



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE CARTAS BALANCE Y SU  
INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA  
EN PARTIDAS DE ENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS EN  
EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. ABRAHAM MAYTA MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**JULIACA – PERÚ**

**2025**



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE CARTAS BALANCE Y SU**  
**INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA**  
**EN PARTIDAS DE ENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS EN**  
**EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. ABRAHAM MAYTA MAMANI**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:

Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR

PRIMER MIEMBRO

:

Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

SEGUNDO MIEMBRO

:

Dr. FRITZ WILLY MAMANI ABAZA

ASESOR DE TESIS

:

Dr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



# "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

## RESOLUCIÓN DECANAL N° 1455-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 04 de noviembre del 2025

**VISTO:** El expediente N° 2025 - CU - 10915 presentado por el (la) Bachiller: **ABRAHAM MAYTA MAMANI** estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bach. **ABRAHAM MAYTA MAMANI**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE CARTAS BALANCE Y SU INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA EN PARTIDAS DE ENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- \* **Presidente** : Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
- \* **1er Miembro** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- \* **2do Miembro** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

**ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. ARNALDO YANA TORRES**.

**ARTICULO TERCERO. - APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **ABRAHAM MAYTA MAMANI**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE CARTAS BALANCE Y SU INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA EN PARTIDAS DE ENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : jueves 13 de noviembre del 2025
- \* **HORA** : 15:30 horas
- \* **LUGAR** : Aula 306 - FICP

**ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. OSCAR V. VIAMONTE GALLA  
DECANO (e)  
CIP. 32736



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (a)



#### RESOLUCIÓN DECANAL N° 719-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 18 de julio del 2025

**VISTO:** El expediente N° 2025-CU - 7628 por el señor (a): **ABRAHAM MAYTA MAMANI** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 579-2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 024-2025 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): **ABRAHAM MAYTA MAMANI**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE CARTAS BALANCE Y SU INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA EN PARTIDAS DE ENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Cesar Guillermo Camargo Najjar de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 024-2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE CARTAS BALANCE Y SU INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA EN PARTIDAS DE ENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en mérito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **ABRAHAM MAYTA MAMANI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE CARTAS BALANCE Y SU INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA EN PARTIDAS DE ENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la, Dr. **ARNALDO YANA TORRES**.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. **OSCAR V. VIAMONTE GALLA**  
DECANO (a)  
CIP. 32730



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
OFICINA DE INVESTIGACIÓN  
Dr. **Fredy Wally Morales Apaza**  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

CC:  
Archivo  
Interesado (a)



# UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

## RESOLUCIÓN DECANAL N° 404-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 03 de junio del 2025

**VISTO:** El expediente N° 2025-CU- 5469, presentado por el señor (a) ABRAHAM MAYTA MAMANI solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 258-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 024 -2025 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): ABRAHAM MAYTA MAMANI ha presentado su propuesta de investigación Titulada: ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE CARTAS BALANCE Y SU INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA EN PARTIDAS DE ENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Cesar Guillermo Camargo Najjar de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 024 -2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE CARTAS BALANCE Y SU INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA EN PARTIDAS DE ENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN,** presentado por el señor (a): ABRAHAM MAYTA MAMANI, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE CARTAS BALANCE Y SU INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA EN PARTIDAS DE ENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025 correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.**

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente Dr. ARNALDO YANA TORRES.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Mgtr. WALTER J. LIZARRAGA ARMAZA  
DECANO (e)  
C.I.P. 70808



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo 2025



## ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE CARTAS BALANCEADAS EN LA INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA EN PARTIDAS DE ENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025

### INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS


1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	5%
2	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1%



Metadatos Complementarios

<b>Título de la tesis</b>	
<b>ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE CARTAS BALANCE Y SU INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA EN PARTIDAS DE ENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025</b>	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	ABRAHAM MAYTA MAMANI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72177304
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0008-8115-5069">https://orcid.org/0009-0008-8115-5069</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-6740-5024">https://orcid.org/0000-0002-6740-5024</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02441152
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI



<b>Tipo de documento</b>	DNI
<b>Número de documento de identidad</b>	02306659
<b>Datos de investigación</b>	
<b>Línea de investigación</b>	Tecnología de la Construcción - P17
<b>Grupo de investigación</b>	No aplica.
<b>Agencia de financiamiento</b>	Sin financiamiento
<b>Ubicación geográfica de la investigación</b>	<p>País: Perú  Departamento: Puno  Provincia: Puno  Latitud: S 15° 50' 23"  Longitud: O 70° 01' 18"</p>  <p><a href="https://maps.app.goo.gl/hKfXJjAxiZlFzchVA">https://maps.app.goo.gl/hKfXJjAxiZlFzchVA</a></p>
<b>Año o rango de años en que se realizó la investigación</b>	Junio 2025 – Noviembre 2025
<b>URL de disciplinas OCDE</b> <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a> - Librería	<b>Ingeniería civil</b> <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</a> <b>Ingeniería de la construcción</b> <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</a>



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. Fritz Willy Muroani Apaza  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



**DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD**

Yo ABRAHAM MAYTA MAMANI, identificado con DNI

Nro. 72177304, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación,  Trabajo Académico denominada;

ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE CARTAS BALANCE Y SU INFLUENCIA EN EL

RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA EN PARTIDAS DE ENCOFRADO DE VIGAS

Y LOSAS EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025

Asesorado por: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliana 19 de noviembre del 2025

  
Firma del Asesor  
(obligatoria)

  
Firma del Estudiante  
(obligatoria)

  
Huella



## DEDICATORIA

Dedicó este trabajo a mi familia, por ser fuente de fuerza, motivación e incondicional apoyo, A mis padres cuyo esfuerzo y sacrificio fueron primordiales, a esa persona especial que me acompañó con paciencia con sus palabras de aliento.

Dedicó este trabajo a mis profesores cuya dedicación y técnica fueron fundamental para culminar este proyecto, a todos ellos que han hecho posible este logro, este logro es igual de suyo como mía. Gracias por inspirarme a seguir adelante como profesional.



## AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis profesores y asesores por su orientación y conocimientos compartidos a lo largo de este proceso. A mis compañeros de estudio, por su apoyo y colaboración. Y, sobre todo, a mi familia, por ser mi pilar fundamental en este camino.



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
ÍNDICE GENERAL .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT .....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii

### CAPÍTULO I

#### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Realidad problemática.....	14
1.2 Planteamiento del problema.....	15
1.2.1 Problema General.....	15
1.2.2 Problemas Específicos.....	15
1.3 Objetivos de la investigación.....	16
1.3.1 Objetivo General.....	16
1.3.2 Objetivos Específicos.....	16
1.4 Justificación de la investigación.....	17
1.4.1 Justificación teórica .....	17
1.4.2 Justificación Práctica .....	17
1.4.3 Justificación Social .....	17
1.4.4 Justificación Económica .....	17
1.4.5 Justificación Ambiental .....	18
1.5 Hipótesis de la Investigación.....	18
1.5.1 Hipótesis General.....	18
1.5.2 Hipótesis Específicas.....	18
1.6 Variables e indicadores.....	19
1.6.1 Variable Independiente.....	19



1.6.2 Variable Dependiente ..... 19

1.7 Operacionalización de Variables..... 19

CAPÍTULO II  
MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación..... 21

    2.1.1 Antecedentes Internacionales..... 21

    2.1.2 Antecedente Nacionales..... 25

    2.1.3 Antecedentes Locales..... 30

2.2 Bases teóricas..... 35

    2.2.1 Análisis de la carta balance y su impacto en el rendimiento de mano de obra  
            35

        2.2.1.1 Cartas balance en la gestión de proyectos de construcción..... 35

        2.2.1.2 Rendimiento de la mano de obra en construcción..... 38

        2.2.1.3 Encofrados de vigas y losas..... 42

    2.2.2 Relación entre cartas balance y el rendimiento de la mano de obra ..... 47

2.3 Marco conceptual ..... 50

CAPÍTULO III  
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de la Investigación ..... 53

3.2 Tipo de la investigación ..... 53

3.3 Nivel de la Investigación ..... 54

3.4 Diseño de la Investigación ..... 54

3.5 Método de la Investigación ..... 55

3.6 Población y Muestra ..... 55

    3.6.1 Población..... 55

    3.6.2 Muestra ..... 55

3.7 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos ..... 56

    3.7.1 Técnicas de recolección de datos..... 56

    3.7.2 Instrumentos de recolección de datos..... 57

3.8 Proceso para la recopilación de información..... 59



3.8.1 Desarrollo de plan.....	59
3.9 Procesamiento de datos .....	61

### CAPÍTULO IV

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados.....	62
4.1.1 Rendimiento promedio de mano de obra en partidas de encofrado de vigas y losas en edificaciones.....	62
4.1.1.1 Análisis del rendimiento en encofrado de vigas .....	62
4.1.1.2 Análisis del rendimiento en encofrado de losas .....	65
4.1.2 Efecto de la aplicación de cartas balance en el rendimiento de la mano de obra en la partida de encofrado de vigas. ....	68
4.1.3 Efecto de la aplicación de cartas balance en el rendimiento de la mano de obra en la partida de encofrado de losas. ....	80
4.1.4 Resultados sobre la variación del rendimiento de mano de obra de manera convencional y con la aplicación de cartas balance. ....	93
4.2 Discusión de resultados.....	96
CONCLUSIONES .....	99
RECOMENDACIONES.....	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
ANEXOS.....	105



### ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1** Cuadro de operación de variables. .... 20

**Tabla 2** Comparativa de materiales de encofrados..... 45

**Tabla 3** Beneficios de las cartas balance en diferentes fases del proyecto..... 38

**Tabla 4** Impacto de la calidad de materiales y herramientas en el rendimiento. .... 42

**Tabla 5** Impacto de las cartas balance en diferentes aspectos del proyecto..... 50

**Tabla 6** Obra 1 – Encofrado de vigas. .... 62

**Tabla 7** Obra 2 – Encofrado de vigas. .... 63

**Tabla 8** Análisis comparativo – Encofrado de vigas..... 64

**Tabla 9** Obra 1 – Encofrado de losas. .... 65

**Tabla 10** Obra 2 – Encofrado de losas. .... 66

**Tabla 11** Análisis comparativo – Encofrado de losas..... 67

**Tabla 12** Comparación del tiempo de trabajo en encofrado de losas y vigas..... 67

**Tabla 13** Trabajo productivo vigas..... 68

**Tabla 14** Trabajo contributivo vigas..... 68

**Tabla 15** Trabajo No contributivo vigas. .... 69

**Tabla 16** Personales de la Obra 1. .... 69

**Tabla 17** Carta Balance del encofrado de vigas (Obra 1). .... 70

**Tabla 18** Trabajos de encofrado de vigas (Obra 1)..... 71

**Tabla 19** Personales de la Obra 2. .... 74

**Tabla 20** Carta Balance del encofrado de vigas (Obra 2). .... 75

**Tabla 21** Trabajos de encofrado de vigas (Obra 2)..... 76

**Tabla 22** Promedios generales por tipo de trabajo. .... 79

**Tabla 23** Trabajo productivo losas..... 81

**Tabla 24** Trabajo contributivo losas..... 81

**Tabla 25** Trabajo No contributivo losas. .... 82

**Tabla 26** Personales de la Obra 1. .... 82



<b>Tabla 27</b> Carta Balance del encofrado de losas (Obra 1). .....	83
<b>Tabla 28</b> Trabajos de encofrado de losas (Obra 1).....	84
<b>Tabla 29</b> Personales de la Obra 2. ....	87
<b>Tabla 30</b> Carta Balance del encofrado de losas (Obra 2). ....	88
<b>Tabla 31</b> Trabajos de encofrado de losas (Obra 2).....	89
<b>Tabla 32</b> Promedios generales por tipo de trabajo, en encofrados de losas. ....	92
<b>Tabla 33</b> Rendimiento en encofrado de vigas - método convencional vs. carta balance. 94	
<b>Tabla 34</b> Rendimiento en encofrado de losas - método convencional vs. carta balance. 94	
<b>Tabla 35</b> Resumen promedio del rendimiento. ....	95



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Encofrado de madera en una estructura pequeña.....	43
<b>Figura 2</b>	Encofrado metálico en una obra de gran escala. ....	44
<b>Figura 3</b>	Encofrado plástico utilizado en condiciones ambientales severas.....	44
<b>Figura 4</b>	Tiempo de trabajo, encofrado vigas (Obra 1). ....	63
<b>Figura 5</b>	Tiempo de trabajo, encofrado vigas (Obra 2). ....	64
<b>Figura 6</b>	Tiempo de trabajo, encofrado losas (Obra 1). ....	65
<b>Figura 7</b>	Tiempo de trabajo, encofrado losas (Obra 2). ....	66
<b>Figura 8</b>	Trabajos realizado del obrero 1, encofrado vigas (Obra 1).....	71
<b>Figura 9</b>	Trabajos realizado del obrero 2, encofrado vigas (Obra 1).....	72
<b>Figura 10</b>	Trabajos realizado del obrero 3, encofrado vigas (Obra 1).....	72
<b>Figura 11</b>	Trabajos realizado del obrero 4, encofrado vigas (Obra 1).....	73
<b>Figura 12</b>	Trabajos realizado del obrero 5, encofrado vigas (Obra 1).....	73
<b>Figura 13</b>	Trabajos realizado del obrero 6, encofrado vigas (Obra 1).....	74
<b>Figura 14</b>	Trabajos realizado del obrero 1, encofrado vigas (Obra 2).....	76
<b>Figura 15</b>	Trabajos realizado del obrero 2, encofrado vigas (Obra 2).....	77
<b>Figura 16</b>	Trabajos realizado del obrero 3, encofrado vigas (Obra 2).....	77
<b>Figura 17</b>	Trabajos realizado del obrero 4, encofrado vigas (Obra 2).....	78
<b>Figura 18</b>	Trabajos realizado del obrero 5, encofrado vigas (Obra 2).....	78
<b>Figura 19</b>	Trabajos realizado del obrero 6, encofrado vigas (Obra 2).....	79
<b>Figura 20</b>	Promedios por tipos de trabajos.....	80
<b>Figura 21</b>	Trabajos realizado del obrero 1, encofrado losas (Obra 1).....	84
<b>Figura 22</b>	Trabajos realizado del obrero 2, encofrado losas (Obra 1).....	85
<b>Figura 23</b>	Trabajos realizado del obrero 3, encofrado losas (Obra 1).....	85
<b>Figura 24</b>	Trabajos realizado del obrero 4, encofrado losas (Obra 1).....	86
<b>Figura 25</b>	Trabajos realizado del obrero 5, encofrado losas (Obra 1).....	86
<b>Figura 26</b>	Trabajos realizado del obrero 6, encofrado losas (Obra 1).....	87



<b>Figura 27</b>	Trabajos realizado del obrero 1, encofrado losas (Obra 2).....	89
<b>Figura 28</b>	Trabajos realizado del obrero 2, encofrado losas (Obra 2).....	90
<b>Figura 29</b>	Trabajos realizado del obrero 3, encofrado losas (Obra 2).....	90
<b>Figura 30</b>	Trabajos realizado del obrero 4, encofrado losas (Obra 2).....	91
<b>Figura 31</b>	Trabajos realizado del obrero 5, encofrado losas (Obra 2).....	91
<b>Figura 32</b>	Trabajos realizado del obrero 6, encofrado losas (Obra 2).....	92
<b>Figura 33</b>	Promedios por tipos de trabajos, en encofrados de losas. ....	93



## RESUMEN

El presente estudio titulado "Análisis de la aplicación de cartas balance y su influencia en el rendimiento de mano de obra en partidas de encofrado de vigas y losas en edificaciones en la provincia de Puno 2025", se evaluó el rendimiento y la productividad de la mano de obra en las partidas de encofrado de vigas y losas, mediante la aplicación de la metodología de cartas balance para optimizar la gestión del tiempo laboral. Se empleó un diseño cuasi-experimental, para comparar el uso de cartas balance frente al método convencional y evaluar su impacto en el rendimiento de la mano de obra. Este método permitió validar científicamente que las cartas balance mejoran la productividad laboral. Bajo el método convencional, el trabajo productivo representó en promedio solo el 26.3% del tiempo total, mientras que el trabajo no productivo alcanzó el 37.2%. La implementación de cartas balance incrementó el trabajo productivo a 42.3%, un aumento relativo del 61%, y redujo el tiempo no productivo a 18.3%, disminución del 51%. Estas mejoras se tradujeron en un mayor avance físico y eficiencia operativa. El análisis individual de obreros evidenció variaciones en la distribución del tiempo, destacando que la carta balance facilita la identificación de actividades improductivas y contribuye a una mejor planificación y control de recursos humanos. Se concluye que la metodología aplicada es eficaz para reducir pérdidas de tiempo, mejorar la productividad y optimizar los recursos en la ejecución de encofrados, con un impacto positivo en costos y plazos de obra.

**Palabras clave:** Cartas balance, encofrado de losas, encofrado de vigas, rendimiento de mano de obra.



## ABSTRACT

This study, entitled "Analysis of the Application of Balance Charts and Their Influence on Labor Performance in Beam and Slab Formwork in Buildings in the Province of Puno 2025," evaluated labor performance and productivity in beam and slab formwork by applying the balance chart methodology to optimize labor time management. A quasi-experimental design was used to compare the use of balance charts with the conventional method and assess their impact on labor performance. This method scientifically validated that balance charts improve labor productivity. Under the conventional method, productive work represented, on average, only 26.3% of the total time, while non-productive work reached 37.2%. The implementation of balance charts increased productive work to 42.3%, a relative increase of 61%, and reduced non-productive time to 18.3%, a decrease of 51%. These improvements resulted in greater physical progress and operational efficiency. Individual worker analysis revealed variations in time allocation, highlighting that the time balance chart facilitates the identification of unproductive activities and contributes to better planning and control of human resources. It is concluded that the applied methodology is effective in reducing time losses, improving productivity, and optimizing resources in formwork construction, with a positive impact on costs and project deadlines.

