La segunda etapa consiste en la verificación de las partidas que se van ejecutando en campo. De esta manera se determinan qué actividades se están realizando, cómo se están realizando, en qué ubicación se realizan y cuáles de estas agregan o no valor al proyecto. En esta etapa se utilizan dos herramientas principales: *Gemba Walk* y *Work Structuring*.

Gemba Walk

CONCEPTO: Metodología Lean basada en la observación e interacción con el ambiente de trabajo que busquen mejorar los procedimientos de trabajo.

1 Planificar la caminata Gemba estableciendo el sector, fecha, hora, así como los objetivos específicos que se buscan con el recorrido. Es recomendable coordinar con los empleados antes de visitar la zona de trabajo elegida para evitar interferencias y retrasos en la producción

2 Obtener información de campo del sector elegido, observando atentamente los procesos de las actividades que se realizan a tiempo real, así como los detalles y forma de trabajo de cada uno del personal de trabajo que permitan posibles mejoras a los procedimientos. Así mismo, es recomendable conversar con el personal, haciendo preguntas sobre sus actividades, observaciones, necesidades o sugerencias.

A continuación se presenta el formato para el análisis del proceso a medir.

Consideraciones para realizar el *Gemba Walk*:

- Definir la secuencia teniendo en cuenta el plazo disponible para cada actividad y su influencia en los demás trabajos.
- Establecer plazos realistas teniendo en cuenta el surgimiento de imprevistos durante la construcción del proyecto.

Work Structuring

CONCEPTO: Sistema enfocado al diseño de operaciones del proyecto que establece la forma de realización y las personas involucradas de cada uno de los trabajos.

- 3 Identificar los procesos que se quieren medir de la partida seleccionada en campo.
- 4 Realizar un desglose de cada proceso que se quiere medir, dividiéndolos en subprocesos y microprocesos que lo conforman para una identificación clara y detallada de los trabajos que generan valor y los que no.
- 5 Secuenciar los subprocesos y/o flujos de las actividades que permitan una ejecución adecuada de la partida

A continuación, se muestra un ejemplo de los procesos, subprocesos y microprocesos que involucra la partida del concreto de losa.

PARTIDA	PROCESO	SUBPROCESO	MIcroPROCESO	
CONCRETO EN LOSA	PREPARACIÓN DE MEZCLA			
	TRANSPORTE DE MEZCLA			
	VACIADO DE CONCRETO EN LOSA		Vaciado de mezcla	Esperas
				Viaje improductivo
				Transporte de material
				Vaciado de concreto
				Transporte de herramienta
				Extender mezcal
				Tiempo ocioso
			Vibrado de mezcla	Viaje improductivo
				Revisión
				Transporte de material
				Verter epóxido líquido
				Regar encofrado
				Transporte de herramienta
				Esperas
			Regleado	Desconectar vibrador
				Vibrado de concreto
				Instalación del vibrador
				Ausente
				Esperas
				Verter epóxido líquido
				Mediciones
				Viaje improductivo
				Buscar herramienta
				Extender mezcal
				Enrasar mezcla
Revisión				
Transporte de material				
Verificar puntos de nivel				
CURADO DE LOSA				

Procesos y flujos de actividades la partida de concreto de losa. Elaborado por los autores. Adaptado de Lozano y Morillo (2007).

ETAPA 3: REALIZACIÓN DE MEDICIONES

En esta etapa se realiza la medición de datos cuantitativos que reflejen la situación actual sobre la productividad de la mano de obra.

Por un lado, el uso de herramientas como el Nivel General de actividades y la Carta Balance, permiten identificar la situación actual de producción bajo un panorama general de la obra e individual de partidas, respectivamente. Este tipo de medición clasifica las actividades en tres tipos de trabajo: Trabajo productivo, trabajo contributorio y trabajo no contributorio.

- Trabajo productivo.- Actividad que genera valor a la obra.
- Trabajo contributorio.- Actividad que no genera directamente valor a la obra pero contribuye a su realización.
- Trabajo no contributorio.- Actividad que no genera valor a la obra y debe ser reducido o eliminado.

Por otro lado, el reporte de IP muestra y reporta la producción diaria a través de un formato que compara los rendimientos en campo frente a los rendimientos teóricos establecidos.

A continuación, se explican a detalle los pasos a seguir para la realización de las herramientas de Nivel General de Actividades, Carta Balance y Reporte de IP

Nivel General de actividades

Para realizar un análisis de la situación actual en toda la obra, es posible utilizar la herramienta del Nivel General de Actividades, el cual cuantifica distintos tipos de trabajo a través de un recorrido general.

CONCEPTO: Herramienta de medición que permite registrar las actividades que se realizan en toda la obra durante un tiempo establecido.

1

Realizar un recorrido en obra que permita observar todas las cuadrillas presentes. De esta manera, se involucra en la medición a la mayoría de obreros que intervienen en las distintas actividades.

- 2 Identificar las actividades que agregan valor, los contributorios y los no contributorios de las partidas seleccionadas, según las acciones que se observen de los trabajadores durante el recorrido.
- 3 Registrar los datos en formatos establecidos (que se muestran en el anexo de la tesis) de cada muestra observada en un formato establecido y mostrado en el anexo de la presente investigación.

Consideraciones para realizar el nivel general de actividades:

- Para una muestra confiable del 95%, se realiza la toma de muestra que consiste en 385 datos (Serpell, 1990).
- El NGA debe realizarse cada dos semanas con el propósito de determinar la variación de los distintos porcentajes de cada tipo de trabajo realizado según su calificación.

Carta Balance

La carta balance busca analizar las partidas de manera individual, determinando qué actividades intervienen con el flujo de producción de la partida, clasificándolas en los tres tipos de trabajo (TC, TNC y TP).

CONCEPTO: Muestreo de una actividad que se realiza en una partida graficado en barras verticales que muestra el tiempo utilizado para cada proceso que lo conforma.

- 4 Definir los procesos a medir presentes en la partida seleccionada, así como a los trabajadores que intervienen en ellas. Es recomendable utilizar formatos elaborados como los mostrados en el Anexo.
- 5 Identificar la cuadrilla o subcuadrilla a medir con el propósito de determinar la ubicación que permita una observación de la actividad completa.
- 6 Identificar las actividades que agregan valor, contributorias y no contributorias en la cuadrilla, según las actividades que a los trabajadores que conforman la misma van realizando.

- 7 Registrar los datos de las actividades medidas según la clasificación de trabajo productivo, contributorio y no contributorio, según corresponda a la actividad.

Consideraciones para realizar la carta balance:

- Las mediciones deben realizarse a cada trabajador de la cuadrilla a cargo de la partida analizada.
- Se toma mediciones cada 15 o 20 segundos, aproximadamente.
- La medición finaliza una vez que se finaliza con la elaboración de la partida en el área de trabajo donde se encuentra ejecutando la medición.

Reporte de índice de productividad

OBJETIVO: Controlar las horas hombre utilizadas en las partidas que se ejecutan por unidad de producción.

- 8 Determinar las HH semanales de la partida seleccionada que han sido utilizadas en la realización de las actividades involucradas de la misma, a través de los tareos diarios de la cuadrilla de trabajadores respectiva.
- 9 Determinar la cantidad de metrado realizado durante la semana de la partida a través de la medición de avance diario realizada de campo.
- 10 Determinar el índice de productividad real de la semana, a través de la siguiente fórmula.

$$IP = \frac{\text{Horas x Hombre}}{\text{Metrado}}$$

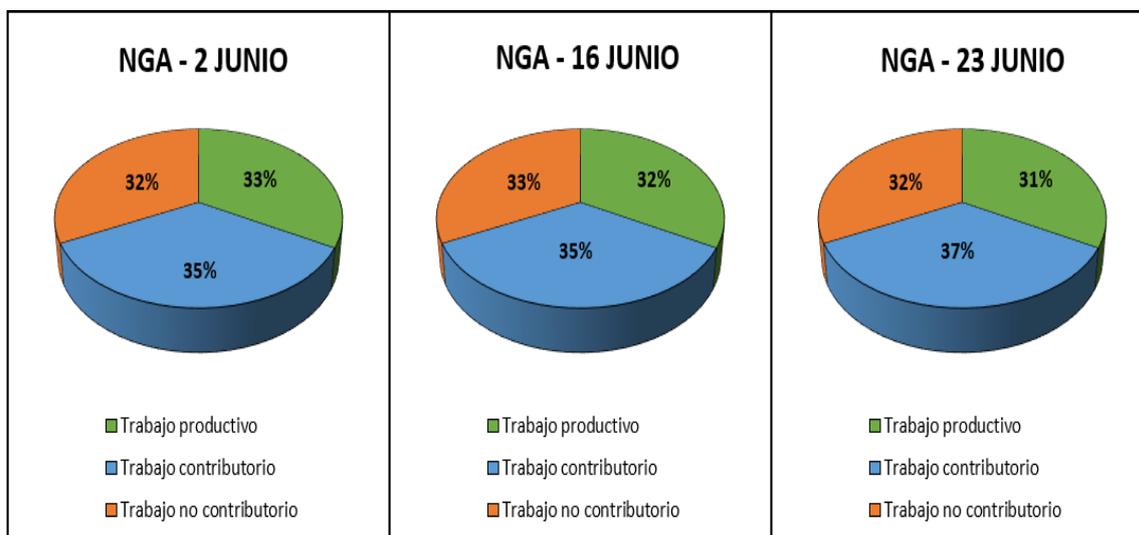
- 11 Registrar en un formato de control los datos de la partida a evaluar, en donde se muestre horas hombre utilizadas, el metrado realizado y el IP obtenido de cada semana.

ETAPA 4: IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES

Con los datos obtenidos en el uso del NGA, carta balance y el Reporte de IP, se analiza e identifica oportunidades de mejora continua para cada actividad.

Análisis del Nivel General de actividades

- 1 Identificar el porcentaje de Trabajo Contributorio, trabajo No Contributorio y el Trabajo Productivo a través de los resultados medidos durante las distintas semanas de producción.



Resultados del NGA realizado en distintas semanas. Elaborado por los autores.

- 2 Identificar las causas de los resultados obtenidos según las mediciones realizadas en obra.

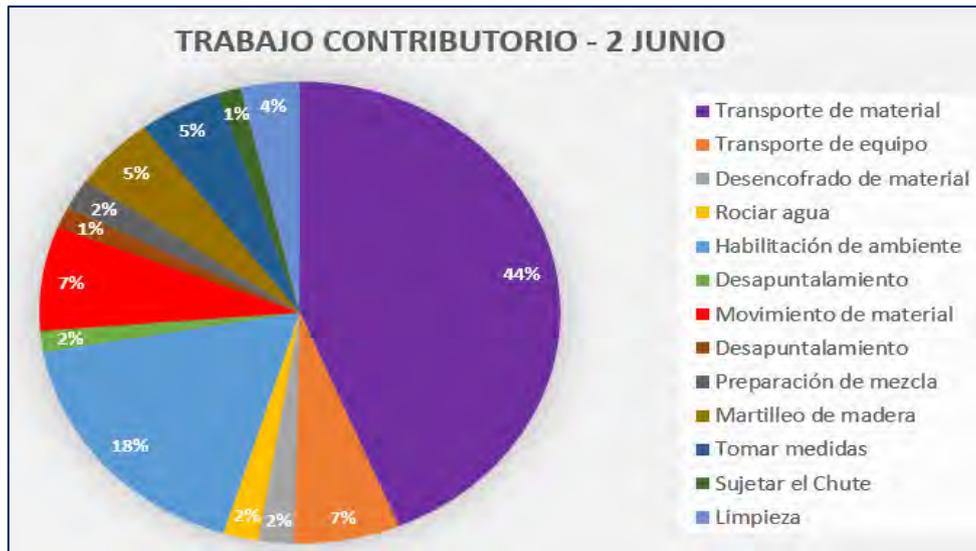


Gráfico de trabajo contributorio (TC) de vaciado de concreto en muros. Elaborado por los autores

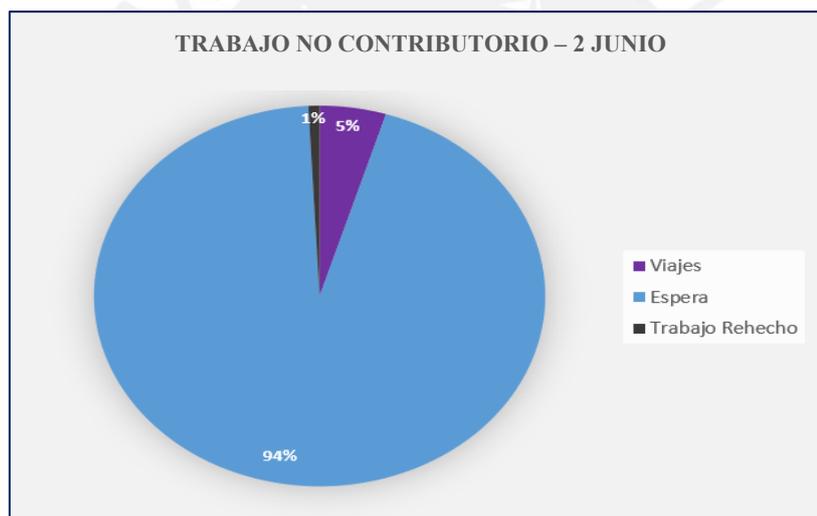


Gráfico de actividades en el TNC de vaciado de concreto en muros. Elaborado por los autores.

A partir de los gráficos elaborados es posible determinar qué actividades son las más incidentes. De esta manera, se identifican las principales causas de una menor producción. Por ejemplo, en el gráfico del trabajo contributorio se observa que el transporte de material es el trabajo más incidente con el 44% de todos los trabajos contributorios. La causa de ello puede deberse a una distancia prolongada que se encuentran los materiales.

De igual forma, en el gráfico del trabajo no contributorio se observa que las esperas son comunes en los trabajos ya que corresponde al 94% de actividades no

contributorios. Ello puede deberse a un problema con los flujos de trabajo o ineficiencia en las cuadrillas.

Análisis de Carta Balance

- 3 Identificar el porcentaje de Trabajo Contributorio, Trabajo No Contributorio y el Trabajo Productivo de las partidas a medir.
- 4 Identificar las causas por la cual se generaron los porcentajes de los trabajos que no agregan valor, para ello se realiza mediante grafico estadístico el diagrama de Pareto.

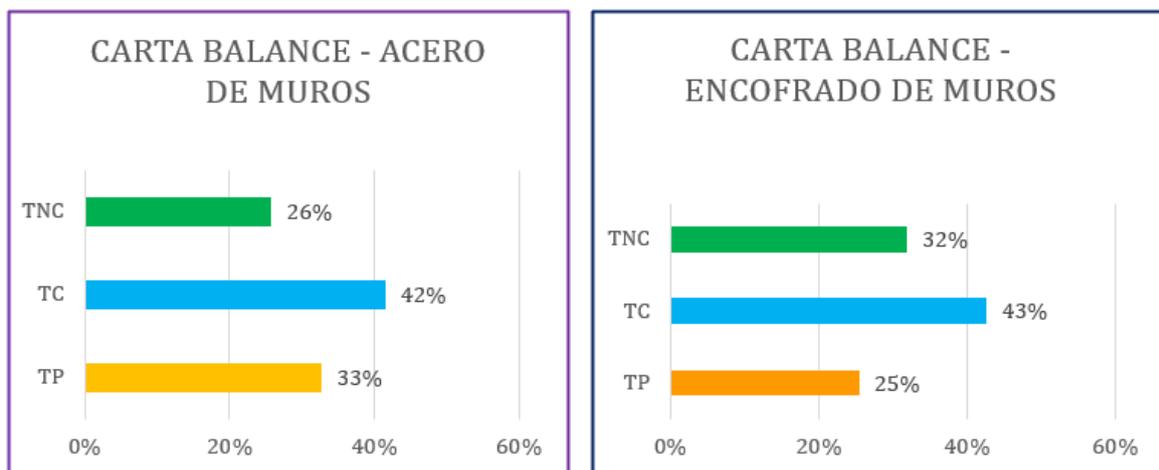


Gráfico de Carta balance de partidas analizadas del proyecto. Elaborado por los autores.

El gráfico muestra los resultados de la carta balance de dos partidas sobre los trabajos TP, TNC y TC. Estos se obtuvieron a través de grabaciones que comenzaron desde el inicio de las actividades de la partida en estudio hasta la finalización total del mismo en una determinada área.

Para determinar las causas de los resultados mostrados, es necesario identificar las actividades más incidentes de las partidas a través del uso del diagrama Pareto.

Diagrama Pareto

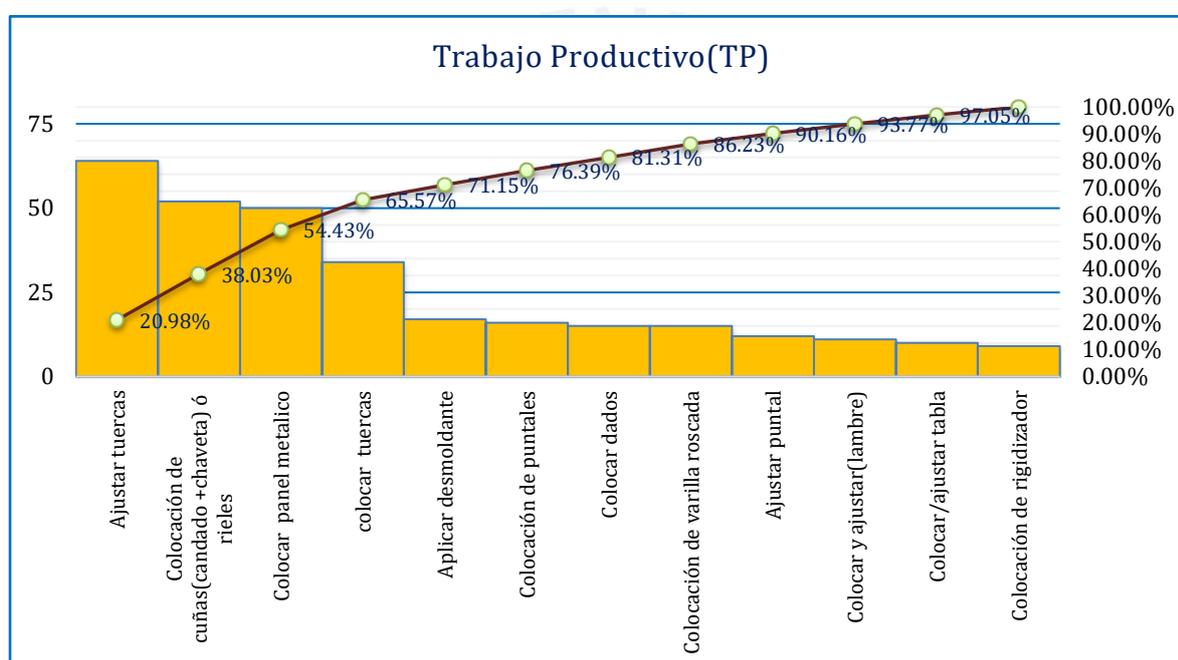


Herramienta que permite identificar los problemas vitales que generan disminución en la calidad del producto o resultado final

A esta relación se conoce como ley de 80/20; esto significa que, en la mayoría de las situaciones, el 80% de las consecuencias son debido al 20% de las acciones, o el 80% de los defectos de un producto se debe al 20% de las causas (Souza, 2020).