**Keywords:** Balance charts, slab formwork, beam formwork, labor productivity.



## INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción enfrenta desafíos constantes en la optimización de procesos y la gestión eficiente de la mano de obra. En este contexto, el encofrado, que comprende actividades fundamentales como el montaje de vigas y losas, representa una parte crucial en la ejecución de obras de edificación. En Puno, donde la construcción mueve la economía, ser eficiente en estas partidas puede definir un proyecto exitoso de uno que termine en sobrecostos y retrasos.

El uso de metodologías de planificación y control, como las cartas balance, ha sido reconocido en otros sectores productivos para mejorar la coordinación, disminuir tiempos muertos y aumentar la productividad. Pero en el campo de la construcción, y más específicamente en el proceso de encofrado, aún hay una falta de literatura acerca de cómo impactan estas técnicas en la mejora del rendimiento de la mano de obra.

Esta investigación busca estudiar la aplicación de cartas balance en el encofrado de vigas y losas, y cómo esto afecta el rendimiento laboral en términos de metros cuadrados por hora-hombre ( $m^2/hh$ ). Mediante la medición cronometrada del tiempo que dedican a actividades productivas, contributivas y no contributivas en dos obras representativas de la provincia de Puno, se busca determinar una línea base (método tradicional) y compararla con el escenario optimizado (con cartas balance). Los resultados obtenidos podrán revelar oportunidades de mejora en la gestión de recursos humanos y, por ende, mejorar los procesos constructivos, disminuir los costos y mejorar los tiempos de ejecución de proyectos de edificación.

La tesis consta por 4 capítulos:

Este primer capítulo establece las bases conceptuales y contextuales de la investigación. Se comienza con la descripción detallada del problema central, sus características, historia y cómo se manifiesta en el mundo actual. Además, se define explícitamente la delimitación



del objeto de estudio, especificando los límites y alcance de la problemática. Luego, se plantean los objetivos generales y específicos que guiarán la investigación. Finalmente, se justifica la investigación por su importancia teórica, práctica y por su potencial contribución al campo académico y profesional asociado.

En este capítulo se recopilan y definen los conceptos clave que fundamentan la investigación. Se proporciona un conjunto de definiciones esenciales, recuperadas de literatura científica, instituciones y autores de referencia, lo que asegura rigor y soporte teórico. La definición de estos términos tiene como objetivo garantizar la comprensión e igualar el lenguaje que se utilizará a lo largo del estudio, estableciendo así una base conceptual que permita la coherencia interna del documento.

En esta parte se explica el diseño metodológico que orienta la investigación. Se detalla el contexto en el que se lleva a cabo la investigación y se definen los objetivos operativos que guían cada fase del análisis. Además, se detalla el procedimiento utilizado para la recolección, sistematización y evaluación de los datos, las técnicas, instrumentos y criterios para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados. De este modo, el capítulo da a conocer la lógica metodológica de la investigación.

El cuarto capítulo es el corazón del documento, ya que en él se presentan de manera estructurada los resultados alcanzados tras la aplicación del método de investigación. Cada sección explora en profundidad los objetivos propuestos, proporcionando análisis ricos, interpretaciones informadas y reflexiones críticas. Estos resultados ayudan a interpretar la magnitud y la significancia de los resultados en términos del problema planteado y del marco teórico inicial.



## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Realidad problemática.

La productividad de la mano de obra en la construcción es determinante para la gestión de proyectos a nivel internacional, nacional y local, ya que incide en los costos, plazos y calidad de la ejecución de obras. A nivel mundial, la planificación y control de la productividad a través de instrumentos como las cartas balance se ha consolidado como una mejor práctica para mejorar la productividad y disminuir la incertidumbre en proyectos constructivos Leicht et al., (2020); Caldart et al., (2022). Varias investigaciones internacionales han revelado que la ausencia de un control objetivo del rendimiento provoca sobrecostos y retrasos sustanciales en la construcción (Feng et al., 2022; Dixit, 2019). La implementación de modelos de gestión capaces de visualizar y equilibrar las acciones constructivas ha sido determinante para mejorar la eficiencia y sostenibilidad del sector Shehata et al., (2019).

En el contexto nacional peruano, a pesar del crecimiento del sector construcción, persisten desafíos relacionados con el bajo rendimiento promedio de la mano de obra y la escasa implementación sistemática de técnicas de planificación como las cartas balance Huamán (2022); Zorrilla (2023). Investigaciones recientes revelan que los rendimientos en partidas estructurales críticas, tales como el encofrado de vigas y losas, son inferiores a

los estándares técnicos recomendados por CAPECO, evidenciando deficiencias en capacitación, uso de equipos y coordinación del trabajo Medina (2023); CAPECO, (2024). Además, los sobrecostos y demoras se han asociado a la falta de un control efectivo del rendimiento de la mano de obra en obra pública y privada, lo cual afecta la competitividad y sostenibilidad de las empresas del sector Garcia (2023).

A nivel local, en la provincia de Puno, esta problemática se manifiesta en la ejecución de partidas como el encofrado de vigas y losas, donde la ausencia o aplicación limitada de cartas balance dificulta la distribución equitativa y eficiente de las tareas entre los obreros Machicao (2023). Estudios realizados en la región evidencian que una proporción significativa de la mano de obra desconoce o no aplica esta herramienta, lo que genera pérdidas importantes de tiempo productivo y mayores costos en los proyectos Tapia (2024). Esta situación limita la mejora del rendimiento, provocando que los proyectos presenten desviaciones en tiempos y presupuestos establecidos, afectando la calidad y ejecución óptima de las obras. Por ello, se hace necesaria una investigación que analice el efecto de la aplicación de cartas balance en el rendimiento laboral, en especial en partidas de encofrado de vigas y losas, para proponer medidas que promuevan una mayor eficiencia y competitividad en la construcción de edificaciones en Puno Huamán (2022).

## **1.2 Planteamiento del problema.**

### **1.2.1 Problema General.**

¿De qué manera la aplicación de cartas balance y su influencia en el rendimiento de mano de obra en partidas de encofrado de vigas y losas en edificaciones en la provincia de Puno 2025?

### **1.2.2 Problemas Específicos.**

- a) ¿Cuál es el rendimiento promedio de mano de obra en partidas de encofrado de vigas y losas en edificaciones en la provincia de Puno?



- b) ¿Cuál es el efecto de la aplicación de cartas balance en el rendimiento de la mano de obra en la partida de encofrado de vigas en edificaciones en la provincia de Puno?
- c) ¿Cuál es la influencia de la aplicación de cartas balance en el rendimiento de la mano de obra en la partida de encofrado de losas aligeradas en edificaciones en la provincia de Puno?
- d) ¿Cuál es la variación del rendimiento de mano de obra de manera convencional y con la aplicación de cartas balance en partidas de encofrado de vigas y losas en edificaciones en la provincia de Puno?

### **1.3 Objetivos de la investigación.**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Analizar la aplicación de cartas balance y su influencia en el rendimiento de mano de obra en partidas de encofrado de vigas y losas en edificaciones en la provincia de Puno 2025.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos.**

1. Determinar el rendimiento promedio de mano de obra en partidas de encofrado de vigas y losas en edificaciones en la provincia de Puno.
2. Explicar el efecto de la aplicación de cartas balance en el rendimiento de la mano de obra en la partida de encofrado de vigas en edificaciones en la provincia de Puno.
3. Explicar la influencia de la aplicación de cartas balance en el rendimiento de la mano de obra en la partida de encofrado de losas aligeradas en edificaciones en la provincia de Puno.
4. Determinar la variación del rendimiento de mano de obra de manera convencional y con la aplicación de cartas balance en partidas de encofrado de vigas y losas en edificaciones en la provincia de Puno.



## **1.4 Justificación de la investigación.**

### **1.4.1 Justificación teórica**

Esta investigación aporta al campo de la ingeniería civil y la gestión de la construcción al profundizar en el uso de cartas balance como herramienta para mejorar el rendimiento de la mano de obra en partidas de encofrado. La tesis contribuye al conocimiento sobre metodologías de control y optimización de procesos constructivos, fundamentándose en teorías de administración de obra y productividad laboral que pueden ser aplicadas en el contexto local.

### **1.4.2 Justificación Práctica**

El estudio permitirá identificar mejoras concretas en la gestión de la mano de obra mediante la aplicación de cartas balance, herramienta que puede facilitar la planificación y control de las actividades de encofrado. Esto impacta positivamente a las constructoras, optimizando recursos y tiempos, mejorando la eficiencia y disminuyendo retrasos y costos adicionales.

### **1.4.3 Justificación Social**

Al aumentar la eficiencia de la mano de obra en la construcción, se crean condiciones laborales más estructuradas y eficientes, lo que puede resultar en un entorno laboral más seguro y organizado. Asimismo, promoviendo proyectos constructivos más eficientes, se apoya al desarrollo urbano y a mejorar la calidad de vida en la provincia de Puno.

### **1.4.4 Justificación Económica**

Mejorar el rendimiento de la mano de obra a través de cartas balance puede minimizar desperdicios de tiempo y de mano de obra, generando ahorros para las



empresas y la economía local. La mayor productividad se traduce en menores costos de construcción y potencialmente mayores ganancias en los proyectos de construcción.

### **1.4.5 Justificación Ambiental**

Una mejor planificación y control de las obras de construcción (como el encofrado) disminuye la generación de residuos y el consumo innecesario de materiales. Esto resulta en una edificación más sostenible, reduciendo el impacto ambiental y fomentando prácticas responsables en la ejecución de obras.

## **1.5 Hipótesis de la Investigación.**

### **1.5.1 Hipótesis General.**

La implementación de cartas balance mejorara significativamente el rendimiento de la mano de obra en las partidas de encofrado de vigas y losas en edificaciones en la provincia de Puno, en comparación con el método convencional.

### **1.5.2 Hipótesis Específicas.**

- a) La productividad de la mano de obra en encofrado de vigas y losas mediante el método convencional se verá afectada por la falta de coordinación, presencia de tiempos improductivos y una asignación ineficiente de tareas.
- b) La implementación de cartas balance en el encofrado de vigas permitirá una mejor distribución del trabajo, reduciendo los tiempos improductivos y optimizando la ejecución de cada actividad.
- c) La aplicación de cartas balance en el encofrado de losas aligeradas mejorara la secuencia de trabajo, disminuye tiempos de espera y permite una mayor eficiencia en la ejecución de la partida.



- d) La comparación entre el método convencional y el optimizado con cartas balance evidenciara mejoras en la productividad, reducción de tiempos no contributivos y una mayor organización del trabajo en las partidas de encofrado de vigas y losas.

## 1.6 Variables e indicadores.

### 1.6.1 *Variable Independiente.*

Aplicación de cartas balance.

#### Indicadores:

- % de actividades evaluadas con cartas balance

### 1.6.2 *Variable Dependiente*

Rendimiento de la mano de obra.

#### Indicadores:

- m<sup>2</sup>/hombre/jornada
- Horas-hombre por partida

## 1.7 Operacionalización de Variables.



**Tabla 1**

*Cuadro de operación de variables.*

<b>Variable Independiente</b>	<b>Definición</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Valor final</b>	<b>Inst. Medición</b>	<b>Tipo</b>
<b>Aplicación de Cartas Balance</b>	Técnica utilizada para planificar y controlar secuencias de actividades en partidas de encofrado de vigas y losas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planificación</li> <li>- Control de actividades</li> </ul>	- % de actividades evaluadas con cartas balance	0-49%: Bajo 50-79%: Medio 80-100%: Alto	Observación, registro de obra	Categoría: Ordinal
<b>Variable Dependiente</b>	<b>Definición</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Valor final</b>	<b>Inst. Medición</b>	<b>Tipo</b>
<b>Rendimiento de mano de obra en partidas de encofrado</b>	Relación entre metros cuadrados encofrados y el tiempo/hombre necesario para ejecutarlos en obra.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Encofrado de vigas</li> <li>- Encofrado de losas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- m<sup>2</sup>/hombre/jornada</li> <li>- Horas-hombre por partida</li> </ul>	<5 m <sup>2</sup> : Bajo 5-10 m <sup>2</sup> : Medio >10 m <sup>2</sup> : Alto	Registro de avance de obra, planillas de control	Numérica: Continua



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación.

##### 2.1.1 *Antecedentes Internacionales.*

De acuerdo a Al-Sweilem (2020) su indagación "Application of Line of Balance (LOB) for effective management of construction projects. Journal of Construction Engineering and Management". La investigación aborda la planificación y programación de actividades repetitivas, siendo la aplicación del método de Línea de Balance (LOB) a la gestión de proyectos de construcción el eje central de la investigación. Los autores explican cómo la aplicación de esta metodología mejora los procesos y los recursos de un proyecto, mejorando la eficiencia del proyecto. Mediante un estudio de caso, demuestran que la utilización de LOB puede mejorar significativamente los tiempos de ejecución, lo que se traduce en una reducción de los costos del proyecto. También destacan cómo esta herramienta ayuda a mejorar la coordinación y comunicación entre los equipos, asegurando que todos estén en la misma página y trabajen hacia una visión compartida, lo que permite un flujo de trabajo más eficiente. La investigación se apoya en un caso práctico del sector de la construcción de infraestructuras, donde se muestran los beneficios concretos de la aplicación de LOB, mejorando la gestión de proyectos de construcción al reducir costes y optimizar la programación de tareas repetitivas.



Según Liao (2021) en su tesis "Optimization of construction scheduling and labor productivity with Line of Balance. International Journal of Construction Management". En este trabajo se hace una revisión bibliográfica sobre el uso de la línea de equilibrio (LOB) para optimizar la programación y mejorar la productividad de los trabajadores en proyectos de construcción. En el artículo, los autores analizan distintos enfoques de programación que se aplican en la práctica en la industria de la construcción, para determinar en qué medida son capaces de mejorar los procesos. Con este estudio mostraron que con la LOB mejoró la eficiencia de los trabajadores, ya que se disminuyó el tiempo muerto que existía entre una actividad y otra. Esto, a su vez, hizo que se aprovecharan mejor los recursos, optimizando la asignación de tareas y facilitando que el trabajo fluyera. El estudio también destacó la importancia de ajustar la LOB a las actividades constructivas repetitivas, como los encofrados y estructuras que se repiten en ciclos regulares a lo largo del proyecto. La forma de LOB hace que se puedan planificar mejor este tipo de tareas repetitivas y que el flujo de trabajo no se vea interrumpido. Con esta técnica se pueden controlar mejor las actividades que se repiten en las fases del proyecto, mejorando la productividad de los trabajadores y la eficacia de los recursos. En ese sentido, el estudio evidencia cómo la adaptación de la LOB a las particularidades del proyecto constructivo, especialmente en actividades repetitivas, permite mejorar la eficiencia en la programación y ejecución de las actividades.

Según Kamaruddin (2019) su estudio "Enhancement of construction productivity with Line of Balance scheduling: A case study. International Journal of Project Management". Mediante un caso de estudio, los autores examinan cómo el uso del método de la Línea de Equilibrio (LOB) impacta la productividad global de la industria de la construcción, al edificar un complejo habitacional. En este estudio se utilizaron líneas de equilibrio como herramienta para organizar y controlar las actividades del proceso de encofrado, una de las más repetitivas y críticas del proyecto. Con estos diagramas se pudo organizar mejor las actividades, asegurando que las actividades de encofrado se



ejecutaran en secuencias optimizadas y en los tiempos previstos. Los resultados de la aplicación de la LOB en este proyecto constructivo arrojaron mejoras significativas. En primer lugar, se hizo más productivo a los trabajadores, ya que al tener programadas y organizadas sus actividades disminuyeron los tiempos muertos y ahora se enfocaban en actividades específicas sin interrupciones. Esto resultó en un flujo de trabajo más consistente y eficiente, haciendo un mejor uso del tiempo de trabajo. Además, con la LOB se logró mayor coordinación entre los equipos que participaban en el proyecto, pues todos conocían el avance y lo que debían hacer en cada fase. Esta mayor coordinación no solo permitió una ejecución más eficiente de las tareas, sino que también ayudó a disminuir los retrasos que a menudo ocurren por problemas de comunicación o mala programación. Como resultado, los plazos de construcción se optimizaron, lo que permitió finalizar el complejo residencial en un tiempo más corto y con una menor variabilidad en los tiempos de entrega. En resumen, el estudio demuestra cómo la aplicación de la Línea de Equilibrio en la gestión de proyectos de construcción, especialmente en actividades recurrentes como el encofrado, puede mejorar significativamente la productividad, la coordinación y los plazos de ejecución, lo que se traduce en proyectos más eficientes y rentables.