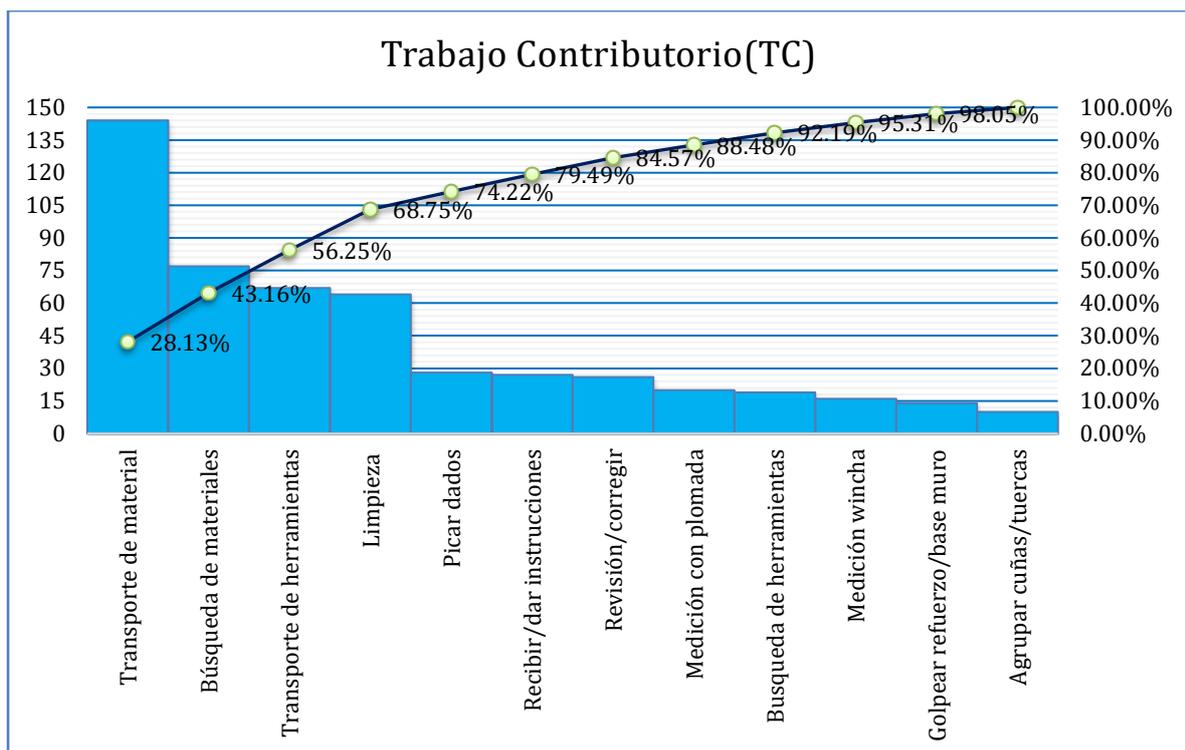
A continuación, se muestra el análisis de los trabajos producidos en cada actividad de la partida de encofrado de muros del proyecto en estudio.

Partida de encofrado de muros



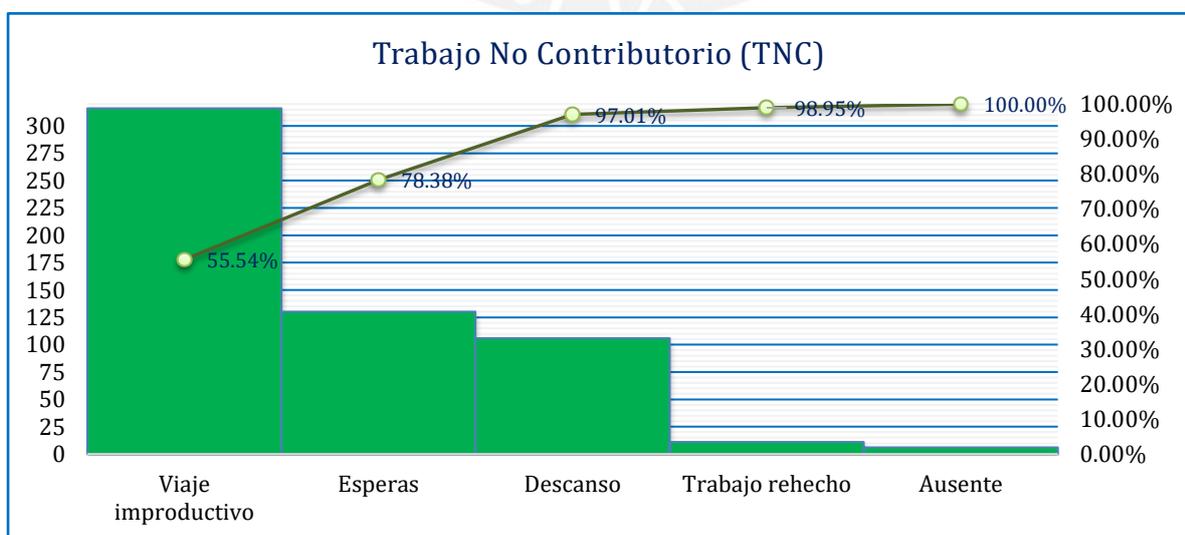
Trabajo productivo en la partida encofrado de muros. Elaborado por los autores.

En el trabajo productivo, las actividades más importantes y que agregan valor son: el ajuste de tuercas con un 21%, luego colocación de cuñas con un 17%, colocación de panel metálico con un 16%, colocación de tuercas con un 11%, etc. Esto se debe a que estas actividades son importantes de realizar y ser verificadas antes de proceder con el vaciado de concreto, la estructura debe encontrarse correctamente encofrado para no generar fallas en la estructura.



Trabajo contributivo en la partida de encofrado de muros. Elaborado por los autores.

En el trabajo contributivo, las actividades más importantes son: el transporte de materiales con un 11.7%, luego la búsqueda de materiales con 6.3%, el transporte de materiales con un 5.5%, etc. Esto se debe a que los materiales se trasladan desde el punto de acopio hacia la zona o sector de encofrado, asimismo al no contar con un punto de acopio de materiales cercano y ordenado se genera el incremento de la búsqueda de materiales.



Trabajo no contributivo en la partida de encofrado de muros. Elaborado por los autores.

En el trabajo no contributivo, las actividades más incididas son el viaje improductivo con un 19%, luego están las esperas con un 6%, actividades que requieren ser eliminadas o ser reducidas. La causa raíz del incremento de los viajes improductivos son la búsqueda de materiales o el traslado desde puntos de acopios muy lejanos. Las esperas se producen principalmente por la no llegada de los materiales a la obra y al sector de trabajo.

Análisis de reporte de índice de productividad

5

Analizar las curvas de productividad, según los datos obtenidos en campo. Para realizar dicho análisis es necesario determinar el índice de productividad semanal, el índice de productividad acumulado y el índice de productividad del presupuesto.

Donde:

$$IP_{actual} = \frac{HH_{actual}}{Metrado\ actual}$$

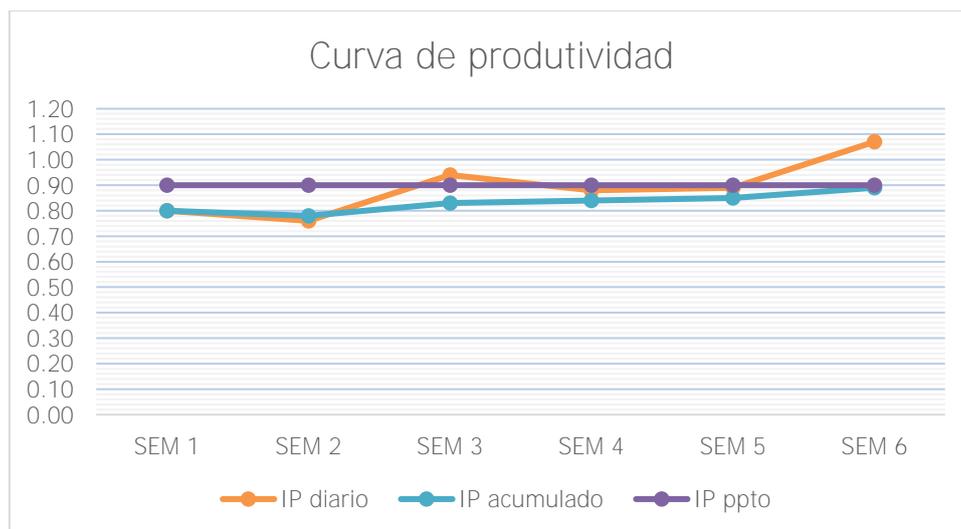
$$IP_{acumulado} = \frac{HH\ acumulado}{Metrado\ actual\ acumulado}$$

IPmeta = Índice de productividad calculado en el presupuesto de la partida

De esta manera, se muestran los siguientes resultados respecto a la partida de encofrado de muros.

ENCOFRADO DE MUROS						
	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6
HH semanal	320.00	340.00	330.00	350.00	400.00	450.00
HH Acumulado	320.00	660.00	990.00	1340.00	1740.00	2190.00
Metrado Actual (m2)	400.00	450.00	350.00	400.00	450.00	420.00
Metrado Acumulado (m2)	400.00	850.00	1200.00	1600.00	2050.00	2470.00
IP semanal	0.80	0.76	0.94	0.88	0.89	1.07
IP acumulado	0.80	0.78	0.83	0.84	0.85	0.89
IP meta	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90

Ejemplo de comparación de IP actual, IP acumulado e IP Meta. Elaborado por los autores.



Comparación gráfica de curvas de productividad. Elaborado por los autores.

Tanto en la tabla como en el gráfico se observan que en las semanas 1 al 5 el índice de productividad proyectado en el presupuesto de la partida es mayor al índice de productividad real obtenido en cada semana. Esto significa un menor uso de horas hombre o una mayor producción al final de cada una de estas semanas, lo cual genera un mayor ahorro de recursos al final del proyecto.

Por otro lado, se observa que en la semana 6 el índice de productividad proyecto en el presupuesto de la partida es menor al índice de productividad real obtenido. Esto significa una pérdida de recursos respecto a lo proyectado inicialmente.

Para determinar si se han ganado o perdido recursos hasta la semana 6 del análisis, se compara el IP proyectado y el IP acumulado. En este caso, se observa que el IP acumulado es de 0.89 mientras que el IP proyectado es de 0.9, significando un ahorro de recursos durante las 6 semanas.

- 6 Determinar las HH ganadas o perdidas a la fecha a través de la siguiente fórmula.

$$\text{Horas hombre } g/p = IP_{meta} \times \text{Metrado. semanal} - HH_{semanal}$$

- 7 Determinar las HH ganadas y perdidas a fin de obra, la cual se determina a partir de la siguiente ecuación.

$$\text{Horas Hombre } g/p \text{ fin de obra} = (IP_{meta} - IP_{acumulado}) * \text{Metrado Total}$$

ENCOFRADO DE MUROS						
	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6
HH semanal	320.00	340.00	330.00	350.00	400.00	450.00
HH Acumulado	320.00	660.00	990.00	1340.00	1740.00	2190.00
Metrado Actual	400.00	450.00	350.00	400.00	450.00	420.00
Metrado Acumulado	400.00	850.00	1200.00	1600.00	2050.00	2470.00
IP semanal	0.80	0.76	0.94	0.88	0.89	1.07
IP acumulado	0.80	0.78	0.83	0.84	0.85	0.89
IP meta	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
HH g/p a la fecha	40.00	65.00	-15.00	10.00	5.00	-72.00
HH g/p acum o a la fecha	40.00	105.00	90.00	100.00	105.00	33.00
HH g/p a fin de obra	1000.00	1235.29	750.00	625.00	512.20	133.60

Ejemplo de cuadro de reporte de IP. Elaborado por los autores.

El cuadro anterior muestra el reporte completo de la productividad de la mano de obra en el encofrado en muros. En ella se observa que, en esa semana, la cantidad de horas ahorradas es positiva. Así mismo, de continuar con esos mismo valores de producción, es posible ahorrar más de cien horas hombre, lo cual se traduce en mayores utilidades para la empresa.

ETAPA 5: MEJORA CONTINUA

Para lograr una estrategia de mejora en el proyecto, se establecen los siguientes pasos y herramientas.

1

Establecer reuniones semanales y diarias entre los involucrados. Dichas reuniones se llevan a cabo en escenarios virtuales o en una sala de reuniones presenciales. En estos ambientes, los involucrados en el proyecto dialogan y acuerdan soluciones frente a los problemas y obstáculos surgidos durante las actividades programadas. Así mismo, se acuerdan acciones futuras que permitan medidas de corrección.

Reuniones con los involucrados

Reuniones diarias: Se realizan al final de la jornada. Tienen como objetivo atender las necesidades urgentes que ocurren durante los trabajos próximos. Las reuniones diarias tendrán una duración en un rango de 15 a 30 minutos.

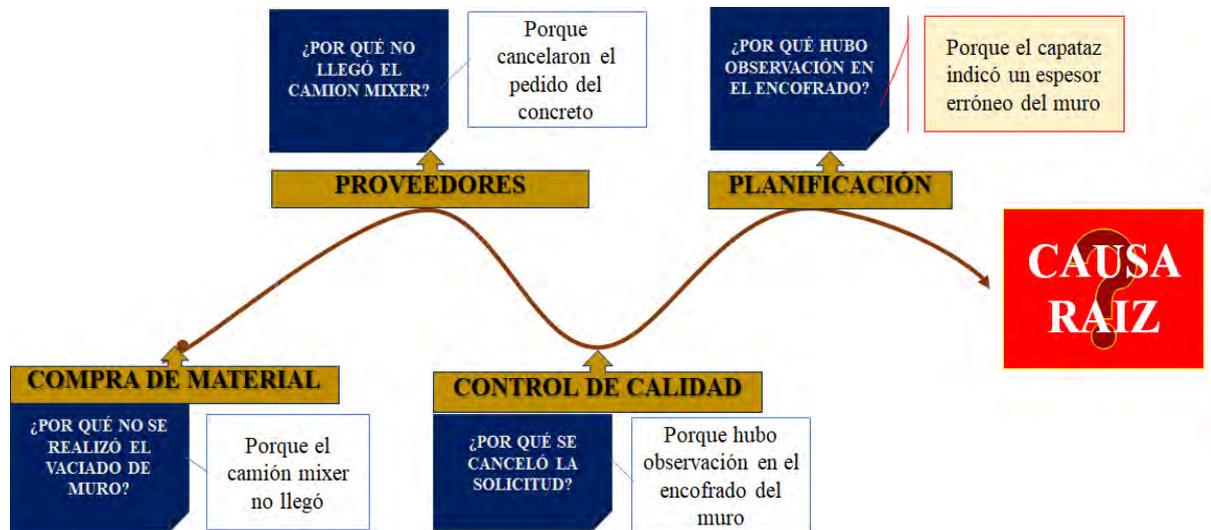
Reuniones semanales: Reuniones que se realizan en los últimos días de cada semana con el propósito de acordar y proyectar las actividades próximas, así como solucionar los problemas actuales. Las reuniones semanales tendrán una duración de 60 minutos en promedio.

2

Identificar las causas de incumplimiento de las partidas programadas. Para el análisis de las causas de no cumplimiento, se aplica la herramienta de los 5 porqués.

Herramienta de los 5 porqués

Los 5 porqués es una técnica que facilita analizar la causa raíz de un problema que ha generado el no cumplimiento de la actividad programada.



Gráfica de los 5 porqués. Elaborado por los autores. Adaptado de Pons y Rubio (2019).

Se observa en el gráfico el análisis del no cumplimiento de la actividad del vaciado de concreto en losa de techo. En donde se identifica las causas en cada etapa de la ejecución de la actividad hasta llegar a la causa raíz, la cual se debe dar solución para que la actividad se pueda completar.

3

Implementar soluciones a las partidas no completadas de las programaciones. A continuación se muestra un ejemplo de las soluciones planteadas en el análisis de las actividades pertenecientes a la partida del encofrado de muros.

Análisis	Tipo de Trabajo	Microproceso	Comentario/Sugerencias	
ENCOFRADO DE MUROS	Trabajo Productivo	Colocar y ajustar tuercas		
		Colocación de rieles		
		Colocar panel metálico		
		Aplicar desmoldante		
		Colocación de puntales		
		Colocación de rigidizador		
		Colocar dados de concreto		
	Trabajo Contributorio	Transporte de herramientas		Ubicar una zona de almacenamiento temporal en obra.
				Es necesario que, los trabajadores cuenten con sus propias herramientas según la actividad designada.
				Asignar herramientas de acuerdo a la actividad que va desarrollar el trabajador.
				Implementar un equipo móvil porta herramientas, tipo un carrito transportador de herramientas.
		Transporte de material		Organizar un área temporal y señalizado para el acopio de los materiales de encofrado.
				Contar con un método de transporte y equipos eficientes para transferir los encofrados. Por ejemplo, la grúa, para transportar el encofrado desde un nivel a otro.
				Mantener la zona de acopio de materiales y herramientas ordenada y limpia.
	Búsqueda de materiales y herramientas		Revisar el encofrado antes del vaciado, para evitar deflexiones de la estructura y no generar trabajos rehechos.	
	Revisar encofrado		Contar con un especialista de control de calidad para la verificación del encofrado.	
	Mediciones			
	Trabajo No Contributorio	Esperas		Realizar una buena planificación y asignar correctamente las actividades a los trabajadores.
		Viaje improductivo		Contar con un lugar de acopio cercano a la ejecución de la partida.
		Ausente		Ubicación estratégica de los SS. HH y bebederos, para evitar la ausencia del personal al realizar sus necesidades básicas.
Trabajos rehechos			Realizar una buena planificación y control de las actividades a ejecutar, para evitar fallas en el proceso constructivo.	

Implementación de soluciones. Elaborado por los autores. Adaptado de Vilasini, Neitzert y Gamage (2011).