Según Zhang (2020) su artículo "Implementing Line of Balance scheduling for labor efficiency in high-rise construction. Construction Management and Economics". En este artículo se hace una investigación profunda de cómo la aplicación de sistemas LOB influye en la eficiencia del trabajo en la construcción de edificios altos. La investigación explora cómo los sistemas LOB pueden mejorar la gestión de proyectos complejos de construcción, en particular aquellos con muchas tareas repetitivas e interdependientes. De acuerdo a los resultados, el uso de sistemas LOB influye en la coordinación entre los equipos que participan en el proyecto. Como los edificios altos implican muchos pequeños proyectos y tareas que deben ejecutarse en paralelo o en secuencia, con LOB se pueden organizar todas estas tareas de forma transparente. Los resultados del estudio muestran que utilizando sistemas LOB se disminuyen los conflictos de programación que a menudo



se presentan en proyectos grandes. Estos conflictos se dan cuando las acciones no están sincronizadas, generando tiempos muertos, retrasos o sobrecargas en ciertas partes del proyecto. Gracias a la programación que el LOB le da, se llega a optimizar el flujo de trabajo, mejorando la eficiencia y asegurando que cada equipo de trabajo conozca su función y las tareas que deben realizar en el momento oportuno. Además, los sistemas LOB permiten una mejor asignación de recursos humanos y materiales. Al visualizar todas las tareas y sus relaciones, los gerentes de proyecto pueden asignar recursos de manera más eficiente y asegurarse de que estén disponibles cuando se necesiten sin incurrir en excesos o escasez. Esto es crucial en proyectos de gran envergadura, donde la logística de materiales y la disponibilidad de personal son determinantes para alcanzar los plazos previstos. En conclusión, el estudio muestra cómo la integración de sistemas LOB en la programación de tareas mejora la coordinación y minimiza conflictos, optimiza la gestión de recursos, haciendo más eficiente la obra y permitiendo entregar a tiempo y dentro del presupuesto.

Según Castillo (2021) su artículo "Line of Balance method to improve labor productivity in construction projects. Automation in Construction". Para efectos de esta investigación, los autores se enfocan en describir cómo el método de Línea de Equilibrio (LOB) puede ser aplicado para mejorar la eficiencia del trabajo en diferentes proyectos de construcción. Durante el estudio se evidencia que este método es muy eficiente para planificar y programar de forma más detallada y exacta la forma de ejecución de las actividades, haciendo un uso más eficiente del tiempo y los recursos del proyecto. De acuerdo con el informe, la aplicación de LOB hace posible una programación continua y nivelada de las actividades, lo que permite que el trabajo fluya y se reduzcan los tiempos muertos, aumentando la productividad del proyecto. El estudio señala que el enfoque LOB es más adecuado para proyectos con trabajo repetitivo y procesos de producción estandarizados. Ya que gran parte de los proyectos constructivos involucran procesos repetitivos tales como encofrado, montaje de estructuras o colocación de módulos, a los



cuales se les puede aplicar muy bien el LOB y así programar y nivelar mejor los tiempos. Tras revisar multitud de proyectos constructivos latinoamericanos, los autores muestran cómo el uso de este método ha mejorado la eficiencia en la ejecución de obras, disminuyendo los conflictos en la programación y optimizando la asignación de recursos. También se muestra cómo la utilización de LOB permite la sincronización entre los distintos equipos de trabajo y subcontratistas que participan en el proyecto, al poder visualizar todos ellos la secuencia y el avance de las tareas planificadas. Esta forma también permite anticipar posibles problemas logísticos o de recursos, y así dar una respuesta más rápida y acertada ante cualquier situación inesperada. Estudios en proyectos constructivos de Latinoamérica confirman que LOB mejora la planificación y el control de proyectos, demostrando cómo su aplicación resulta en eficiencia operativa, optimización de tiempos y costos, y mejora en la calidad de ejecución.

### **2.1.2 Antecedente Nacionales.**

Según Astopilco (2023) su tesis "Rendimiento y productividad de la mano de obra en la ejecución de proyectos de canales de riego, utilizando cartas balance, Cajamarca, 2018". La eficiencia y productividad de los trabajadores se han vuelto un factor esencial para obtener ventajas competitivas en el mundo actual. Y esto es especialmente cierto en industrias tan exigentes como la construcción. Este campo, que implica la administración de personal y de materiales, tiene dificultades específicas en los lugares en que no se lleva registro de la actuación y no se ejerce una supervisión general. Se ha notado la falta de registro de datos de manera sistemática sobre la productividad y el rendimiento laboral en la ciudad de Cajamarca, específicamente en proyectos de infraestructura hidráulica, tales como canales de riego. Por causa de este problema no se tiene certeza de la eficacia con que se están utilizando los recursos humanos y, por ende, no se pueden optimizar los procesos constructivos. Ante esta necesidad, el objetivo de la investigación fue analizar la productividad y el rendimiento laboral en la construcción de canales de riego en diferentes centros poblados de la región, tales como Quilish, Cinse las Vizcachas, Tual, Pacopampa



y Consejo Provincial de Tual, en el periodo abril-julio de 2018. La tabla de balance fue la técnica principal de esta investigación. El método utilizado fue la observación directa y sistemática de diferentes proyectos o actividades significativas que se desarrollaron mientras se ejecutaban los proyectos. Estas tareas abarcaron, entre otras, el replanteo, nivelación, limpieza, excavación, relleno, encofrado, vaciado de concreto, enlucido, acabado, curado y pintura. De acuerdo a los resultados, el empleo de tablas de balance permitió un control más exhaustivo y una mejor administración del tiempo y esfuerzo de la mano de obra, mejorando significativamente la productividad en comparación con las formas convencionales que se venían utilizando en los expedientes técnicos. Se apreció una disminución del trabajo no contributivo (NCN) y un aumento del trabajo productivo (TP) y del trabajo contributivo (TC). Esto dio lugar a construcciones más eficientes y planificadas. En cifras, la mano de obra real certificada con gráficos de balance representó el 92,919% frente al 123,981% certificado en los expedientes técnicos. Esto muestra que la eficiencia obtenida con gráficos de balance fue 31% superior. Esto evidencia que la aplicación de gráficos de balance permite hacer una mejor utilización del personal y mejorar la gestión de proyectos constructivos de canales de riego en la zona de manera más rentable y eficiente.

Según Gonzales (2024) su tesis "Índice de productividad de la mano de obra a través de lean construction "carta balance" en la obra de la carretera Oyón – Ambo, departamento de Huánuco, año 2023". Para esta investigación, se determinó que la metodología más adecuada sería un enfoque cuantitativo con un diseño descriptivo correlacional. No se consideró un diseño experimental. A lo largo de la investigación, se prestó especial atención a los trabajadores que participaban en el componente de Obras de Arte del proyecto vial en estudio. De las numerosas cuadrillas disponibles en el tramo de Obras de Arte de la carretera Oyón-Ambo, se seleccionó una cuadrilla específica de 10 trabajadores para la selección de la muestra. Esta cuadrilla se seleccionó entre las varias cuadrillas disponibles. Esta decisión se tomó por razones prácticas y se realizó mediante



un muestreo no probabilístico por conveniencia. La muestra se basó en la accesibilidad, y la cuadrilla se seleccionó por su idoneidad para los parámetros de evaluación creados. Gracias a esta decisión, fue posible realizar un análisis del grupo de trabajo enfocado y eficaz, y el tamaño del grupo fue adecuado para satisfacer las necesidades de la investigación. En general, el objetivo de esta investigación fue evaluar el impacto que la implementación de la metodología Lean Building, y más específicamente el uso del enfoque "Balance Chart", tendría en la fuerza laboral durante la construcción de la carretera Oyón - Ambo en el departamento de Huánuco en el año 2023. Los resultados obtenidos mediante el análisis estadístico mediante la correlación de Spearman mostraron un coeficiente rho de 0,761, lo que sugiere una relación positiva sustancial entre la aplicación de Lean Construction y las mejoras en la productividad laboral. Esto se demostró mediante la significancia estadística del coeficiente rho. Este estudio respalda la hipótesis presentada al demostrar que el uso de herramientas como el Balance Chart en la gestión laboral contribuye significativamente a la optimización de los procesos de construcción, lo que a su vez fomenta una mayor eficiencia y rendimiento en la ejecución del proyecto vial.

Según Zambrano (2024) su tesis "Rendimiento y productividad de mano de obra en losas aligeradas en la construcción de viviendas en Chota-Cajamarca". La efectividad y el éxito de los proyectos de construcción se ven directamente afectados por diversos aspectos críticos, como el desempeño y la productividad de la fuerza laboral. Sin embargo, es fundamental reconocer que estos indicadores pueden presentar una variación sustancial en las distintas zonas de un país debido a la presencia de variables locales como las condiciones ambientales, la capacitación de las personas y la organización del trabajo. En ese contexto, el objetivo de esta investigación fue establecer el nivel de rendimiento y productividad laboral en la construcción de losas aligeradas en la ciudad de Chota. Para ello, se utilizó un enfoque mixto, tanto cuantitativo como cualitativo. En la recolección de datos se utilizaron instrumentos como cuestionarios, formularios de control de desempeño, diagrama de balance para medir la productividad y matriz comparativa para



el análisis de resultados. Para brindar una visión integral del desarrollo operativo de cada actividad, los resultados particulares cuantificados fueron los siguientes: 50,25 m<sup>3</sup> diarios para encofrado, 657 piezas diarias para albañilería, 222,08 kg diarios para estructura de acero y 20,21 m<sup>3</sup> diarios para vertido de hormigón. En el proceso de construcción, existen ineficiencias que se reflejan en la distribución del tiempo productivo. Un análisis de la distribución del tiempo productivo reveló que el 33,85 % del tiempo correspondió a mano de obra productiva, mientras que el 43,75 % fue aportado por el trabajador y el 22,425 % restante a contribuciones del trabajador. Al comparar estos resultados con los requisitos establecidos por la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), se observó que, a excepción de la albañilería, donde se cumplieron las expectativas, las demás actividades tuvieron un rendimiento inferior al indicado. Estos hallazgos evidencian un gran potencial para mejorar la productividad de los trabajadores. También implican la necesidad de aplicar tácticas que maximicen el tiempo dedicado a las actividades productivas y limiten las interrupciones o los trabajos que no aportan valor. En resumen, el estudio ofrece una base cuantitativa y cualitativa para futuras intervenciones destinadas a mejorar la eficiencia de la construcción con losas ligeras en la región. Esto contribuirá a una utilización más razonable y eficaz de los recursos humanos disponibles.

Según Panche (2024) su tesis "Influencia de la implementación de cartas balance en el índice de productividad en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa – 2023". Un contexto caracterizado por ineficiencias en la gestión de recursos y largos plazos de ejecución que afectan la productividad general del proyecto dio origen a la necesidad de esta investigación. El embalse de Crusmocco, ubicado en Oropesa, está previsto para su construcción en el año 2023. Esta investigación respondió a la urgente necesidad de optimizar la eficiencia en la construcción del embalse. Para este estudio, el enfoque se centró en determinar cómo la utilización del enfoque del diagrama de balance afectará al índice de productividad (IP) en dos áreas importantes: hormigón y sistemas de encofrado. Esto se logró mediante el empleo de una técnica



cuantitativa con un diseño preexperimental longitudinal. Este diseño permitió el seguimiento del rendimiento de los trabajadores a lo largo del tiempo. Los trabajadores asignados a estos sectores constituyeron la población de estudio. Finalmente, se seleccionó una muestra de seis personas para la industria del encofrado y diez trabajadores para la industria del hormigón, tras realizar los ajustes necesarios. Además de la implementación de los diagramas de balance como herramienta de control y optimización, la base teórica se basó en los principios de Lean Construction, que fomentan la eliminación de desperdicios y el desarrollo constante de los procesos. Los datos recopilados mostraron un importante aumento del índice de productividad. Se destacó que el elemento de encofrado alcanzó un índice de productividad (IP) de 2,73, lo que representa un aumento del 173 % por encima de lo previsto. Además, se optimizó el 44,83 % los recursos utilizados. De igual manera, el IP del elemento de hormigón alcanzó 2,53, un 153 % superior a lo previsto, lo que resultó en una optimización del 20,48 %. Asimismo, se observó una reducción significativa del tiempo dedicado a tareas que no contribuían al proyecto. Cabe destacar la reducción del 18 % en el encofrado y del 12 % en el hormigón, lo que se tradujo en mejoras significativas en la eficiencia operativa del proyecto. Desde un punto de vista económico, la implementación de balances permitió lograr un ahorro total de S/ 31,109.40, equivalente al 21.66% de los gastos previstos para estos bienes. La aplicación de balances es un método que ha demostrado ser beneficioso para mejorar la productividad y maximizar el uso de recursos en el desarrollo de infraestructura. Esta estrategia ofrece ventajas tanto operativas como financieras al proyecto en estudio.

Según Cotrina (2021) su tesis "Evaluación del rendimiento de mano de obra real en los servicios de mantenimiento vial rutinario de los caminos vecinales en la provincia de Pachitea Huánuco-2019". El propósito de este estudio fue investigar la disparidad entre el desempeño laboral real y el estándar establecido en el manual técnico del Estudio de Fortalecimiento de la Gestión del Mantenimiento Rutinario (GEMA), elaborado por Escudero Meza en 2001 y aprobado por el Organismo Descentralizado de Mantenimiento



Vial (PROVIAS). Durante cinco meses, de julio a noviembre de 2019, la investigación se llevó a cabo en caminos rurales de la provincia de Pachitea, especialmente en las zonas de Huamán-Tipsa Alta y Huascapampa-Allpamarca-Tayagasha. El enfoque utilizado fue cuantitativo e implicó la observación directa del desempeño laboral real en campo, así como la recopilación de datos diarios que posteriormente se recopilaron y evaluaron mediante tablas de Excel. Gracias a estas tablas, fue posible comparar con precisión el desempeño real con los requisitos definidos en el manual, lo que reveló disparidades considerables en la productividad laboral observada en las diferentes operaciones de mantenimiento vial rutinario. En el tramo Huamán-Tipsa Alta, los resultados obtenidos revelaron que el rendimiento real alcanzó el 95,77% con respecto al 100% esperado. Esto representa una caída del 14,23% en comparación con las especificaciones oficiales. Esta disminución fue mucho más pronunciada en el segundo tramo, Huascapampa-Allpamarca-Tayagasha. El rendimiento real alcanzó el 84,18%, lo que representa una diferencia del 15,82% con respecto al 100% proyectado para el tramo. Estos cambios en la productividad tienen una influencia directa y considerable en la planificación de presupuestos, así como en la programación general de las operaciones de mantenimiento, lo que a su vez afecta la eficiencia del servicio vial, así como los gastos relacionados con este. La contribución unitaria por trabajador y la contribución general por cuadrilla se analizaron con el fin de realizar un estudio más profundo. Esta evaluación tuvo en cuenta que el período de observación comprendió jornadas laborales de ocho horas. Esta técnica permitió realizar una evaluación exhaustiva del desempeño laboral, lo que permitió identificar áreas cruciales en las que se podrían implementar intervenciones para mejorar la eficiencia y maximizar la utilización de los recursos humanos en el mantenimiento regular de los caminos rurales de la provincia de Pachitea.

### **2.1.3 Antecedentes Locales.**

Según Pinto et al. (2024) su tesis "Análisis de Productividad en Construcción aplicando Lean Construction basado en rendimientos de Mano de Obra en Proyectos



Hospitalarios Nivel I-IV". El objetivo principal de este estudio fue maximizar la productividad en la industria de la construcción en la región de Puno. Esto se consiguió gracias a un estudio detallado del rendimiento y aplicando la metodología Lean Construction para hacer más eficiente la ejecución. Uno de los objetivos principales fue analizar de qué manera la implementación de Lean Construction impacta la productividad de los trabajadores. En concreto, el estudio se centró en medir y controlar las horas productivas e improductivas en determinados proyectos. Para alcanzar este propósito, se definieron objetivos para reconocer las etapas productivas utilizando herramientas de Lean Construction como Last Planner y Look Ahead, para reducir los tiempos improductivos. También se incorporó el ciclo de Deming para la mejora continua y sistemática de los procesos constructivos. Se pudo hacer un análisis retrospectivo del desempeño laboral usando estos enfoques, ya que la investigación fue no experimental y a posteriori. Los resultados del proyecto "Mejoramiento de los Servicios de Salud en el Centro de Salud Zepita, Microred Zepita, Red de Salud Chucuito", distrito de Zepita, provincia de Chucuito, Puno, evidenciaron el éxito en la administración del tiempo que se trabaja. En lo que respecta a las principales partidas del proyecto de cubiertas metálicas, se registró un promedio de 32,70 % de Tiempo Productivo (TP), 30,53 % de Tiempo Contributivo (TC) y 36,77 % de Tiempo No Productivo (TNP). Además, el ciclo de Deming ayudó a mejorar la productividad, demostrando que la incorporación de metodologías planificadas de control puede mejorar los proyectos de edificación. En conclusión, la aplicación de Lean Construction en el entorno regional de Puno es una manera efectiva de mejorar la productividad laboral. Esto hace evidente la necesidad de integrar metodologías avanzadas de planificación con prácticas de mejora continua para optimizar el uso de recursos y los resultados en la industria de la construcción.