4

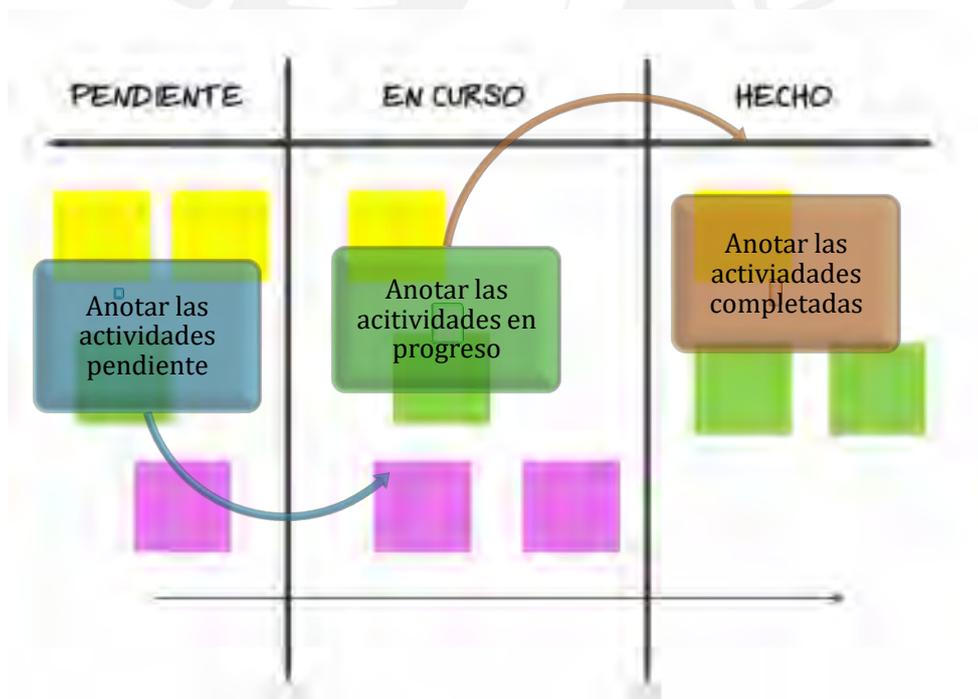
Realizar el seguimiento de las actividades programadas. Para ello, es posible hacer uso del Tablero Kanban.

Herramienta 2: El Tablero Kanban

El Diseño de este tablero es simple y permite un fácil aprendizaje para poder utilizarse como una herramienta de mejora continua, en donde se analiza el flujo de las actividades programadas.

El tablero Kanban está conformado por un tablero y fichas, las cuales representan las actividades o trabajos específicos que se deben desarrollar. El tablero **se encuentra dividido en 3 columnas: "Pendiente", "En curso" y "hecho", las cuales representarán el estado actual de las actividades.**

A continuación, se muestra la metodología del tablero Kanban:



Tablero Kanban. Elaborado por los autores. Adaptado de Jimenes (2019).

RECOMENDACIONES

- En los proyectos de edificaciones siempre es posible mejorar la productividad de la mano de obra. Por ello, se recomienda utilizar este plan de forma iterativa, identificando nuevas deficiencias de producción que puedan aparecer durante las siguientes semanas de ejecución de la obra.



- Cada etapa del plan de mejora de productividad desglosa pasos a seguir desde la etapa de planificación del proyecto hasta la mejora continua. Por ello, se recomienda establecer formatos indicados para cada etapa de planificación, observación, medición, análisis y solución que se desarrollan en una obra de edificación.

- Se recomienda realizar mediciones de la productividad en campo, para así monitorear los tipos de trabajo que se realizan, aquellas que agregan valor y las que no agregan valor. Asimismo, complementar la mejora de la productividad mediante el uso de otras herramientas *Lean* que la empresa ya haya implementado previamente.



BIBLIOGRAFIA

- Guzmán Tejada, A. (2014). APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN LA PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN, EJECUCIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS.
- Ghio, V. (2001). PRODUCTIVIDAD EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN- Diagnóstico, crítica y propuesta.
- Guevara Ramírez, J. S. (2015). Guía práctica para realizar una Pull Session.
- Jiménez Izquierdo, P. (2019). Integración de tableros kanban en una herramienta que apoya la gestión ágil del trabajo (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- Morillo Santa Cruz, T. E., & Lozano Vargas, M. Á. (2007). Estudio de la productividad en una obra de edificación.
- Morales, N., & Galeas, J. (2006). Diagnóstico y evaluación de la relación entre el grado de industrialización y los sistemas de gestión en el nivel de productividad en obras de construcción.
- Orihuela, P. A. B. L. O., & Ulloa, K. A. R. E. M. (2011). La planificación de las obras y el sistema Last Planner. Boletín, (12).
- Pons Achell, J. F., & Rubio Pérez, I. (2019). Lean Construction y la planificación colaborativa. Metodología del Last Planner® System. Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.
- Serpell, A. (1990). Análisis de operaciones mediante cartas de balance.
- Vilasini, N., Neitzert, T. R., & Gamage, J. R. (2011). Lean methodology to reduce waste in a construction environment.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

La propuesta del plan mostrado durante la etapa de construcción del casco de un proyecto multifamiliar en Lima Metropolitana, describe de manera clara y concisa los pasos y herramientas que se deben seguir y utilizar para la mejora de la productividad de la mano de obra. A través de la encuesta realizada a expertos en el rubro de la construcción de edificaciones, se afirma que la presente propuesta plantea una metodología y los procesos adecuados para su uso en un proyecto de edificación multifamiliar, desde su etapa de planificación hasta el seguimiento y control de este.

Respecto al primer objetivo específico, se concluye que se identificaron los factores y herramientas que influyen en la mejora de la productividad de la mano de obra. Esto fue posible mediante la obtención y revisión de información académica recopilada de distintos autores, logrando obtener un cuadro de factores y herramientas que influyen en la productividad clasificados en las distintas etapas que conforman un proyecto de edificación multifamiliar. Así mismo, estos factores fueron validados por expertos a través de entrevistas, en donde cada uno de ellos expresó su opinión y algunas sugerencias.

Respecto al segundo objetivo específico, se concluye que, para describir una propuesta para el uso de herramientas de planificación y de control para la mejora de la productividad de la mano de obra, se ha establecido etapas y procedimientos secuenciados y validados por expertos. En esta propuesta se proponen las etapas de planificación, observación y definición de procesos, realización de mediciones, identificación de oportunidades y mejora continua. Estas etapas se detallan y se explican durante el desarrollo de la presente investigación. De esta manera, sirve como un manual que puede ser aplicado en un proyecto de edificación multifamiliar, brindando mejoras en beneficio a la productividad y

disminución de los desperdicios. Así mismo, la propuesta puede utilizarse de forma iterativa, según las dificultades y observaciones de productividad recogidas en campo durante el tiempo de ejecución de la obra.

Respecto al tercer objetivo específico, se concluye que las propuestas para eliminar y/o reducir flujos de trabajo no productivos para la mejora de la productividad de la mano de obra en la etapa de construcción del casco de un proyecto multifamiliar, son el uso de herramientas *Lean* que permitan una planificación, seguimiento y control de la productividad de la mano de obra; así como la participación conjunta de todos los involucrados en el proyecto que logre una identificación y corrección de los problemas de productividad identificados. Como, por ejemplo, ubicar una zona de almacenamiento temporal en obra, asignar herramientas de acuerdo a la actividad que va desarrollar el trabajador, implementar un equipo móvil porta herramienta, las cuales se evaluaron durante el presente estudio realizado.

Como parte de la aplicación del plan, es necesario identificar las barreras que impidan una adecuada aplicación de las herramientas y acciones correctivas. Debido a ello, es importante establecer un compromiso firme de los involucrados para que esta mejora de productividad se lleve a cabo.

Las entrevistas realizadas a los expertos permiten obtener mayor información sobre los factores y herramientas que se utilizan en las empresas, mostrando un panorama general de la forma de trabajo actual en la construcción. Se muestra que, actualmente, las empresas constructoras grandes son las que utilizan algunas de las herramientas mostradas en la presente tesis para la elaboración de los proyectos en las etapas de planificación y control.

A pesar de que las herramientas mostradas hacia los expertos no son trabajadas en su mayoría por las empresas, esto puede ir cambiando según el conocimiento de la Filosofía *Lean* se vaya extendiendo y llegue a ser cada vez más común el uso de cada una de estas.

Las opiniones de los expertos son necesarias para poder realizar la validación de la información teórica recolectada debido a que estas permiten contrastar las herramientas y factores que pueden aplicarse de manera efectiva en las actividades comunes de obra.

Tanto el Nivel General de Actividades como la Carta balance brindan información para el análisis de la productividad en campo. Sin embargo, se puede concluir que la herramienta de Carta balance brinda una información más específica que el Nivel General de Actividades. Esto se debe, principalmente, a que este primero mide las actividades desde inicio a fin de una partida, tomando mayores datos en menor tiempo; mientras que el NGA mide las actividades de manera global, tomando menores mediciones detalladas.

Los resultados del Nivel General de Actividades muestran en el proyecto de estudio, en promedio, porcentajes de trabajo productivo, contributorio y no contributorio del 32%, 36% y 32%, respectivamente.

Los resultados de Carta balance de las partidas de acero y encofrado de muros obtenidos mostraron un trabajo productivo del 33% y 26%; un trabajo contributorio del 42% y 42%; y un trabajo no contributorio del 26% y 32%, respectivamente. Así mismo, se realizaron mediciones en un total de ocho partidas, obteniéndose un trabajo productivo, trabajo contributorio y trabajo no contributorio promedio general del 40%, 34% y 26%, respectivamente.

7.2. Recomendaciones

- Para la validación de los factores y/o herramientas, se deben realizar entrevistas a expertos en el rubro de la construcción en edificaciones; es decir, los entrevistados deben ser Ingenieros civiles con una experiencia mínima de 7 años en construcción. De

esta manera, los resultados y opiniones obtenidas serán confiables y válidas para la investigación.

- Los formatos para las herramientas de NGA y la Carta Balance facilitan el análisis de la productividad que se presenta en las obras de construcción de edificaciones. Se recomienda que dichos formatos se encuentren establecidos en el proyecto.
- Se recomienda aplicar la propuesta del plan de mejora de la productividad de mano de obra en proyectos de edificación multifamiliar de Lima Metropolitana.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Al-Aomar, R. (2012). Analysis of lean construction practices at Abu Dhabi construction industry. In *Lean Construction Journal* (Vol. 2012).

Araujo Cervantes, A. L., Avila Llaves, K. A., Barbaran Vizcarra, C. M., Castillo Trejo, F. V., & Chinchihualpa Marquez, J. L. (2019). Implementación de herramientas Lean Construction en proyectos multifamiliares de densidad media. Caso Proyecto Precursores en Surco [Trabajo de investigación para optar el grado académico de Maestro en Dirección de la Construcción, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].

<https://doi.org/http://doi.org/10.19083/tesis/648717>

Botero, L. (2002). Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción. *Revista Universidad EAFIT*, octubre. noviembre. diciembre, número 128.

Botero F, & Álvarez V. (2004). Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de viviendas(*Lean construction* como estrategia de mejoramiento). In *REVISTA Universidad EAFIT* (Vol. 40, Issue 136).

Ballard, H. G. (2000). THE LAST PLANNER SYSTEM OF PRODUCTION CONTROL.

Ballard, G., & Howell, G. A. (2003). Lean project management. *Building Research and Information*, 31(2), 119–133. Recuperado de : <https://doi.org/10.1080/09613210301997>

Buleje, K. E., Asesor, R., Max, X., & Lescano, B. (2012). Pontificia Universidad Católica del Perú Facultad de Ciencias e Ingeniería. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, que presenta el bachiller.

Badii Zabeh, M. H., Castillo, J., & Guillen, A. (2008). Tamaño óptimo de la muestra (Optimum sample size). Innovaciones de negocios, 5(9), 53-65.

El peruano (2019) Construcción impulsó desarrollo económico. Recuperado el 12 de noviembre de 2021. Fuente: elperuano.pe

Flores, M., Ramirez, N., Rivera Díaz, P. (2018). Análisis de la productividad de los procesos constructivos aplicando filosofía Lean Construction para obras civiles de gran minería. Caso de Estudio: HV Contratistas-Truck Shop Smcv Item Type info:eu-repo/semantics/masterThesis.

Frandsen, A. (2019). Takt time planning as a work structuring method to improve construction work flow. University of California, Berkeley.

Frandsen, A., & Tommelein, I. (2014). *Takt time planning for construction of exterior cladding Supporting the design of competitive organizations by a domain-specific application framework for the viable system model View project.* Adaptado de: <https://www.researchgate.net/publication/289342313>

Frandsen, A., Berghede, K., & Tommelein, I. D. (2013). *Takt-Time Planning and the Last Planner Production Planning and Control TAKT-TIME PLANNING AND THE LAST PLANNER.*

Fernando, L., Botero, B., & Eugenia Álvarez Villa, M. (2005). *Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción Estudio del caso de la ciudad de Medellín INGENIERÍA & DESARROLLO.*

Ghio, V. (2001). PRODUCTIVIDAD EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN- Diagnóstico, crítica y propuesta.

Guzmán Tejada, A. (2014). APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN LA PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN, EJECUCIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS.

García, R. (2005). Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo. México: McGraw Hill.

Flores D. (2020). Interacción entre Bim y Lean Contruction analizando en proyectos de edificaciones.

Jiménez Izquierdo, P. (2019). Integración de tableros Kanban en una herramienta que apoya la gestión ágil del trabajo.

Konstruedu. (s. f.-e). Lean Construction: ¿Qué es Gemba Walk? | Konstruedu. Konstruedu. <https://konstruedu.com/es/blog/que-es-gemba-walk#>

Tiwari, S., & Sarathy, P. (2012). *PULL PLANNING AS A MECHANISM TO DELIVER CONSTRUCTIBLE DESIGN*.

GUÍA DEL PMBOK. (2017). GUÍA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS (Sexta edición).

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). Metodología de la Investigación (5ª Ed.). México D.F: McGraw-Hill Educación.

HERRERA MAGNO, O. E., & SÁNCHEZ ROJAS, J. A. (2016). Análisis de restricciones y productividad utilizando el sistema *last Planner* para mejorar el flujo de trabajo en el túnel de presión en la central hidroeléctrica Quitarcasa I -2015. <http://hdl.handle.net/10757/620545>

Letelier J. (2014). Análisis en el tiempo de Indicadores de control de avance utilizados en software computacional “IMPERA” para pronosticar efectos futuros en proyectos de construcción. 2014.

López T., J. (2021, 19 abril). Metodología de Lecciones Aprendidas en Proyectos. OPM Integral. <https://opmintegral.com/gestion-de-proyectos/metodologia-de-lecciones-aprendidas-en-proyectos/>

Metodología de la programación, 3ra edición osvaldo cairo battistutti. (2015, 18 abril). Issuu. <https://issuu.com/orlandoramirezoni/docs/metodologia-de-la-programacion-3>

Mora, J. (2012). Medición y análisis de productividad de tres actividades en la construcción de un centro de distribución de 5400m².

Morales, N., & Galeas, J. (2006). Diagnóstico y evaluación de la relación entre el grado de industrialización y los sistemas de gestión en el nivel de productividad en obras de construcción.

Mejía, G. & Hernández, T. (2007). Seguimiento de la productividad en obra: Técnicas de medición de rendimientos de mano de obra. *Revista UIS Ingenierías*, 6(2), 45 – 59. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6299721>

Orihuela, P., & Ulloa, K. (2011). La planificación de las obras y el sistema Last Planner.

Orihuela, P. (2011). *Lean Construction* en el Perú.

Porras Díaz, H., Sánchez Rivera, O. G., & Galvis Guerra, J. A. (2014). *Lean Construction philosophy for the management of construction projects: a current review.* AVANCES Investigación En Ingeniería, 11(1).

Pons, F., & Rubio, I. (2019). GUÍA-LEAN-CONSTRUCTION.

Rodriguez, F., & Gomez, L. (1991). Indicadores de calidad y productividad en la empresa. Primera Edición.

Ramírez, J. (2016). Estudio de factores de productividad enfocado en la mejora de la productividad en obras de edificación.

Serpell, A. (1986). Administración de operaciones de construcción. 2da Edición.

Serpell, A. (1986). Productividad en la construcción. Revista de Ingeniería de Construcción, 1(1), 53-59. Recuperado de <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/331>

Serpell A, & Alarcon L. (2015). Planificación y Control de Proyectos (Cuarta edición).

Sarduy, Y. (2007). El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y cualitativa. Revista cubana de salud pública, 33(3). Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21433320>

Serpell, A. (1990). Análisis de operaciones mediante cartas de balance.

Sáenz-Cortabarría Aprell, Á. R. (2018). Discovering Gemba Walks Good Practices within Industrial Lean Applications.

Veliz J. (2014). Gestión y Dirección de Proyectos CONSTRUCTION MANAGEMENT.

Womack J, & Jones D. (2014). *LEAN THINKING Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation.*

ANEXO A

ENTREVISTA A EXPERTOS

A continuación, se muestran los resultados de cada uno de los expertos sobre qué tan de acuerdo o en desacuerdo se encuentra frente a cada una de los factores y herramientas propuestos para la entrevista.

Primera sección: Desarrollo del cronograma

De acuerdo con el primer proceso considerado en la entrevista referente al desarrollo del cronograma, ¿Está de acuerdo con los factores y herramientas mostradas a continuación?

Respuesta de Exp.01

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Pull Planning					X
Takt time Planning					X
Look ahead					X
Plan semanal					X
Plan diario				X	
Análisis de restricciones					X

Respuesta de Exp.02

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
--------------------------------	------------------------------	----------------------	---------------------------------------	-------------------	------------------------------

<i>Pull Planning</i>				X	
<i>Takt time Planning</i>				X	
<i>Look ahead</i>					X
Plan semanal					X
Plan diario					X
Análisis de restricciones					X

Respuesta de Exp.03

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<i>Pull Planning</i>					X
<i>Takt time Planning</i>					X
<i>Look ahead</i>					X
Plan semanal					X
Plan diario					X
Análisis de restricciones					X

Respuesta de Exp.04

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<i>Pull Planning</i>					X
<i>Takt time Planning</i>					X
<i>Look ahead</i>					X
Plan semanal					X
Plan diario					X
Análisis de restricciones					X

Respuesta de Exp.05

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<i>Pull Planning</i>				X	
<i>Takt time Planning</i>				X	
<i>Look ahead</i>				X	
Plan semanal				X	
Plan diario				X	
Análisis de restricciones				X	

Segunda sección: Desarrollo de presupuesto

Pasando a la siguiente sección, al proceso del desarrollo de presupuesto. ¿Está de acuerdo con los factores y herramientas mostradas a continuación?

Respuesta de Exp.01

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Presupuesto de mano de obra					X
Estructura de control de mano de obra			X		

Respuesta de Exp.02

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Presupuesto de mano de obra					X
Estructura de control de mano de obra				X	

Respuesta de Exp.03

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Presupuesto de mano de obra					X
Estructura de control de mano de obra			X		

Respuesta de Exp.04

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Presupuesto de mano de obra					X
Estructura de control de mano de obra					X

Respuesta de Exp.05

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Presupuesto de mano de obra					X
Estructura de control de mano de obra			X		

Tercera sección: Dimensionamiento de recursos

Pasando a la siguiente sección, al proceso del dimensionamiento de recursos. ¿Está de acuerdo con los factores y herramientas mostradas a continuación?