Según Montañez (2023) su tesis "Adaptación de Last Planner® System para la optimización en la ejecución de obra de las redes de distribución de agua potable, Caminaca - Azángaro – Puno". Esta tesis se centra en la adaptación y el uso de la



metodología del sistema Last Planner® para mejorar la ejecución de proyectos de redes de distribución de agua potable en la localidad de Caminaca, ubicada en Azángaro, Puno. Este método, capaz de mejorar la planificación y el control de proyectos, ayuda a cumplir con los plazos definidos, evitar sobrecostos y aumentar los ingresos, parciales o totales, para la organización dueña del proyecto. La investigación usó un enfoque cuantitativo, con diseño longitudinal, correlacional y no experimental. Este diseño hizo posible la observación directa e indirecta, así como el análisis de la documentación del proyecto. Entre las herramientas que se aplicaron estaban los formularios de evaluación de desempeño, los análisis de restricciones, los formularios de revisión del Plan de Aseguramiento de la Calidad (PAC) y los balances generales. Estas herramientas se utilizaron para evaluar el comportamiento de las redes de distribución y abastecimiento de agua en las áreas afectadas. Un análisis profundo de la productividad del proyecto fue el principal objetivo de los datos recolectados, en los diferentes niveles de implementación del sistema Last Planner®. La información se analizó principalmente a través del Plan de Planificación y Control (PAC), los porcentajes de avance del proyecto y la recopilación de causas de incumplimiento. También se tomaron en cuenta las notas de campo, los criterios técnicos y las mejoras encontradas en el proceso constructivo y de implementación. Después de una madura reflexión, se llegó a la conclusión de que la etapa de planificación y control es uno de los mayores problemas que afronta el sector de la construcción y que es la clave para obtener mejores resultados. Gracias a la implementación del sistema Last Planner®, el equipo técnico obtuvo mejores resultados, impactando positivamente en la población, al mejorar la producción y optimizar los recursos. Esto creó las bases para el éxito del proyecto en la región de Puno.

Según Moscairo et al. (2019) su tesis "Mejoramiento de la productividad en proyectos de saneamiento básico rural; caso de estudio: Construcción de casetas sanitarias ejecutados por la empresa SICMA S.A.C. en la region de Puno durante los periodos 2016 – 2017". Como resultado de la creciente inversión pública en proyectos de



infraestructura, con especial énfasis en el saneamiento básico rural, el sector de la construcción en Perú se ha consolidado como uno de los motores más importantes de la economía nacional. Es la industria de la construcción la responsable de impulsar esta transición. Empresas como SICMA S.A.C. han podido llevar a cabo diversos proyectos en la región de Puno gracias a este impulso gubernamental, lo que ha generado un entorno propicio para su desarrollo. El objetivo de estos programas es mejorar las condiciones de vida y la capacidad sanitaria de las comunidades rurales. El objetivo principal de esta investigación fue analizar la situación actual de la productividad laboral en nueve proyectos de saneamiento básico rural ejecutados entre 2016 y 2017. Esta investigación se llevó a cabo para lograr este propósito. Los datos analizados revelaron que la mayoría de estos proyectos, construidos con métodos convencionales, eran poco productivos. Esta fue la conclusión a la que se llegó. Entre las causas de esta situación se encuentran una mala planificación y un control deficiente en la ejecución del plan. Todos estos problemas impactan los tiempos y costos de construcción. Como parte de la investigación, se aplicó el sistema Last Planner® en un proyecto de saneamiento básico rural. Este proyecto no era diferente. Esta implementación se realizó para medir el impacto del sistema en la productividad laboral. Los resultados encontrados mostraron mejoras en el desempeño laboral. Esto se evidenció al comparar los resultados luego de la implementación del sistema con los resultados obtenidos por medios convencionales, midiendo rendimiento y tiempo de uso. Esta comparación reveló que la aplicación de instrumentos y metodologías fundamentadas en la filosofía Lean Construction, como Last Planner®, es factible en proyectos de saneamiento rural y, además, una estrategia para mejorar la productividad y disminuir los tiempos de ejecución. Este tipo de tecnología la podemos ejemplificar con Last Planner®. En conclusión, los resultados del estudio señalan la necesidad de aplicar enfoques contemporáneos y metodológicos de gestión de proyectos para mejorar la explotación de los recursos y lograr mejores resultados en el sector de la construcción rural en el país. Esto se hace para obtener mejores resultados.



Según Mamani (2024) su tesis “Análisis de aplicación de herramientas lean en la operatividad de una empresa constructora, Juliaca – 2023”, El objetivo principal de esta investigación es investigar la influencia de la integración de técnicas Lean en los resultados operativos de una empresa, con especial énfasis en las actividades vinculadas al sector de la construcción. El artículo trata un problema común en la industria, como son los retrasos y cuellos de botella en los procesos, que impactan en el avance e integración de las fases de un proyecto. Esto causa demoras significativas y un gasto excesivo de recursos por encima de lo esperado. Para darle respuesta a esta pregunta, se generó un enfoque de investigación llamado métodos mixtos. Esta metodología combinó datos cualitativos y cuantitativos. A través de la observación directa y el análisis de los procesos internos de la empresa, esta metodología identificó los factores clave que influyen en su desempeño operativo. Además, permitió la identificación y selección de las herramientas Lean más apropiadas para solucionarlos. Entre las herramientas aplicadas, el uso del Mapeo de Flujo de Valor (VSM) para identificar las actividades que realmente agregan valor al proceso productivo, así como balances, lograron aumentar en un 56,66% la cantidad de trabajo productivo (WP). Además, se logró una reducción considerable en las actividades sin valor agregado, lo que se representó en una caída del 1,07% en el trabajo contributivo (CT) y una disminución del 36,45% en el trabajo no contributivo (NCT), resultando en un aumento en la eficiencia del tiempo. La implementación de la técnica 5S, por otro lado, mostró un desarrollo notable, pasando de un cumplimiento promedio inicial del 29,74% al 76,41%, lo que refleja mejoras notables en la estructura y el orden de las estaciones de trabajo. El uso de tecnologías Lean ha tenido una importante influencia beneficiosa en las operaciones de Grupo Fer, como lo demuestran estos datos, que sugieren que el impacto general ha sido favorable. La implementación de Cons SAC, la optimización de procesos, la reducción de residuos y la promoción de una gestión más eficiente de los recursos son componentes esenciales para mejorar su competitividad en la industria de la arquitectura y la construcción.



## 2.2 Bases teóricas.

### 2.2.1 *Análisis de la carta balance y su impacto en el rendimiento de mano de obra*

La presente investigación busca analizar la aplicación de cartas balance y su influencia en el rendimiento de la mano de obra en actividades de encofrado de vigas y losas en obras de edificación. Se quiere conocer de qué manera la aplicación de estas herramientas de planificación y control mejora la eficiencia en la realización de las actividades, disminuyendo los tiempos de ejecución y optimizando los recursos humanos. También se analizará la influencia de la aplicación correcta de las cartas balance sobre los índices de productividad en proyectos de edificación, para plantear estrategias de mejora en la ejecución de las partidas.

#### 2.2.1.1 **Cartas balance en la gestión de proyectos de construcción**

Las cartas balance, también llamadas diagramas de Gantt, son instrumentos gráficos esenciales para planificar y controlar proyectos de construcción. Estas cartas ilustran gráficamente las tareas a ejecutar, sus dependencias, duraciones y los recursos asignados (humanos, materiales o equipos). En el mundo de la construcción, donde todo está interrelacionado y depende de una programación, las cartas balance son determinantes para que las actividades se completen en el tiempo previsto y con los recursos necesarios Gómez et al., (2019).

El uso de cartas balance en la dirección de proyectos permite hacer más eficiente la forma en que se ejecutan las obras, disminuyendo la posibilidad de sobrecostos y retrasos, tan frecuentes en proyectos de gran escala y complejidad. Estas herramientas capacitan a los gerentes de proyecto para detectar problemas de programación, realizar cambios sobre la marcha y anticipar conflictos entre las actividades. Así se agiliza el proceso y se garantiza el éxito del proyecto Hernández et al., (2020).



### Características de las cartas balance

- Visualización de tareas y tiempo: Una de las mayores utilidades de las cartas balance es que son capaces de ilustrar gráficamente las tareas que integran un proyecto y el tiempo que se estima para cada una. Esta representación gráfica permite a los gestores del proyecto visualizar de forma simple las tareas que deben ejecutarse, su duración y cómo se distribuyen en el tiempo Gómez et al., (2019). Esta representación también permite identificar superposiciones de actividades que podrían causar retrasos o consumir recursos innecesarios.
- Facilita la planificación de actividades: Las cartas balance son instrumentos que permiten programar con exactitud y orden cronológico las actividades. Garantizan que no existan tiempos muertos ni solapamientos innecesarios entre las actividades, optimizando el uso de los recursos y la eficiencia de la obra. Además, muestran fácilmente las relaciones de dependencia que existen entre las actividades, lo que permite establecer la secuencia en que deben ser ejecutadas para prevenir retrasos en las etapas posteriores del proyecto Pérez et al., (2020).
- Actualización en Tiempo Real: Las cartas balance se actualizan en tiempo real a medida que avanza el proyecto. Esto hace posible adaptar las acciones y los recursos a medida que avanza el proyecto o si surgen problemas inesperados. Esta capacidad de actualizarse en tiempo real da flexibilidad, la cual es necesaria para cualquier problema o cambio que se presente en el proyecto Ríos et al., (2021).
- Asistencia en la toma de decisiones: Las cartas balance dan una mirada profunda a las actividades y ayudan a tomar mejores decisiones. Cuando se presentan eventualidades o cuando se requiere realizar cambios en la programación, las cartas balance permiten visualizar qué actividades deben priorizarse o modificarse para optimizar los recursos y el tiempo de ejecución y minimizar el impacto en el cronograma general del proyecto Gómez et al., (2019).



### **Ventajas de Utilizar Cartas Balance en la Construcción**

- **Optimización del tiempo:** Las cartas balance permiten programar eficientemente las actividades, minimizando el riesgo de retrasos y garantizando que los plazos del proyecto se cumplan. Esto se consigue planificando bien las tareas y asignando el tiempo adecuado a cada una. Cuando se observan las relaciones de interdependencia entre las actividades, éstas se pueden reordenar y ajustar rápidamente a cualquier cambio que se produzca en el proyecto Hernández et al., (2020).
- **Control de Recursos:** Las cartas balance asignan los recursos necesarios a cada actividad. Esto abarca desde el personal humano hasta los materiales, equipos y maquinaria. De este modo, se pueden adaptar los recursos a las necesidades reales del proyecto, evitando el despilfarro de materiales y la sobreutilización de mano de obra. La optimización de recursos también disminuye el costo total del proyecto y mejora su rentabilidad Pérez et al., (2020).
- **Mejora la comunicación:** Las cartas balance son una forma de mejorar la comunicación entre los miembros del equipo de trabajo. Por ser una representación gráfica, todos los miembros del proyecto pueden ver la misma información y saber en qué punto se encuentra el trabajo en cualquier momento. Esto permite la sincronización entre los equipos de trabajo y minimiza los riesgos de errores o confusiones Ríos et al., (2021). Además, los jefes de proyecto pueden distribuir las cartas balance a las partes interesadas para actualizarlas sobre el progreso del proyecto.
- **Monitoreo Continuo:** Las cartas balance son un control periódico del proyecto. A medida que las tareas se van finalizando, el diagrama se puede ir actualizando para mostrar el progreso real. Esto hace posible detectar en forma temprana cualquier demora o desviación del plan original y tomar medidas correctivas antes de que el problema se agrave. El seguimiento continuo también permite hacer cambios en la programación de las actividades y así mantener el proyecto en los tiempos previstos Hernández et al., (2020).

- Apoyo a la toma de decisiones estratégicas: Las cartas balance ayudan a la toma de decisiones estratégicas del proyecto. Los gerentes de proyecto pueden usar lo que revela el diagrama para determinar qué tareas deben priorizarse, cuáles pueden posponerse o reprogramarse, y cómo reasignar los recursos para mejorar el desempeño general del proyecto Gómez et al., (2019).

**Tabla 2**

*Beneficios de las cartas balance en diferentes fases del proyecto.*

<b>Fase del Proyecto</b>	<b>Beneficio de las Cartas Balance</b>	<b>Descripción</b>
Fase de Planificación	Mejora la asignación de recursos	Permite una visualización clara de las tareas y los recursos necesarios en cada etapa del proyecto.
Fase de Ejecución	Optimización del tiempo	Facilita el monitoreo continuo del avance y el ajuste en tiempo real del cronograma.
Fase de Control	Identificación de retrasos	Ayuda a detectar posibles retrasos o cuellos de botella para tomar decisiones correctivas a tiempo.
Fase de Cierre	Evaluación de desempeño	Permite realizar un análisis final del progreso comparando el cronograma real con el proyectado.

**Nota.** Adaptado de Pérez et al. (2020).

### 2.2.1.2 Rendimiento de la mano de obra en construcción.

El rendimiento de la mano de obra en construcción se refiere a la cantidad de trabajo que un operario o equipo de trabajo puede realizar dentro de un periodo determinado. Este rendimiento es un factor determinante en la productividad de cualquier proyecto de construcción, ya que influye directamente en los plazos de ejecución, el costo final y la calidad de la obra. La eficiencia de la mano de obra no solo se basa en la habilidad y experiencia de los trabajadores, sino que es una combinación de factores que deben ser gestionados para obtener un rendimiento óptimo González et al., (2020). Un incremento de la productividad de la mano de obra acorta los plazos y disminuye los costos de la obra, determinante para la rentabilidad de un proyecto.



### **Factores que afectan el rendimiento de la mano de obra**

Hay muchos factores internos y externos que afectan el desempeño de la mano de obra. Estos elementos, si no son controlados, pueden causar retrasos en el proyecto, aumentar los costos y comprometer la calidad de la construcción.

#### **1. Condiciones del Terreno**

El tipo de suelo donde se trabaja es uno de los factores que más influyen en la productividad de la mano de obra. Las condiciones geográficas y geotécnicas del área de trabajo (tipo de suelo, topografía, accesibilidad, etc.) pueden influir en el progreso de las labores. En suelos inestables o rocosos, por ejemplo, los trabajadores tienen más complicaciones en las etapas de excavación, cimentación y demás trabajos de preparación del terreno. Además, el acceso a la obra también es determinante: un lugar de trabajo de difícil acceso incrementa los tiempos de viaje y restringe el uso de maquinaria pesada, reduciendo la eficiencia de los trabajadores Sánchez et al., (2021).

Cuando el terreno no es favorable, se pueden tomar medidas como estabilizar el suelo o mejorar los accesos, y así hacer más eficiente el trabajo en esas condiciones.

#### **2. Calidad de los materiales y herramientas**

La calidad de los materiales y de las herramientas influye en el rendimiento de la mano de obra. El empleo de materiales en mal estado no solo afecta la perdurabilidad de la obra, sino que también llega a entorpecer la labor. Por ejemplo, materiales fuera de especificación en resistencia pueden generar reprocesos y retrasos en las actividades. También, el mal estado de las herramientas puede generar que los trabajadores pierdan tiempo en arreglos o en esfuerzo extra al trabajar con equipos en mal estado. El acceso a materiales de primera y a las herramientas apropiadas reduce los tiempos de ejecución y minimiza los riesgos de accidentes, incrementando la productividad y seguridad de los trabajadores Vargas et al., (2019).



Establecer un control de calidad para los materiales y equipos y un mantenimiento adecuado es una forma de garantizar que los trabajadores tengan las herramientas para realizar su trabajo.

### 3. Formación y motivación de los trabajadores

La capacitación continua y la motivación de los operarios son determinantes para mejorar su desempeño. Los trabajadores formados en técnicas constructivas específicas (manejo de maquinaria pesada, normas de seguridad, optimización de procesos...) suelen ser más eficientes y cometen menos errores. Además, la motivación influye directamente en el rendimiento: los trabajadores motivados son más productivos, están más dispuestos a asumir tareas difíciles y, en general, se involucran más en el éxito del proyecto Gómez et al., (2020).

La motivación se puede fortalecer con programas de incentivos, reconocimientos por buen desempeño, una remuneración justa y la definición de objetivos. Un personal motivado evita la rotación y hace que los trabajadores sean eficientes durante todo el proyecto.

### 4. Condiciones Climáticas

El clima es otro de los factores que influyen en la productividad de la mano de obra. El clima extremo (temperaturas extremas, lluvia, humedad, etc.) puede interrumpir las obras y retrasar su finalización. Las altas temperaturas pueden provocar fatiga y deshidratación en los trabajadores, y las lluvias pueden volver resbaladizos los materiales y peligrosos los terrenos. Además, el clima puede dañar la maquinaria y las herramientas, disminuyendo aún más la eficiencia de la obra Sánchez et al., (2021).

Para combatirlos, es necesario planificar y tener en cuenta las condiciones meteorológicas venideras. Esto puede implicar la reprogramación de ciertas tareas para los días más favorables, la provisión de medidas de seguridad como ropa apropiada y refugios para los trabajadores en condiciones extremas.



## 5. Supervisión y Organización

La supervisión y la organización son indispensables para que las actividades se realicen eficientemente. Una buena supervisión garantiza que se sigan los estándares de calidad y seguridad, y permite detectar a tiempo cualquier problema o cuello de botella que pueda entorpecer la ejecución. Además, una organización adecuada permite coordinar las actividades de manera que los trabajadores no pierdan tiempo esperando a que otros terminen su trabajo o se vean involucrados en tareas que no son prioritarias Vargas et al., (2019).

La creación de un cronograma detallado y la asignación precisa de responsabilidades permiten que cada operario sepa exactamente qué debe hacer y cuándo hacerlo. Esto minimiza el tiempo perdido y asegura que el trabajo se realice sin interrupciones innecesarias.

## 6. Factores Psicosociales y de Seguridad

El bienestar físico y emocional de los trabajadores tiene un impacto significativo en su rendimiento. La sobrecarga de trabajo, la falta de descanso adecuado, la exposición a riesgos laborales y las condiciones de trabajo inadecuadas pueden llevar a un aumento del estrés, la fatiga y, en última instancia, una reducción en la productividad. Además, los accidentes laborales, además de poner en riesgo la salud de los trabajadores, provocan retrasos en el proyecto y aumentan los costos Hernández et al., (2020).

La implementación de medidas de seguridad eficaces, como la capacitación en prevención de accidentes, el uso de equipos de protección personal (EPP) y la provisión de descansos adecuados, es crucial para mantener un alto nivel de rendimiento en la obra. Los programas de bienestar y la creación de un ambiente de trabajo saludable también son fundamentales para mantener la motivación y productividad de los operarios.

Tabla 3

*Impacto de la calidad de materiales y herramientas en el rendimiento.*

Material/Herramienta	Impacto en el Rendimiento	Estrategias para Mejorar el Rendimiento
<b>Concreto de baja calidad</b>	Incrementa el tiempo de curado y genera retrabajos.	Usar concreto con especificaciones adecuadas.
<b>Herramientas defectuosas</b>	Retrasos en las tareas por fallos o mala calibración.	Implementar un plan de mantenimiento preventivo.
<b>Equipos de protección (EPP)</b>	Sin el uso adecuado, aumenta el riesgo de accidentes y paraliza el trabajo.	Proveer EPP adecuado y capacitar a los trabajadores.
<b>Maquinaria pesada</b>	El uso incorrecto o defectuoso reduce la eficiencia de la obra.	Asegurar que la maquinaria sea operada por personal capacitado y bien mantenida.

Nota. Adaptado de Hernández et al., (2020).

### 2.2.1.3 Encofrados de vigas y losas.

El encofrado es un proceso fundamental en la construcción de estructuras de concreto, ya que sirve como un molde temporal para contener el concreto hasta que este alcance la resistencia suficiente para soportar su propio peso y las cargas externas. Este proceso no solo es crítico para la estabilidad de la estructura, sino también para garantizar la calidad y seguridad de la edificación en sus diferentes fases de construcción Pérez et al., (2020).

En términos generales, el encofrado debe asegurar que el concreto tome la forma y dimensiones previstas en el diseño arquitectónico. Cualquier error en la ejecución del encofrado, como la deformación de los moldes, la elección inadecuada de materiales o una colocación incorrecta, puede comprometer tanto la resistencia del concreto como la seguridad de la estructura en su totalidad. De ahí la importancia de que el proceso de encofrado se realice con gran precisión González (2021).

### Materiales y tipos de encofrado

El encofrado se puede clasificar según los materiales utilizados y las características del diseño de la obra. Los tres tipos principales de encofrado son los de madera, metal y

plástico, cada uno con ventajas y limitaciones específicas que deben ser evaluadas según las necesidades del proyecto.

- **Encofrado de madera:** Este tipo de encofrado es el más tradicional y utilizado, principalmente por su bajo costo y facilidad de manipulación. Sin embargo, tiene limitaciones en cuanto a su durabilidad y resistencia a cargas elevadas, lo que lo hace más adecuado para proyectos pequeños o estructuras de menos carga Sánchez, (2020).

### Figura 1

*Encofrado de madera en una estructura pequeña.*



*Nota.* Max acero 30(2023)

- **Encofrado metálico:** Los sistemas de encofrado metálico, fabricados con acero o aluminio, ofrecen una mayor resistencia a las cargas y una vida útil más larga. Este tipo de encofrado es ideal para proyectos de gran escala, ya que soporta altas presiones de concreto fresco sin deformarse. Además, su reutilización y facilidad de montaje permiten acelerar los plazos de ejecución Vargas et al., (2019).

### Figura 2

*Encofrado metálico en una obra de gran escala.*



*Nota.* Conocer de encofrados (2024)

- **Encofrado plástico:** Los encofrados de plástico, aunque menos comunes, también se utilizan en ciertas aplicaciones. Este tipo de encofrado tiene la ventaja de ser liviano y resistente a la corrosión, lo que lo hace adecuado para estructuras expuestas a condiciones ambientales severas. No obstante, su costo puede ser más alto que el de la madera Molina (2022).

### Figura 3

*Encofrado plástico utilizado en condiciones ambientales severas.*



*Nota.* Conocer de encofrados (2024)

La elección del tipo de encofrado debe basarse en la naturaleza del proyecto, considerando factores como la magnitud de la obra, las cargas esperadas, las condiciones ambientales y el presupuesto disponible. Además, el proceso de encofrado debe contar con una planificación adecuada para garantizar que todos los elementos estructurales se construyan según las especificaciones del diseño arquitectónico.

**Tabla 4**

*Comparativa de materiales de encofrados.*

Material de Encofrado	Resistencia a Cargas	Durabilidad	Costo	Reutilización
Madera	Baja a Media	Media	Bajo	Baja
Metal (Acero/Aluminio)	Alta	Alta	Alto	Alta
Plástico	Media	Alta	Moderado	Moderada

*Nota.* Adaptado de González (2021).

### El proceso de encofrado

El encofrado se inicia con el diseño y la planificación del molde que albergará el hormigón. El diseño del mismo ha de tener en cuenta la forma del elemento a construir, el material del encofrado, el tamaño de los paneles y la resistencia necesaria. Para vigas y losas, el encofrado debe ser capaz de soportar el peso del concreto fresco al momento del vaciado y curado.

- ✚ **Preparar el terreno:** El terreno se preparará según el proyecto, dejándolo nivelado y compactado para el encofrado. Esto implica la instalación de refuerzos, como barras de acero, para darle resistencia estructural.
- ✚ **Montaje del encofrado:** "El armado de los paneles de encofrado se hace de acuerdo a las especificaciones del diseño". Deben estar alineados y fijos los moldes para que no se muevan al vaciar el concreto y no generen estructuras defectuosas.



- ✚ **Vertido del concreto:** Durante el vaciado del concreto, hay que prevenir que el concreto se desborde y deforme el encofrado. El concreto debe verterse de manera continua, sin dejar huecos que comprometan la estructura.
- ✚ **Desencofrado:** El desencofrado se realizará cuando el concreto haya alcanzado la resistencia suficiente. El tiempo de desencofrado dependerá de las condiciones climáticas y del tipo de mezcla de concreto. Desencofrar muy temprano puede arruinar la estructura; demorarse demasiado puede retrasar el proyecto.

### Importancia del Encofrado en la Construcción

El encofrado no solo le da forma al elemento, sino que también determina su durabilidad y seguridad. Estas son algunas de las principales razones por las que el encofrado es tan importante en la construcción:

- ✚ **Asegura la forma y dimensiones correctas:** El encofrado es el molde que le da forma al concreto. Si el encofrado no se instala adecuadamente, se pueden generar deformaciones en la estructura que comprometan la estética y la funcionalidad de la edificación Pérez et al., (2020).
- ✚ **Reduce el riesgo de defectos estructurales:** Un encofrado mal ejecutado puede resultar en la aparición de grietas, fisuras o problemas de alineación en la estructura de concreto. Estos defectos pueden comprometer la capacidad de carga y la estabilidad a largo plazo de la edificación Sánchez (2020). Por lo tanto, un encofrado bien realizado contribuye a la seguridad y longevidad de la obra.
- ✚ **Mejora la durabilidad de la edificación:** Un encofrado adecuado previene la formación de fisuras o daños causados por tensiones internas, lo que prolonga la vida útil del concreto. Además, un buen encofrado ayuda a mejorar la resistencia al agua y la corrosión, factores que pueden afectar la integridad de las estructuras de concreto expuestas a condiciones ambientales adversas Gómez et al., (2021).
- ✚ **Impacto en el tiempo de ejecución de la obra:** Un encofrado eficiente y bien planificado reduce los tiempos de ejecución, acelerando el avance de la obra. Los



retrasos en el proceso de encofrado pueden afectar el cronograma general del proyecto, lo que lleva a sobrecostos y retrasos en las fases posteriores Vargas et al., (2019).

### **2.2.2 Relación entre cartas balance y el rendimiento de la mano de obra**

La productividad de la mano de obra se refiere a la cantidad de trabajo realizado en un periodo determinado, mientras que el rendimiento mide la eficiencia con la que se emplean los recursos para alcanzar los objetivos de producción. La carta balance es una forma de visualizar y medir ambos indicadores y así poder determinar las causas de sus variaciones y las oportunidades de mejora en los procesos constructivos. Pero hay que tener en cuenta que, aunque van de la mano, la productividad se refiere al resultado y la eficiencia a la mejor manera de hacer uso de los recursos. Con la utilización de la carta balance el investigador puede recolectar información comparable y evidencia para proponer mejoras en la planificación y control de obra.

El uso de cartas balance (o diagramas de Gantt) en la planeación y ejecución de actividades de encofrado influye directamente en el rendimiento de la mano de obra. Estas herramientas, al poder programar de manera exacta las tareas, reducen los tiempos muertos y aprovechan al máximo los recursos, aumentando la productividad de los operarios. Además, una buena programación hace que cada actividad se ejecute de manera más eficiente, asegurando que el proyecto finalice en tiempo y con los recursos adecuados Vargas et al., (2020).

Las cartas balance ayudan a los equipos a visualizar las tareas, sus dependencias y fechas límite, mejorando la coordinación y disminuyendo la incertidumbre sobre lo que se espera del trabajo y cómo se espera que se haga. Esta clase de planificación es particularmente útil en proyectos grandes donde las tareas están interrelacionadas y el cumplimiento de los tiempos es crítico para el éxito del proyecto Gómez et al., (2021).



### **Impacto de las Cartas Balance en el Rendimiento de la Mano de Obra**

Con la aplicación de cartas balance se influye directamente en los indicadores de rendimiento de la mano de obra, optimizando la eficiencia, disminuyendo los tiempos muertos y maximizando el uso de los recursos.

#### **1. Reducción de Tiempos Muertos**

Uno de los mayores beneficios que las cartas balance traen al rendimiento de la mano de obra es la disminución de los tiempos muertos. Al tener una programación bien definida, los operarios ya saben de antemano qué tienen que hacer y en qué momento. Esta programación exacta elimina el tiempo muerto, pues los operarios no tienen que esperar a que otros terminen o a que lleguen los materiales.

Por ejemplo, en proyectos de construcción de encofrado, los tiempos muertos pueden ocurrir cuando los operarios esperan la llegada de los materiales o la finalización de una actividad anterior. Al asignar tareas de manera más eficiente y predecir posibles retrasos, las cartas balance permiten que los operarios estén siempre ocupados en tareas productivas, sin tiempos de inactividad innecesarios. Esto también ayuda a mejorar la gestión de recursos, ya que los materiales y equipos están disponibles cuando se necesitan Sánchez et al., (2020).

La eliminación de tiempos muertos no solo optimiza el trabajo en sí, sino que también reduce el costo laboral, ya que el tiempo de los trabajadores se utiliza de manera más efectiva.

#### **2. Mejora en la Coordinación del Equipo**

Otro beneficio clave de las cartas balance es la mejora en la coordinación del equipo. En proyectos grandes de construcción, especialmente cuando se trabaja con múltiples equipos en diferentes tareas, la coordinación adecuada es crucial para evitar conflictos y asegurar que todas las actividades se realicen en el orden correcto. Las cartas balance ayudan a visualizar no solo las actividades individuales, sino también las interdependencias entre las distintas tareas y los recursos asignados a cada una.



Al tener una planificación clara y accesible, los miembros del equipo pueden comprender mejor el flujo del trabajo y ajustar sus esfuerzos según lo que sucede en las distintas fases del proyecto. Esto reduce la probabilidad de solapamientos o malentendidos y facilita la colaboración entre los operarios y otros equipos de trabajo, como los encargados de la supervisión y la gestión de materiales. Una mejor coordinación también contribuye a que el equipo logre los objetivos más rápidamente y con menor margen de error Vargas et al., (2020).

### **3. Aumento de la Eficiencia**

Las cartas balance permiten un aumento de la eficiencia al ofrecer una visión clara de las tareas que deben realizarse y los tiempos asignados para cada una. La visualización de las actividades y la programación de los plazos de ejecución permiten a los operarios enfocarse de manera más efectiva en las tareas, sin distraerse con incertidumbres sobre lo que sigue.

Cuando los trabajadores tienen un plan bien estructurado, con tiempos definidos y recursos asignados, pueden organizarse mejor, priorizar las actividades y reducir el tiempo perdido. En obras donde el tiempo es oro, este tipo de eficiencia no solo afecta la productividad de los trabajadores, sino también la calidad del trabajo. Los trabajadores pueden llevar a cabo sus labores con mayor atención y exactitud, al estar al tanto de lo que se espera de ellos y en qué tiempo Gómez et al., (2021).

### **4. Optimización de los Recursos**

Uno de los mayores beneficios de las cartas balance es que permiten maximizar el uso de los recursos disponibles (mano de obra, materiales, equipos, etc.). En la construcción, donde la disponibilidad de recursos es crítica, las cartas balance garantizan que los trabajadores, las herramientas y los materiales estén disponibles cuando se requieran.

Por ejemplo, si una tarea necesita una herramienta o un equipo en particular, las cartas balance permiten a los supervisores de antemano asignar los recursos requeridos y así evitar que los trabajadores pierdan tiempo buscándolos. Así mismo, las cartas

balance pueden adaptar los recursos en tiempo real y mejorar la utilización de la mano de obra, evitando sobrecargas o falta de personal Sánchez et al., (2020).

**Tabla 5**

*Impacto de las cartas balance en diferentes aspectos del proyecto.*

<b>Aspecto del Proyecto</b>	<b>Impacto de las Cartas Balance</b>	<b>Beneficios Específicos</b>
<b>Rendimiento de la Mano de Obra</b>	Reducción de tiempos muertos, mejora en la concentración de tareas.	Aumento de productividad al minimizar inactividad y optimizar el tiempo de trabajo.
<b>Coordinación del Equipo</b>	Visualización clara de las dependencias entre tareas y asignación de responsabilidades.	Mejora la comunicación y coordinación entre equipos, reduciendo errores.
<b>Optimización de Recursos</b>	Ajuste en la asignación de mano de obra, materiales y equipos según las necesidades del proyecto.	Utilización más eficiente de los recursos, minimizando el desperdicio.
<b>Eficiencia del Proyecto</b>	Planificación detallada de las actividades, tiempos de ejecución y plazos de entrega.	Mejora en la ejecución del proyecto, asegurando cumplimiento de plazos y costos.
<b>Control de Progreso</b>	Seguimiento continuo del avance del proyecto, ajustes en tiempo real en caso de imprevistos.	Mayor capacidad para gestionar desviaciones y asegurar el avance continuo del proyecto.

*Nota.* Adaptado de Gómez & Torres (2021).

Se evidencia cómo las cartas balance influyen en la forma en que se desarrolla un proyecto, afectando el rendimiento de la mano de obra, la sincronización del equipo, la optimización de recursos, la eficiencia del proyecto y el control de avance. Todo se beneficia con la disminución de tiempos muertos, mejor asignación de recursos y una planeación afinada, lo que trae como resultado el incremento de la productividad y la capacidad de controlar desviaciones. Información adaptada de Gómez et al., (2021).

## 2.3 Marco conceptual

### a) Encofrado.

El encofrado es la forma de molde temporal en la que se vierte el hormigón para darle forma y soporte hasta que éste alcanza su resistencia. Es esencial para la elaboración de vigas y losas, para mantener el concreto en su lugar y con las dimensiones correctas. Hay varios tipos de encofrado, como el de madera, metal o plástico, según lo



que se requiera en la obra. Y hacerlo bien es fundamental para prevenir problemas estructurales.

## **b) Cartas Balance.**

Las cartas balance, o diagramas de Gantt, son herramientas de planificación que muestran de manera gráfica las actividades de un proyecto, cuánto tiempo durarán y cómo se interrelacionan entre sí. Se usan para organizar los recursos y gestionar el tiempo de las tareas de forma más eficiente. Con ellas se puede seguir el progreso del proyecto y hacer ajustes cuando sea necesario. Son muy útiles para mejorar la organización y la coordinación en proyectos de construcción.

## **c) Rendimiento de la Mano de Obra.**

El rendimiento de la mano de obra es la cantidad de trabajo que un trabajador puede realizar en un tiempo determinado, dependiendo de varios factores como su nivel de formación, las condiciones de trabajo, la calidad de los materiales y las herramientas, y la organización de las tareas. Tener un buen rendimiento significa mayor productividad y menores costos en la obra. Medirlo es esencial para conocer la eficiencia en un proyecto de construcción.

## **d) Productividad en Construcción.**

La productividad en construcción mide cuán eficiente es el trabajo en una obra, generalmente comparando lo que se ha logrado con los recursos que se han utilizado. Aumentar la productividad es importante para reducir los costos y tiempos de ejecución. La planificación, las nuevas tecnologías, la motivación de los trabajadores, la calidad de los materiales son factores que influyen en la productividad. Es esencial para los grandes proyectos que deben de entregarse a tiempo y en presupuesto.

## **e) Gestión de Proyectos.**

La dirección de proyectos es el proceso de planificar, organizar y coordinar todos los recursos para lograr los objetivos de un proyecto dentro del tiempo y presupuesto previstos. En obra, implica controlar los recursos humanos, materiales y económicos para



que se ajusten a los estándares de calidad y seguridad. Una buena gestión reduce riesgos y problemas en la obra, garantizando que todo se ejecute según lo previsto.

### **f) Optimización de Recursos.**

La optimización de recursos en la construcción implica aprovechar al máximo todos los recursos disponibles (mano de obra, materiales, equipos, tiempo, etc.) para aumentar la productividad y disminuir los costos. "Utilizar los recursos apropiadamente permite que las tareas se lleven a cabo de manera más eficiente, sin desperdicios ni tiempos muertos". Es fundamental para ajustarse al presupuesto y a los plazos previstos, y exige planificación y flexibilidad para hacer frente a imprevistos.



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Enfoque de la Investigación

Según Hernández et al., (2020). El enfoque cuantitativo implica la recogida y el análisis de datos numéricos para describir, explicar y predecir fenómenos utilizando estadísticas y medidas objetivas. Este método es característico de la investigación que pretende establecer resultados universales, exactos y replicables, y que por lo tanto asegura la objetividad y la validez de sus resultados.