Respuesta de Exp.01

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Materiales y equipos modernos					X
Dimensionamiento de cuadrillas					X
Estímulos e incentivos					X

Respuesta de Exp.02

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Materiales y equipos modernos					X
Dimensionamiento de cuadrillas					X
Estímulos e incentivos				X	

Respuesta de Exp.03

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Materiales y equipos modernos					X
Dimensionamiento de cuadrillas					X
Estímulos e incentivos					X

Respuesta de Exp.04

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Materiales y equipos modernos				X	
Dimensionamiento de cuadrillas					X
Estímulos e incentivos				X	

Respuesta de Exp.05

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Materiales y equipos modernos					X
Dimensionamiento de cuadrillas					X
Estímulos e incentivos					X

Cuarta sección: Desarrollo de procedimiento

Pasando a la siguiente sección, al proceso del desarrollo del procedimiento. ¿Está de acuerdo con los factores y herramientas mostradas a continuación?

Respuesta de Exp.01

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Revisión de diseño		X			

Procedimiento de trabajo				X	
Diagrama de flujos			X		

Respuesta de Exp.02

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Revisión de diseño					X
Procedimiento de trabajo					X
Diagrama de flujos					X

Respuesta de Exp.03

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Revisión de diseño					X
Procedimiento de trabajo					X
Diagrama de flujos			X		

Respuesta de Exp.04

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Revisión de diseño					X
Procedimiento de trabajo				X	
Diagrama de flujos				X	

Respuesta de Exp.05

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Revisión de diseño				X	
Procedimiento de trabajo				X	
Diagrama de flujos					X

Quinta sección: Determinación de cumplimiento

Pasando a la siguiente sección, al proceso de determinación del cumplimiento. ¿Está de acuerdo con los factores y herramientas mostradas a continuación?

Respuesta de Exp.01

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Porcentaje de planificación cumplida (PPC)					X
Causas de Incumplimiento (CI)					X

Respuesta de Exp.02

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Porcentaje de planificación cumplida (PPC)					X
Causas de Incumplimiento (CI)					X

Respuesta de Exp.03

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Porcentaje de planificación cumplida (PPC)					X
Causas de Incumplimiento (CI)					X

Respuesta de Exp.04

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Porcentaje de planificación cumplida (PPC)					X
Causas de Incumplimiento (CI)					X

Respuesta de Exp.05

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Porcentaje de planificación cumplida (PPC)				X	
Causas de Incumplimiento (CI)				X	

Sexta sección: Medición de indicador de productividad

Pasando a la siguiente sección, al proceso de medición de indicador de productividad. ¿Está de acuerdo con los factores y herramientas mostradas a continuación?

Respuesta de Exp.01

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Reporte de IP					X

Respuesta de Exp.02

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Reporte de IP					X

Respuesta de Exp.03

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Reporte de IP					X

Respuesta de Exp.04

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Reporte de IP					X

Respuesta de Exp.05

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Reporte de IP				X	

Séptima sección: Medición de flujos de trabajo

Pasando a la siguiente sección, al proceso de medición de flujos de trabajo. ¿Está de acuerdo con los factores y herramientas mostradas a continuación?

Respuesta de Exp.01

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Carta Balance					X
NGA					X

Respuesta de Exp.02

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Carta Balance					X
NGA				X	

Respuesta de Exp.03

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Carta Balance			X		
NGA			X		

Respuesta de Exp.04

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Carta balance				X	

NGA				X	
-----	--	--	--	---	--

Respuesta de Exp.05

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Carta balance			X		
NGA			X		

Octava sección: Definición de plan de mejora

Pasando a la siguiente sección, al proceso de definición de plan de mejora. ¿Está de acuerdo con los factores y herramientas mostradas a continuación?

Respuesta de Exp.01

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<i>Big Room</i>					X
Escenarios virtuales					X
Tableros Kanban					X
Plan de reunión semanal					X

Respuesta de Exp.02

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<i>Big Room</i>				X	
Escenarios virtuales					X
Tableros Kanban				X	
Plan de reunión semanal					X

Respuesta de Exp.03

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<i>Big Room</i>					X
Escenarios virtuales					X
Tableros Kanban					X
Plan de reunión semanal					X

Respuesta de Exp.04

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<i>Big Room</i>					X
Escenarios virtuales				X	
Tableros Kanban				X	
Plan de reunión semanal					X

Respuesta de Exp.05

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<i>Big Room</i>			X		
Escenarios virtuales				X	
Tableros Kanban				X	
Plan de reunión semanal					X

**FORMATO RESUMEN DE ENTREVISTA A EXPERTOS EN PROYECTOS DE
CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES MULTIFAMILIARES**

ANEXO B

Nombre:	
¿Cuántos años de experiencia tiene el experto?	

Pregunta 1: ¿Está de acuerdo con los factores y herramientas mostradas a continuación?

Clasifíquelo en la siguiente escala de *Likert*.

Factores y herramientas	Totalmente de acuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Pull Planning					
Takt time Planning					
Look ahead					
Plan semanal					
Plan diario					
Análisis de restricciones					
Presupuesto de mano de obra					
Estructura de control de mano de obra					
Materiales y equipos modernos					
Dimensionamiento de cuadrillas					
Estímulos e incentivos					
Revisión de diseño					
Procedimiento de trabajo					
Diagrama de flujos					
Porcentaje de planificación cumplida (PPC)					
Causas de Incumplimiento (CI)					
Reporte de IP					
Carta Balance					
NGA					
<i>Big Room</i>					
Escenarios virtuales					

**FORMATO RESUMEN DE ENTREVISTA A EXPERTOS EN PROYECTOS DE
CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES MULTIFAMILIARES**

ANEXO B

Tableros Kanban					
Plan de reunión semanal					

Pregunta 2: De estos factores y herramientas, por no ser muy utilizado, ¿Cree usted que alguno debería eliminarse?

Pregunta 3: Adicionalmente a estos, ¿Cree usted que se podría implementar otro factor o herramienta en dicho proceso?



FORMATO DE ENTREVISTA AL STAFF DE LA OBRA EN ESTUDIO

(Sección Ingenieros)

ANEXO C

Nombre:
Cargo:

Proceso de planificación en obra:

¿Cómo se está desarrollando el proceso de planificación en esta obra?	
¿Qué herramientas se está utilizando para el proceso de planificación en esta obra?	
¿Cuándo lo realiza? ¿En qué etapas se aplica?	
¿Con qué frecuencia logra cumplirse estas herramientas?	
¿Quiénes participan para desarrollar este proceso?	
¿Por qué es importante realizar planificación en obra?	

De acuerdo con su experiencia en obra, usted está de acuerdo con la aplicación de las siguientes herramientas dentro del proceso de planificación en esta obra.

HERRAMIENTAS DE PLANIFICACIÓN EN OBRA	SÍ	NO
Pull Planning		
Takt Time Planning		
Look ahead		
Plan Maestro		
Plan semanal		
Plan diario		
Análisis de restricciones		
Plan de fases		
Gantt		
Dimensionamiento de recursos		

FORMATO DE ENTREVISTA AL STAFF DE LA OBRA EN ESTUDIO

(Sección Ingenieros)

ANEXO C

Proceso de seguimiento y control en obra.

¿Cuál es el procedimiento para desarrollar el seguimiento y control en obra?	
¿Qué herramienta utilizan para desarrollar el seguimiento y control en esta obra?	
¿Cuándo lo realiza? ¿En etapas se aplica?	
¿Con qué frecuencia? ¿Logra cumplirse estas herramientas?	
¿Quiénes participan en este proceso?	
¿Por qué es importante realizar el proceso de seguimiento y control en esta obra?	

De acuerdo a su experiencia en obra, usted está de acuerdo con la aplicación de las siguientes herramientas dentro de seguimiento y control en esta obra.

HERRAMIENTAS PARA SEGUIMIENTO Y CONTROL EN OBRA	SÍ	NO
Carta Balance		
Nivel General de Actividades (NGA)		
Reportaje de IP		
Porcentaje de Plan Cumplido y Causas de Incumplimiento		
Big Room		
Escenarios Virtuales		
Tableros Kanban		
Plan de reunión semanal		

FORMATO DE NGA DE LA OBRA EN ESTUDIO

ANEXO D

PROYECTO:		PARAQUE CÁCERES	
MUESTREADOR:		MARY ESTRADA - WILLIAMS RODRIGUEZ	
HORA INICIO:	09:00	HORA FIN:	11:30
		FECHA:	2/06/2022

N°	Cuadrilla	Flujo	TP/TC/TNC		N°	Cuadrilla	Flujo	TP/TC/TNC
1					48			
2					49			
3					50			
4					51			
5					52			
6					53			
7					54			
8					55			
9					56			
10					57			
11					58			
12					59			
13					60			
14					61			
15					62			
16					63			
17					64			
18					65			
19					66			
20					67			
21					68			
22					69			
23					70			
24					71			
25					72			
26					73			
27					74			
28					75			
29					76			
30					77			
31					78			
32					79			
33					80			
34					81			
35					82			
36					83			
37					84			
38					85			
39					86			
40					87			
41					88			
42					89			
43					90			
44					91			
45					92			
46					93			
47					94			

FORMATO DE PREGUNTAS PARA LA DE VALIDACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DE LA MANO DE OBRA EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

ANEXO F

PREGUNTA 1: ¿Está de acuerdo con las herramientas y pasos mostrados en la etapa de planificación? Indique su acuerdo a través de la Escala de *Likert*.

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Plan Maestro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Plan de fases	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Planificación intermedia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Plan semanal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Plan diario	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

PREGUNTA 2: ¿Está de acuerdo con las herramientas y pasos mostrados en la etapa de observación y definición de procesos para la medición? Indique su acuerdo a través de la Escala de *Likert*.