La investigación es de enfoque cuantitativo, ya que se analizan y miden numéricamente variables específicas del rendimiento de mano de obra en partidas de encofrado de vigas y losas. Esta metodología hace posible la medida de manera objetiva y verificable, recogiendo de forma sistemática datos cuantificables para obtener resultados repetibles y generalizables, de acuerdo a criterios científicos de validez y confiabilidad.

#### 3.2 Tipo de la investigación

Según Hernández et al., (2020). La investigación aplicada busca resolver problemas concretos aplicando conocimientos científicos existentes para generar soluciones prácticas que mejoren procesos, productos o servicios. Su interés se centra en aplicar teorías para resolver problemas reales y marcar la diferencia.



La investigación es aplicada, ya que busca generar conocimiento para mejorar la gestión de mano de obra en proyectos reales de construcción. Busca desarrollar soluciones prácticas y mejorar la eficiencia del proceso constructivo con el método de cartas balance, aplicando los resultados directamente en situaciones reales.

### 3.3 Nivel de la Investigación

Según Hernández et al., (2020). El nivel explicativo de la investigación trasciende la mera descripción de un fenómeno para establecer las relaciones de causa y efecto que le son inherentes. Este tipo de investigación busca dar respuesta a cómo y por qué ocurren las cosas, usando métodos analíticos y pruebas para confirmar las hipótesis de causa y efecto.

El nivel de investigación es explicativa, ya que no sólo se limita a describir el rendimiento actual de la mano de obra, sino que también busca explicar cómo las cartas balance impactan en el rendimiento, descubriendo relaciones de causa-efecto y permitiendo predecir resultados en condiciones variables de administración.

### 3.4 Diseño de la Investigación

Según Hernández et al. (2020), el diseño cuasi-experimental manipula una variable independiente sobre una o más dependientes, sin asignación aleatoria. Esto es común y apropiado en ingeniería civil, donde por razones prácticas o éticas se usan muestras intencionales y se comparan sus resultados antes y después de una intervención específica.

Se asume un diseño cuasi experimental, ya que se manipula la variable independiente (aplicación de la carta balance para mejorar el rendimiento de la mano de obra).



### 3.5 Método de la Investigación

Según Hernández et al., (2020). El método científico es un proceso sistemático de investigación que implica la formulación de hipótesis, la observación, la experimentación y el análisis para producir conocimiento confiable. Garantiza la objetividad, la replicabilidad y el rigor en la adquisición de conocimientos, lo que permite establecer bases sólidas para la formulación de teorías y la resolución de problemas en las ciencias.

El método científico marca el camino, la observación sistemática y el registro minucioso en cartas balance, análisis estadístico y evaluación comparativa. Se utiliza un método deductivo para partir de hipótesis teorizadas y de literatura especializada, y un método analítico-comparativo para analizar y comparar los datos cuantitativos recolectados.

### 3.6 Población y Muestra

#### 3.6.1 Población

Según Hernández et al., (2019). La población corresponde al conjunto de individuos o elementos que son el foco de estudio en una investigación y de los cuales se selecciona una muestra. Es crucial definir claramente esta población para asegurar que las conclusiones obtenidas sean válidas y puedan ser aplicadas de manera generalizada.

La población está conformada por todas las obras de edificación en la provincia de Puno que incluyen partidas de encofrado de vigas y losas.

#### 3.6.2 Muestra

Según Hernández et al., (2020, pág. 173). La muestra se refiere al conjunto específico de individuos u objetos extraídos de la población para ser incluidos en el estudio. El tamaño de la muestra variará según las características del estudio, el diseño de la investigación y el enfoque metodológico utilizado.



La muestra está compuesta por dos obras de edificación en la provincia de Puno, cada una con un equipo de trabajo compuesto por 2 operarios, 2 capataces y 2 peones.

- Obra 1: Urb. San Jose (Jr. 3 de octubre con Jr. Nazareno)
- Obra 2: Ubr Porteño (Jr. Juli #580 con Jr Ricardo Palma)

Las cuales se analizan los tiempos y productividad de los trabajadores en partidas de encofrado bajo dos condiciones:

- Método convencional: sin aplicación de cartas balance.
- Método optimizado: con aplicación de cartas balance.

### **3.7 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos**

#### **3.7.1 Técnicas de recolección de datos**

##### **Observación Directa:**

Se realizó una observación continua y presencial de las actividades de encofrado en las obras elegidas, para tomar nota del comportamiento real de los trabajadores mientras realizaban las actividades específicas. Esto implicó el rastreo de las acciones, el flujo de trabajo, la interacción entre los trabajadores y las herramientas. La observación permite detectar posibles cuellos de botella, tiempos muertos o descoordinaciones en el proceso que afecten directamente a la productividad. También se identificaron factores ambientales y operativos que pueden influir en el desempeño de los trabajadores, como el clima, la disponibilidad de recursos y la organización del lugar de trabajo.

##### **Registro de Tiempos:**

Para tomar datos exactos de duración de las actividades, se usaron cronómetros digitales y formatos estructurados para registrar el tiempo que se demoró en cada partida específica, como armar y desarmar encofrados, descansos, etc. Se tomaron medidas repetitivas durante varios días laborales para asegurar que los datos recopilados sean representativos de las fluctuaciones diarias que ocurren en la obra. Los registros



posibilitaron analizar y cronometrar con mayor precisión las actividades, lo que permitió compararlas entre sí y detectar oportunidades para mejorar la planificación y administración del tiempo.

### **Entrevistas:**

Se hicieron entrevistas cortas pero profundas a los trabajadores de las obras elegidas para reconocer y entender las causas que generan tiempos no productivos. Dichas entrevistas fueron individuales y abordaron temas como la percepción de los operarios sobre demoras, trabas y causas de ineficiencia que ellos consideran que existen. Se hizo énfasis en reconocer causas como falta de capacitación, herramientas inadecuadas, problemas de comunicación o factores externos como el clima. Las entrevistas también arrojaron información cualitativa sobre el ánimo y la motivación de los trabajadores, factores que muchas veces influyen en la productividad.

### **Revisión Documental:**

Se revisaron a detalle los documentos de las obras, como planos constructivos, cartas balance y bitácoras de obra. Esta revisión documental sirvió para corroborar la información recogida a través de la observación directa y las entrevistas. Se compararon los tiempos planificados en los planes con los tiempos reales medidos en el campo, revelando discrepancias, errores de planificación o eventos inesperados no considerados en los documentos originales. Además, la revisión de los diarios de obra permitió verificar la coherencia de las decisiones operativas del proyecto y la calidad y exactitud de la documentación de gestión de obra.

### **3.7.2 Instrumentos de recolección de datos.**

**Cronómetros:** Se usaron cronómetros digitales de alta precisión para tomar el tiempo exacto que se demoró en cada actividad específica del proceso de encofrado. Los cronómetros fueron instrumentos para recolectar datos cuantitativos, ya que miden con



precisión el tiempo que tardan en realizarse las tareas. Los cronómetros se utilizaron para medir el tiempo de ejecución y los tiempos muertos, lo que proporcionó una visión precisa de cuánto tiempo tomaba cada paso y cómo los tiempos podían variar incluso en el mismo tipo de trabajo. Estos equipos fueron manejados por personal capacitado para asegurar que los tiempos tomados fueran consistentes y confiables a lo largo de la observación.

**Formatos de inscripción:** Para los registros se elaboraron fichas estructuradas para anotar los tiempos y las observaciones cualitativas de la ejecución de las actividades. Dichos formatos contenían espacios para anotar el inicio y finalización de cada tarea, las interrupciones o pausas que se presentaran y las causas externas o factores que pudieran haber afectado su duración. Los formularios también incluían apartados para observaciones adicionales sobre el comportamiento de los trabajadores, las condiciones del entorno y la eficacia de las herramientas y materiales. Además, los formatos se enriquecieron con notas puntuales de observación que ayudaron a contextualizar los datos cuantitativos y ofrecer una perspectiva más rica sobre los procesos de trabajo.

**Guía de Entrevista:** Se elaboró una guía de entrevista con preguntas dirigidas y estructuradas, para recolectar información cualitativa sobre las razones de los tiempos no productivos encontrados. Las entrevistas se hicieron a los trabajadores que directamente realizan la labor de encofrado y se les preguntó qué tipo de problemas tenían, como falta de herramientas, cansancio, descoordinación del personal, entre otros, que estuvieran afectando la productividad. También se tocaron temas como la motivación de los empleados, la opinión que tienen sobre las condiciones laborales y la influencia de factores externos como el clima o problemas de logística. Las entrevistas se realizaron de forma confidencial para estimular respuestas honestas y profundas.

**Planos y Cartas de Equilibrio:** Los planos constructivos y las cartas balance se emplearon como herramientas de verificación para comparar lo ejecutado en campo con lo planificado inicialmente. Los planos dieron una imagen completa de la obra y las cartas balance mostraron los tiempos estimados para cada actividad y las metas de productividad del plan de trabajo. Dichos documentos se compararon con los tiempos tomados durante



la observación y las entrevistas para detectar posibles desviaciones, errores de planificación o áreas de mejora. Adicionalmente, las cartas balance verificaron si las actividades se estaban realizando según lo planificado, analizando la eficiencia y eficacia de la gestión del tiempo en la ejecución de las obras.

### 3.8 Proceso para la recopilación de información.

#### 3.8.1 *Desarrollo de plan.*

Para la recolección de información se diseñó un proceso en cuatro etapas, donde se definieron actividades específicas para asegurar la obtención de información precisa y pertinente. A continuación, se describe cada una de estas etapas:

#### **Fase 1: Selección de obras**

**Identificación de obras:** Se realizó un análisis inicial para reconocer dos obras de edificación en la provincia de Puno que sean comparables en tamaño, tipología y complejidad. Esta similitud fue fundamental para garantizar que los datos recopilados fueran comparables y susceptibles de análisis.

**Criterios de selección:** Las obras elegidas debían reunir ciertas características, tales como encontrarse en una etapa semejante de edificación, tener un número semejante de operarios y emplear métodos constructivos tradicionales. Esto garantizó que cualquier variación en los datos se debiera principalmente al uso de cartas balance y no a otros factores externos.

#### **Fase 2: Capacitación**

**Formación en cartas balance:** En la Obra 2, se realizó una capacitación para el personal de construcción. Esta capacitación buscó enseñar a los trabajadores a utilizar cartas balance, una forma de optimizar el tiempo y los recursos en obras de construcción.

**Temas de la capacitación:** La capacitación abarcó desde una explicación teórica de las cartas balance hasta ejercicios prácticos para que los empleados pudieran poner en

práctica lo aprendido en casos reales. Se hizo hincapié en cronometrar con exactitud el tiempo que se tarda en realizar cada actividad para que los datos que se recojan sean fiables.

### Fase 3: Recolección de datos

**Cronometraje:** En ambos proyectos se cronometró el tiempo que tardó cada partida de trabajo, clasificándolo en tres categorías: tiempo productivo (aquellas actividades que directamente contribuyen al avance de la obra), tiempo contributivo (actividades que indirectamente contribuyen al avance) y tiempo no contributivo (actividades que no contribuyen al avance).

**Metodología de recolección:** Se usaron cronómetros y hojas de registro para medir el tiempo que tomaba cada actividad. Los capataces de obra se encargaron de que los datos se registraran de forma uniforme y exacta. Además, se llevaron a cabo observaciones directas para complementar los datos recogidos.

### Fase 4: Análisis de datos

**Comparación de resultados:** Una vez recopilados los datos, se compararon los resultados entre las dos obras. El objetivo fue establecer el efecto de las cartas balance en la eficiencia del trabajo.

**Interpretación de resultados:** Se comparó el tiempo que tardaron las dos obras en cada categoría de trabajo. Se hizo énfasis en disminuir el tiempo no contributivo y aumentar el tiempo productivo en la Obra 2, donde se implementaron las cartas balance. Este análisis determinó que la capacitación y el uso de esta herramienta influyeron en la optimización del tiempo y los recursos.



### 3.9 Procesamiento de datos

El análisis cuantitativo de la investigación se llevó a cabo mediante el uso de técnicas estadísticas descriptivas, tales como medias y porcentajes, con el fin de comparar los tiempos de trabajo en las dos obras estudiadas. Para la organización y el análisis de los datos se utilizaron hojas de cálculo en Excel, lo que facilitó el procesamiento eficiente de la información. El rendimiento de cada partida de trabajo se midió en horas-hombre por metro cuadrado (hh/m<sup>2</sup>), permitiendo una evaluación detallada de la productividad en cada uno de los procesos evaluados.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados.

##### 4.1.1 Rendimiento promedio de mano de obra en partidas de encofrado de vigas y losas en edificaciones.

##### 4.1.1.1 Análisis del rendimiento en encofrado de vigas

Se evaluó el tiempo de trabajo productivo, contributivo y no contributivo en el encofrado de vigas en dos obras, mediante observación directa y registros durante 30 min por obrero.

**Tabla 6**

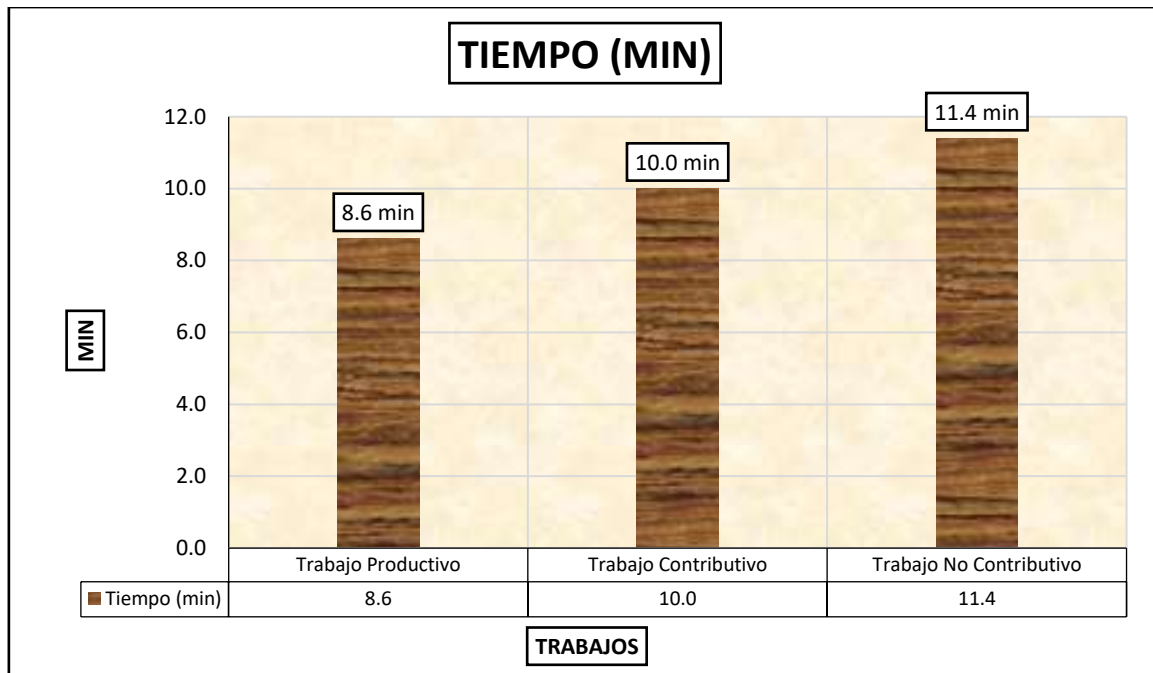
*Obra 1 – Encofrado de vigas.*

Tipo de trabajo	Obrero 1	Obrero 2	Obrero 3	Obrero 4	Obrero 5	Promedio general
<b>Trabajo Productivo</b>	9 min	8 min	10 min	7 min	9 min	8.6 min (28.7%)
<b>Trabajo Contributivo</b>	10 min	11 min	9 min	10 min	10 min	10.0 min (33.3%)
<b>Trabajo No Contributivo</b>	11 min	11 min	11 min	13 min	11 min	11.4 min (38.0%)

Se presenta el tiempo promedio de trabajo productivo, contributivo y no contributivo durante el encofrado de vigas en la Obra 1, basado en el desempeño de cinco obreros. Se evidencia que el trabajo no contributivo representa el mayor porcentaje con 38 %, seguido por el contributivo con 33.3 % y el productivo con 28.7 %.

**Figura 4**

*Tiempo de trabajo, encofrado vigas (Obra 1).*



Se observa que el trabajo no contributivo representa el mayor tiempo, con 11.4 minutos, seguido por el contributivo con 10.0 minutos y el productivo con 8.6 minutos.

**Tabla 7**

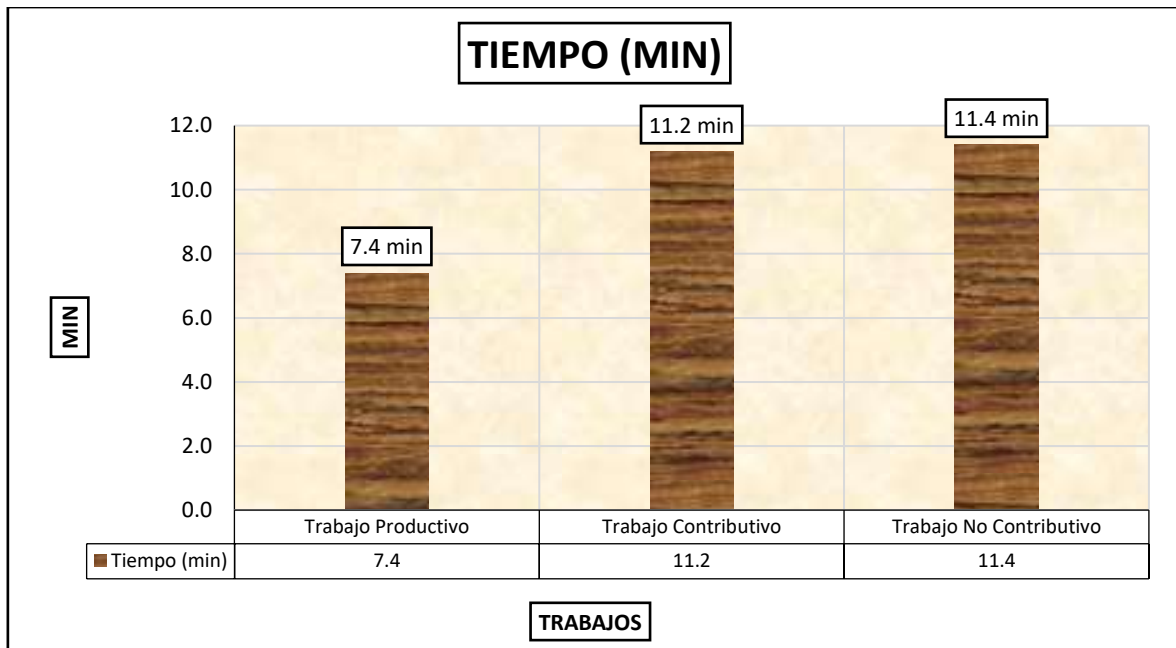
*Obra 2 – Encofrado de vigas.*

Tipo de trabajo	Obrero 1	Obrero 2	Obrero 3	Obrero 4	Obrero 5	Promedio general
<b>Trabajo Productivo</b>	7 min	9 min	8 min	6 min	7 min	7.4 min (24.7%)
<b>Trabajo Contributivo</b>	12 min	10 min	11 min	12 min	11 min	11.2 min (37.3%)
<b>Trabajo No Contributivo</b>	11 min	11 min	11 min	12 min	12 min	11.4 min (38.0%)

El mayor tiempo corresponde al trabajo no contributivo (38 %), seguido por el contributivo (37.3 %) y el productivo (24.7 %). Esto refleja una baja eficiencia en la gestión del tiempo laboral.

**Figura 5**

*Tiempo de trabajo, encofrado vigas (Obra 2).*



El trabajo no contributivo es el más prolongado con 11.4 minutos, seguido del contributivo con 11.2 minutos y el productivo con 7.4 minutos. Esta distribución evidencia oportunidades para optimizar la eficiencia en el proceso constructivo.

**Tabla 8**

*Análisis comparativo – Encofrado de vigas.*

Tipo de trabajo	Obra 1 (%)	Obra 2 (%)	Diferencia (%)
<b>Trabajo Productivo</b>	28.7	24.7	-4.0
<b>Trabajo Contributivo</b>	33.3	37.3	+4.0
<b>Trabajo No Contributivo</b>	38.0	38.0	0.0

Se presenta un análisis comparativo del porcentaje de tiempo dedicado a tipos de trabajo en el encofrado de vigas entre dos obras. Se observa una mayor proporción de trabajo contributivo en Obra 2 (+4 %) y un mayor trabajo productivo en Obra 1 (-4 %). El tiempo no contributivo es igual en ambas obras, representando un 38 %.

### 4.1.1.2 Análisis del rendimiento en encofrado de losas

**Tabla 9**

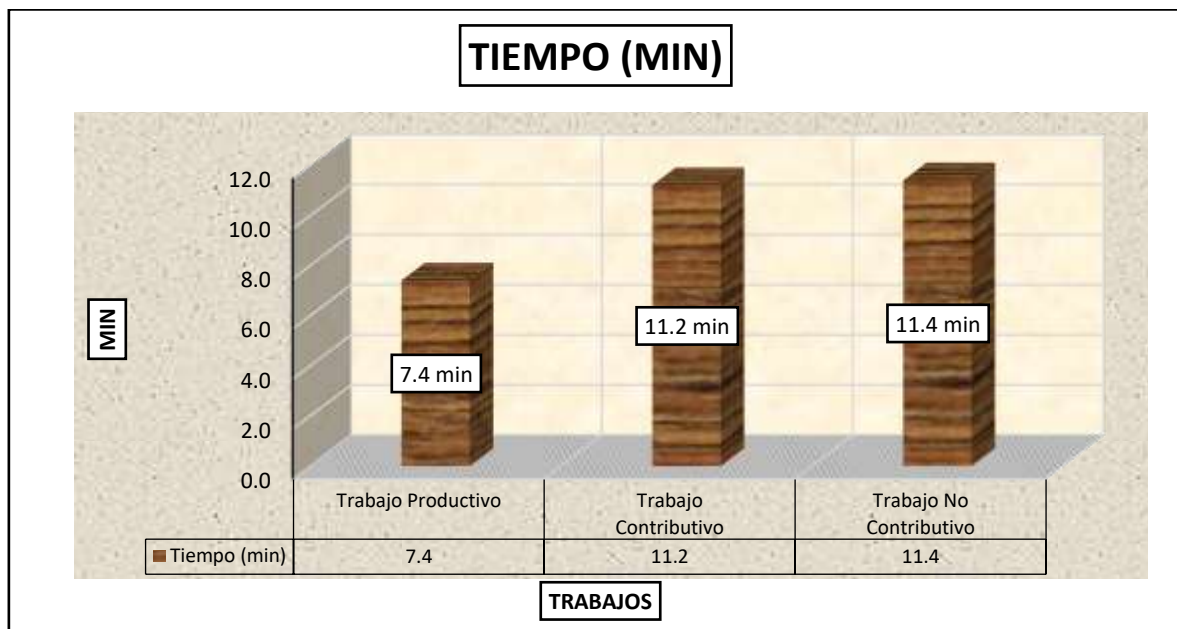
*Obra 1 – Encofrado de losas.*

Tipo de trabajo	Obrero 1	Obrero 2	Obrero 3	Obrero 4	Obrero 5	Promedio general
<b>Trabajo Productivo</b>	8 min	7 min	9 min	6 min	8 min	7.6 min (25.3%)
<b>Trabajo Contributivo</b>	11 min	10 min	11 min	12 min	10 min	10.8 min (36.0%)
<b>Trabajo No Contributivo</b>	11 min	13 min	10 min	12 min	12 min	11.6 min (38.7%)

El trabajo productivo en el encofrado de losas en la Obra 1 es solo el 25.3 %, mientras que el trabajo contributivo y no contributivo superan el 75 %, evidenciando ineficiencias y retrasos en el proceso.

**Figura 6**

*Tiempo de trabajo, encofrado losas (Obra 1).*



Se muestra que en la Obra 1 el tiempo dedicado al trabajo productivo en encofrado de losas es menor (7.4 min) frente al contributivo (11.2 min) y no contributivo (11.4 min).

**Tabla 10**

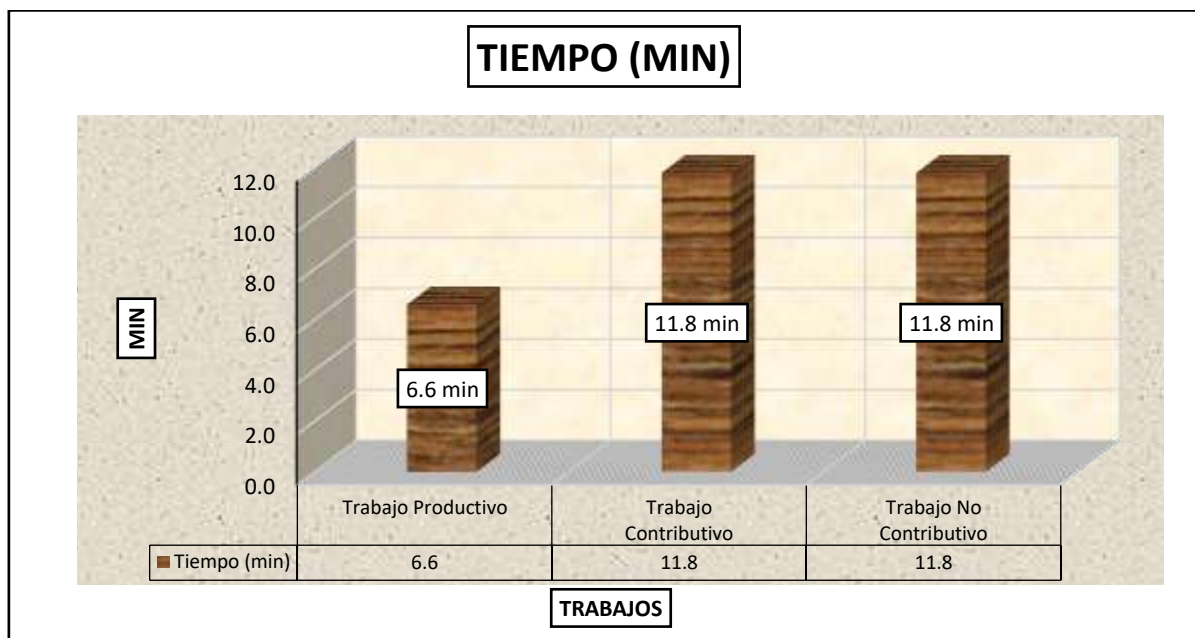
*Obra 2 – Encofrado de losas.*

Tipo de trabajo	Obrero 1	Obrero 2	Obrero 3	Obrero 4	Obrero 5	Promedio general
<b>Trabajo Productivo</b>	7 min	6 min	8 min	5 min	7 min	6.6 min (22.0%)
<b>Trabajo Contributivo</b>	12 min	11 min	12 min	13 min	11 min	11.8 min (39.3%)
<b>Trabajo No Contributivo</b>	11 min	13 min	10 min	12 min	13 min	11.8 min (38.7%)

El trabajo productivo en el encofrado de losas representa solo el 22 %, evidenciando una disminución respecto a la Obra 1. El trabajo contributivo aumenta a casi 40 %, reflejando mayor tiempo en tareas auxiliares por posibles deficiencias logísticas. El trabajo no contributivo se mantiene alto, confirmando ineficiencias persistentes.

**Figura 7**

*Tiempo de trabajo, encofrado losas (Obra 2).*



La Obra 2 el trabajo productivo en encofrado de losas es menor (6.6 min) en comparación con el trabajo contributivo y no contributivo, ambos con 11.8 min.

Tabla 11

*Análisis comparativo – Encofrado de losas.*

Tipo de trabajo	Obra 1 (%)	Obra 2 (%)	Diferencia (%)
Trabajo Productivo	25.3	22.0	-3.3
Trabajo Contributivo	36.0	39.3	+3.3
Trabajo No Contributivo	38.7	38.7	0.0

Se muestra que el rendimiento productivo en la Obra 2 disminuye en 3.3 %, mientras que el trabajo contributivo aumenta en 3.3 %. El trabajo no contributivo se mantiene constante en 38.7 %, evidenciando pérdidas operativas estructurales en el método convencional.

Tabla 12

*Comparación del tiempo de trabajo en encofrado de losas y vigas.*

Tipo de Trabajo	Obra 1 (%)	Obra 2 (%)	Diferencia (%)	Observaciones
Trabajo Productivo (losas)	25.3	22.0	-3.3	Disminución en Obra 2, impactando negativamente la productividad.
Trabajo Contributivo (losas)	36.0	39.3	+3.3	Incremento en Obra 2, indicando mayor consumo de tiempo en tareas auxiliares.
Trabajo No Contributivo (losas)	38.7	38.7	0.0	Constante en ambas obras, evidenciando pérdidas operativas estructurales.
Trabajo Productivo (vigas)	28.7	24.7	-4.0	Mayor en Obra 1, favoreciendo avance físico directo.
Trabajo Contributivo (vigas)	33.3	37.3	+4.0	Mayor en Obra 2, reflejando mayor tiempo en actividades de soporte.
Trabajo No Contributivo (vigas)	38.0	38.0	0.0	Igual en ambas obras, representando un 38 % del tiempo total y confirmando ineficiencias.

Se observa una disminución del trabajo productivo y un aumento del contributivo en Obra 2, mientras que el trabajo no contributivo se mantiene constante en ambas. Estos resultados evidencian ineficiencias y pérdidas operativas estructurales en el método convencional.



### 4.1.2 Efecto de la aplicación de cartas balance en el rendimiento de la mano de obra en la partida de encofrado de vigas.

**Tabla 13**

*Trabajo productivo vigas.*

TRABAJO PRODUCTIVO	
N.1	Colocaciones de barrotes
N.2	Colocaciones de largueros
N.3	Colocaciones de planchas o tablones
N.4	Colocaciones de accesorios
N.5	Colocaciones de alineadores
N.6	Colocaciones de puntales

El trabajo productivo en el encofrado de vigas y losas comprende actividades secuenciales como la colocación de barrotes, largueros, planchas y accesorios. Estas tareas constituyen operaciones esenciales que aportan directamente al avance de la obra.

**Tabla 14**

*Trabajo contributivo vigas.*

TRABAJO CONTRIBUTORIO	
N.11	Retiros de los accesorios
N.12	Recibir/dar instrucciones
N.13	Retiros de los alineadores
N.14	Transportes de materiales
N.15	Retiros de planchas o tablones
N.16	Recepción de los materiales.
N.17	Retiros de los barrotes
N.18	Retiros de los largueros
N.19	Limpieza
N.20	Lecturas de planos

El trabajo contributivo incluye actividades auxiliares que apoyan la ejecución principal, como el retiro de elementos, transporte de materiales y lectura de planos. Estas tareas no generan avance directo en la obra, pero son necesarias para el desarrollo continuo. Su frecuencia y duración pueden influir en la eficiencia global del proceso constructivo.



**Tabla 15**

*Trabajo No contributivo vigas.*

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
N.21	Viajes improductivos
N.22	Esperas
N.23	Trabajos rehechos
N.24	Tiempos de ocioso

El trabajo no contributorio está compuesto por actividades que no generan valor ni apoyo al proceso constructivo, como viajes improductivos, esperas, retrabajos y tiempos ociosos. Estas acciones representan pérdidas dentro del rendimiento laboral. Su identificación y control son claves para mejorar la eficiencia en obra mediante cartas balance.

**OBRA 1.**

La aplicación de la carta balance se realizó a horas 10:00 am – 10:30 am.

**Tabla 16**

*Personales de la Obra 1.*

DESCRIP.	CARGO	Nombre y Apellidos
<b>OBRERO 1</b>	Operario	JUVENAL QUISPE COILA
<b>OBRERO 2</b>	Operario	SATURMINO CACERES OCA
<b>OBRERO 3</b>	Capataz	RICARDO CATACTORA IGLESIAS
<b>OBRERO 4</b>	Capataz	JUAN ARAPA HUANCA
<b>OBRERO 5</b>	Peon	LENIN SOLORZANO CHAMBI
<b>OBRERO 6</b>	Peon	ARNOL PERALTA VILLEGAS

El equipo de trabajo estuvo conformado por operarios, peones y capataces, quienes participaron en la ejecución del encofrado. La observación con carta balance se realizó entre las 10:00 y 10:30 a.m., registrando sus actividades. La distribución del personal permitió evaluar el rendimiento individual y colectivo en condiciones reales de obra.

**Tabla 17**

*Carta Balance del encofrado de vigas (Obra 1).*

Tiempo (min)	OBREROS					
	1	2	3	4	5	6
1	1	24	24	24	13	24
2	1	24	11	24	13	24
3	12	22	1	22	3	22
4	12	16	1	16	2	16
5	18	16	12	16	2	16
6	6	1	18	1	2	1
7	6	1	12	1	2	1
8	21	1	21	1	1	1
9	14	1	21	1	1	1
10	14	1	21	1	1	1
11	17	1	14	1	1	1
12	1	20	17	20	1	20
13	3	20	3	20	1	20
14	5	2	5	2	12	2
15	7	2	7	2	12	2
16	24	2	24	2	15	2
17	6	17	6	1	15	1
18	4	17	20	17	15	17
19	4	17	20	17	15	17
20	4	19	20	19	15	19
21	4	19	16	19	24	19
22	1	19	1	19	24	19
23	1	18	1	22	2	22
24	1	20	1	21	2	21
25	3	21	3	15	2	15
26	23	21	3	15	2	15
27	23	15	4	19	6	19
28	23	15	6	19	6	19
29	23	24	23	14	6	14
30	23	24	6	14	14	14

La carta balance del encofrado de vigas permite registrar, minuto a minuto, las actividades desarrolladas por cada obrero durante la jornada de trabajo. Cada número representa un tipo específico de actividad: productiva, contributiva o no contributiva. Este método facilita la visualización del flujo de trabajo y la distribución del tiempo. Además, permite detectar tiempos improductivos que afectan el rendimiento laboral. Su aplicación es clave para optimizar la eficiencia en procesos constructivos.