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Gemba Walk	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Work Structuring	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

FORMATO DE PREGUNTAS PARA LA DE VALIDACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DE LA MANO DE OBRA EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

ANEXO F

PREGUNTA 3: ¿Está de acuerdo con las herramientas y pasos mostrados en la etapa de realización de mediciones? Indique su acuerdo a través de la Escala de *Likert*.

	Totalment e en desacuerd o	En desacuerd o	Ni en acuerdo ni en desacuerd o	De acuerdo	Totalment e de acuerdo
Nivel General de Actividades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Carta Balance	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reporte de IP	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

PREGUNTA 4: ¿Está de acuerdo con las herramientas y pasos mostrados en la etapa de identificación de oportunidades? Indique su acuerdo a través de la Escala de *Likert*.

	Totalmente en desacuerd o	En desacuerd o	Ni en acuerdo ni en desacuerd o	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Análisis de NGA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Análisis de Carta Balance	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Análisis de reporte de IP	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

FORMATO DE PREGUNTAS PARA LA DE VALIDACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DE LA MANO DE OBRA EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

ANEXO F

PREGUNTA 5: ¿Está de acuerdo con las herramientas y pasos mostrados en la etapa de mejora continua? Indique su acuerdo a través de la Escala de *Likert*.

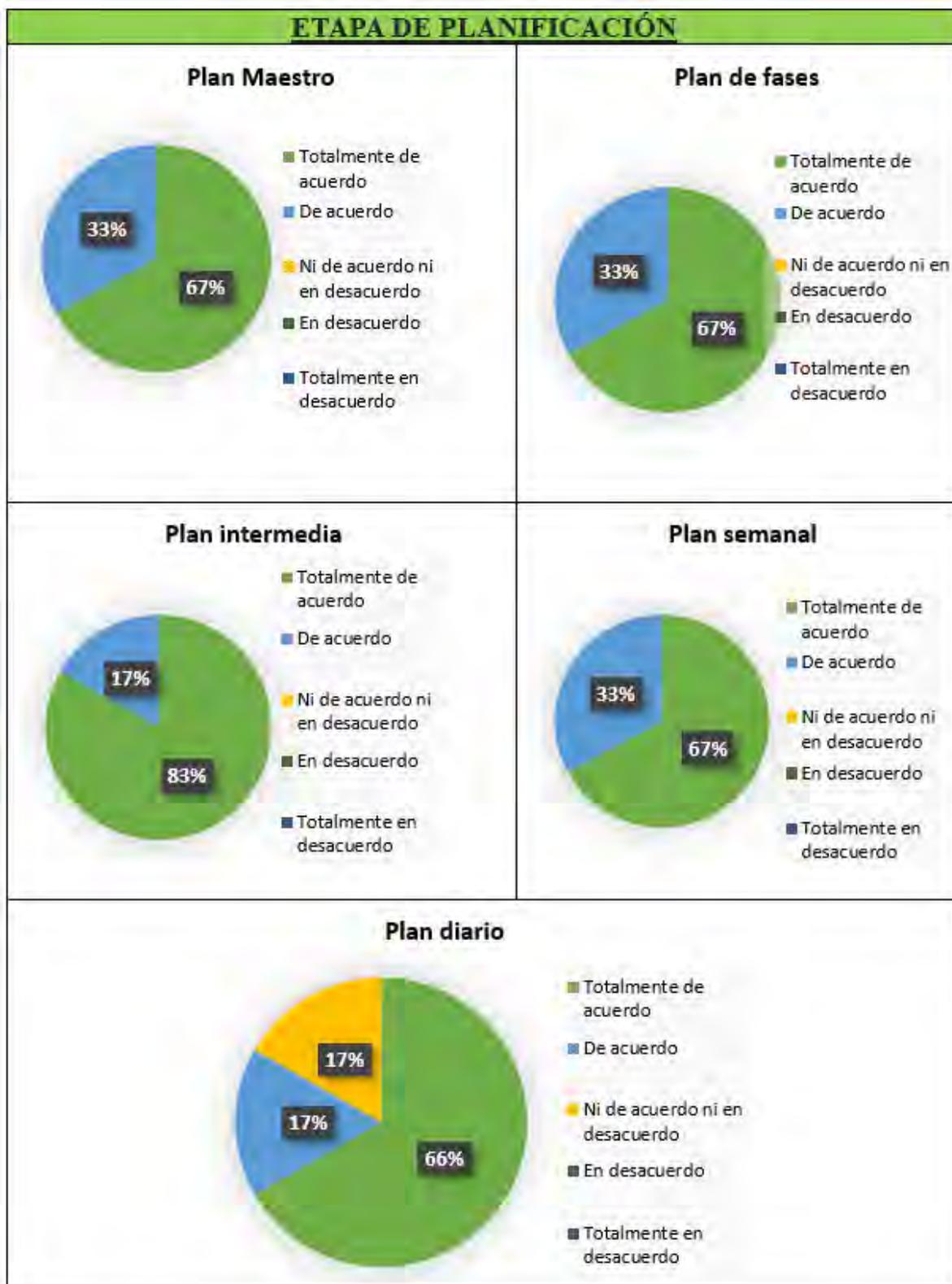
	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Reuniones semanales	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5 por qué	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tablero Kanban	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

PREGUNTA 6: En general, ¿Qué tan de acuerdo te encuentras de la propuesta del plan?

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Propuesta del plan	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

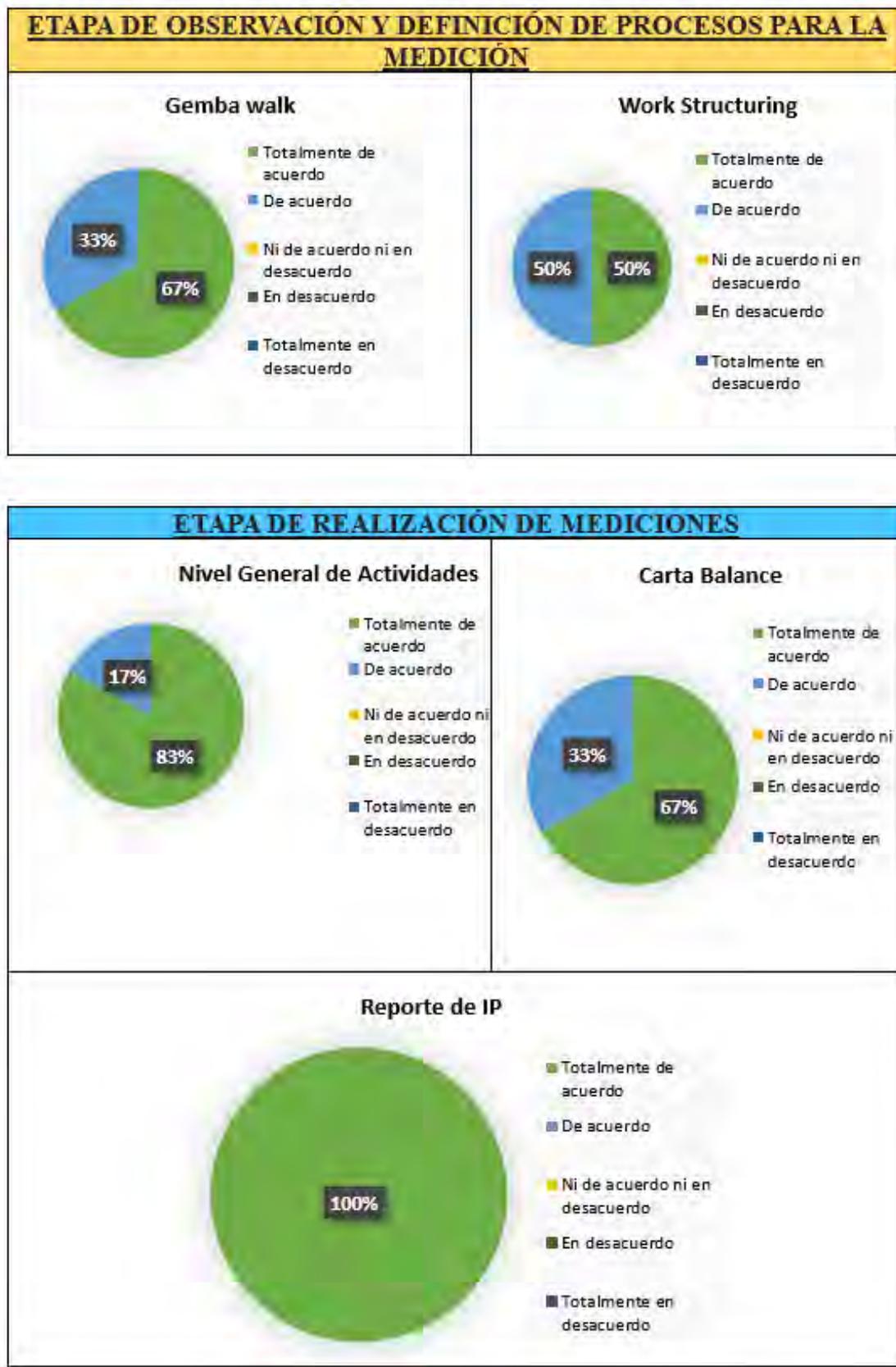
RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE VALIDACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DE LA MANO DE OBRA EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

ANEXO G



RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE VALIDACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DE LA MANO DE OBRA EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

ANEXO G



RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE VALIDACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DE LA MANO DE OBRA EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

ANEXO G



RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE VALIDACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DE LA MANO DE OBRA EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

ANEXO G