**Tabla 18**

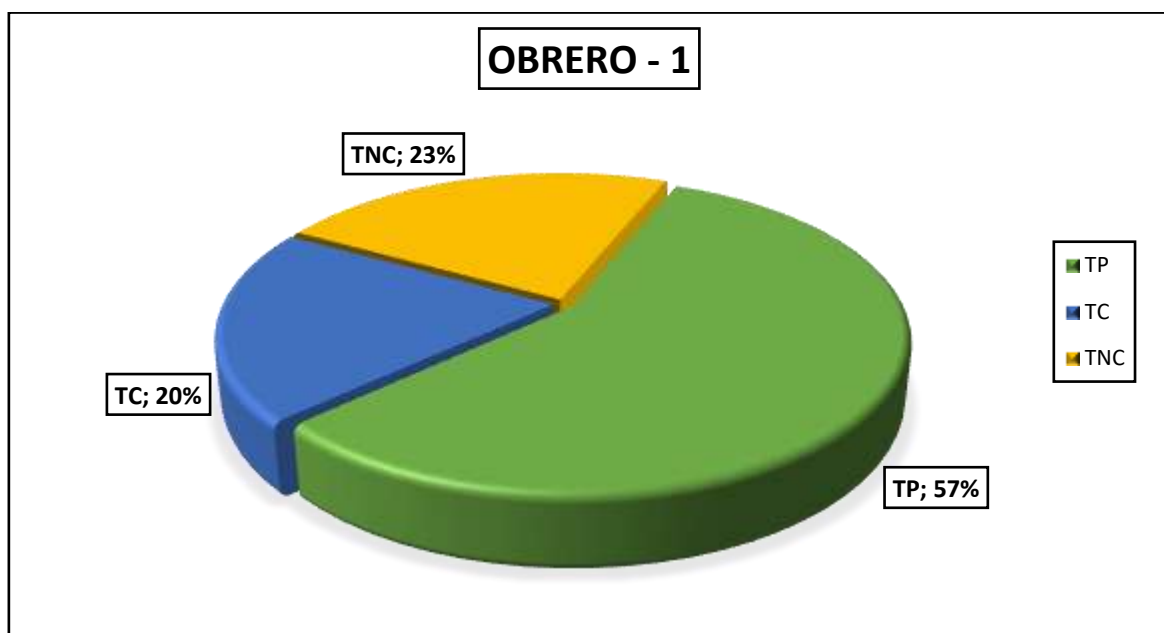
*Trabajos de encofrado de vigas (Obra 1).*

Descrip.	O - 1	O - 2	O - 3	O - 4	O - 5	O - 6
TP	17	9	14	10	18	10
TC	6	14	10	15	10	15
TNC	7	7	6	5	2	5

Se presenta la distribución del tiempo empleado por cada obrero en trabajos productivos (TP), contributivos (TC) y no contributivos (TNC) durante el encofrado de vigas. Se observa variabilidad en el desempeño individual según el tipo de tarea.

**Figura 8**

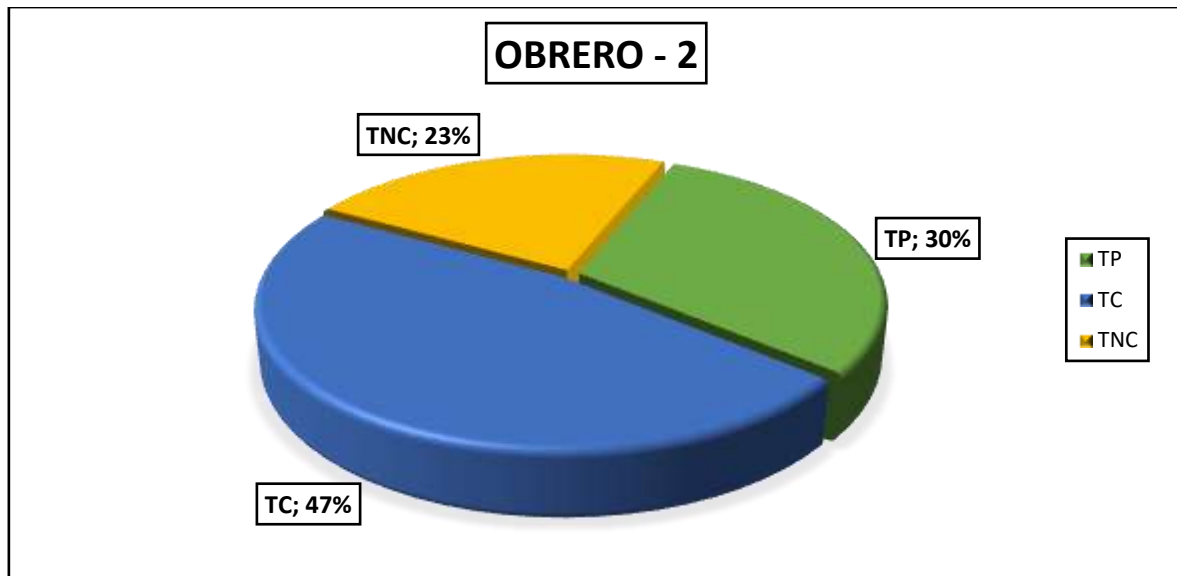
*Trabajos realizado del obrero 1, encofrado vigas (Obra 1).*



Las actividades del obrero 1 durante el encofrado de vigas. Se observa una mayor proporción de trabajo productivo (57 %), seguido de tareas no contributivas (23 %) y contributivas (20 %). Esta distribución permite evaluar la eficiencia operativa individual y proponer mejoras en la planificación.

**Figura 9**

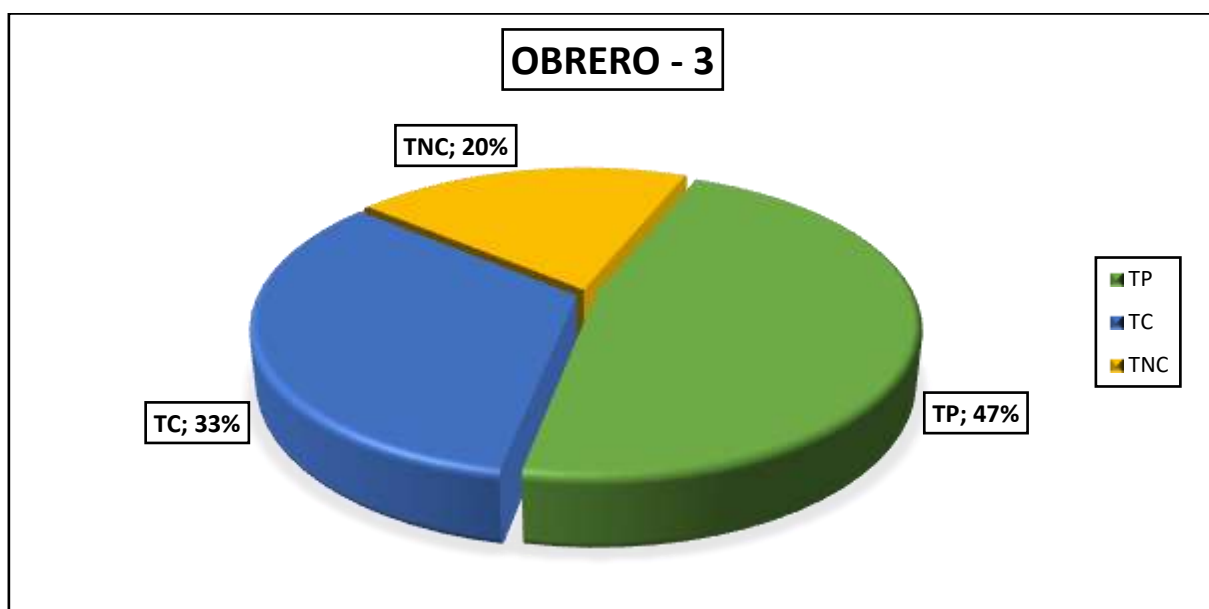
*Trabajos realizado del obrero 2, encofrado vigas (Obra 1).*



Se muestra que el obrero 2 destinó el 47 % de su tiempo a trabajos contributivos, superando al trabajo productivo (30 %) y no contributivo (23 %).

**Figura 10**

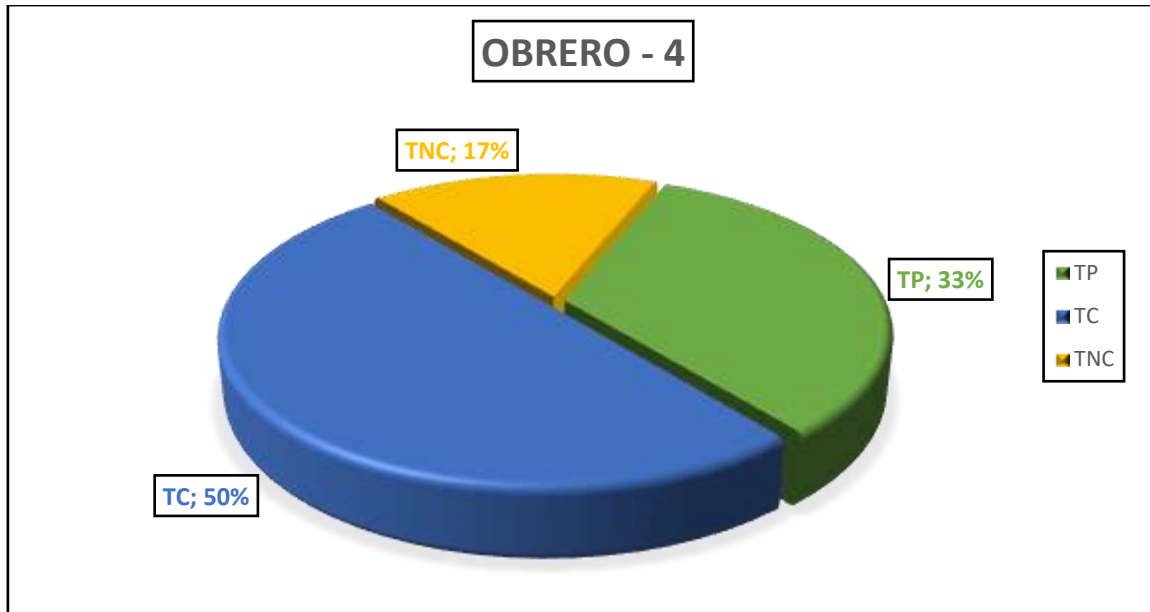
*Trabajos realizado del obrero 3, encofrado vigas (Obra 1).*



El obrero 3 dedicó el 47 % de su tiempo a trabajos productivos, mientras que los contributivos representaron el 33 % y los no contributivos el 20 %.

**Figura 11**

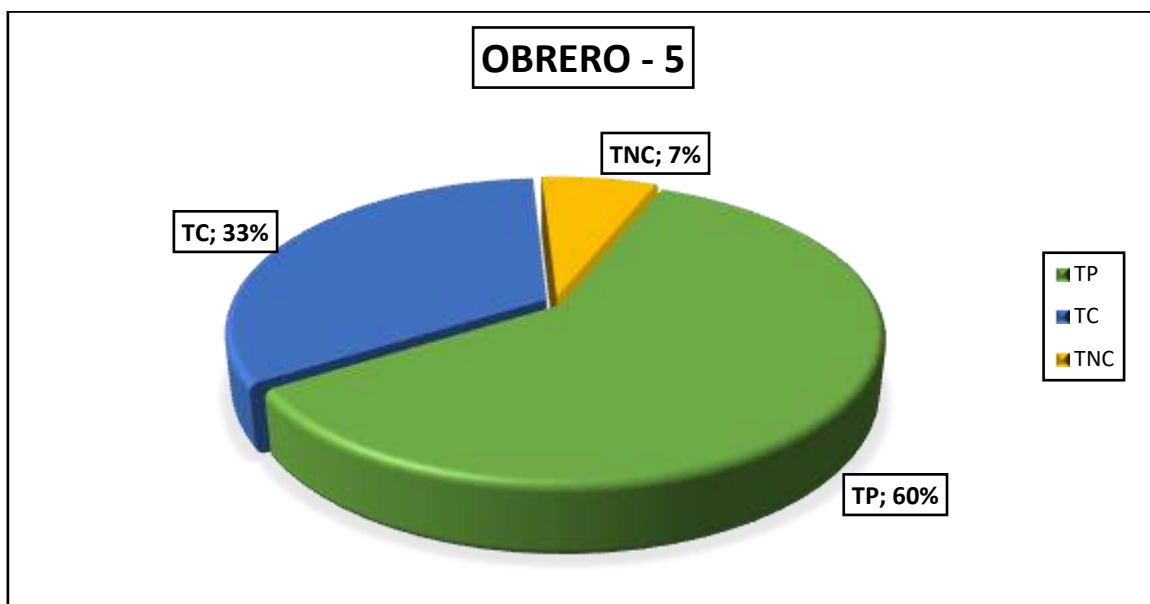
*Trabajos realizado del obrero 4, encofrado vigas (Obra 1).*



El obrero 4 destinó el 50 % de su tiempo a trabajos contributivos, superando al trabajo productivo (33 %) y al no contributivo (17 %).

**Figura 12**

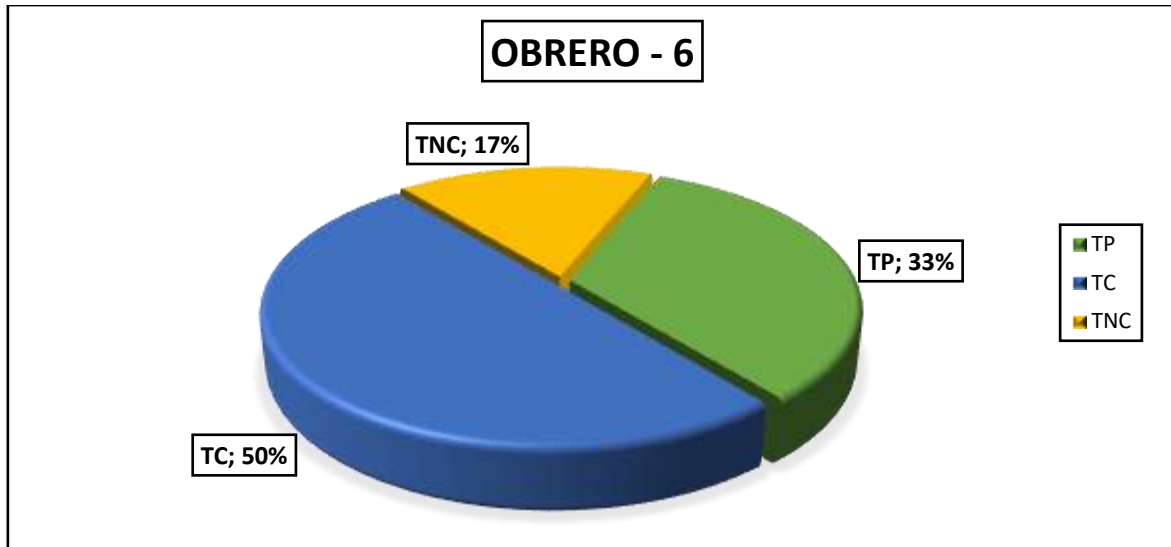
*Trabajos realizado del obrero 5, encofrado vigas (Obra 1).*



El obrero 5 alcanzó un 60 % de trabajo productivo, complementado con un 33 % de tareas contributivas y solo un 7 % de no contributivas.

**Figura 13**

*Trabajos realizado del obrero 6, encofrado vigas (Obra 1).*



El obrero 6 dedicó el 50 % de su tiempo a trabajos contributivos, 33 % a productivos y 17 % a no contributivos. Su carga operativa estuvo más orientada a tareas de apoyo que a producción directa.

**OBRA 2.**

La aplicación de la carta balance se realizó a horas 2:00 pm – 02:30 pm.

**Tabla 19**

*Personales de la Obra 2.*

DESCRIP.	CARGO	Nombre y Apellidos
<b>OBRERO 1</b>	Operario	BILL QUISPE CHAMBI
<b>OBRERO 2</b>	Operario	DAVID CATARI VILCA
<b>OBRERO 3</b>	Capataz	ELISBAN CURRO VILCAZAN
<b>OBRERO 4</b>	Capataz	JOSELITO CHAMBI MAMANI
<b>OBRERO 5</b>	Peon	JHON QUISOCALA CHAMBI
<b>OBRERO 6</b>	Peon	BRAYAN MAMANI CALSIN

El equipo de la Obra 2 estuvo conformado por operarios, capataces y peones, quienes participaron en los trabajos de encofrado. La observación mediante carta balance se realizó entre las 2:00 y 2:30 p.m.

**Tabla 20**

*Carta Balance del encofrado de vigas (Obra 2).*

Tiempo (min)	OBRERO					
	1	2	3	4	5	6
1	13	19	2	3	1	24
2	13	19	2	3	1	24
3	3	22	2	3	2	22
4	2	22	16	2	2	16
5	2	12	16	2	16	16
6	2	18	1	11	16	1
7	2	6	23	11	1	1
8	1	6	23	1	1	1
9	1	21	1	1	17	1
10	1	14	1	14	1	1
11	1	14	1	14	24	1
12	1	17	20	14	1	20
13	1	3	20	14	1	20
14	12	22	2	2	2	2
15	12	21	2	4	15	2
16	15	24	2	4	18	2
17	15	6	2	15	18	1
18	15	20	17	15	18	17
19	15	20	17	21	21	17
20	15	20	19	21	3	19
21	24	16	19	24	3	19
22	24	1	19	24	3	19
23	2	1	22	2	3	22
24	2	1	21	2	3	21
25	2	3	15	2	12	15
26	2	3	15	2	12	15
27	6	4	19	6	15	19
28	6	6	19	6	15	19
29	6	23	14	24	22	14
30	14	23	14	24	3	14

La carta balance correspondiente a la Obra 2 registra de forma secuencial las actividades realizadas por cada obrero durante 30 minutos de trabajo. Los códigos reflejan tareas productivas, contributivas y no contributivas, diferenciadas por colores. Esta representación facilita el análisis visual del comportamiento laboral individual y grupal. Se evidencian variaciones en la distribución del tiempo entre los trabajadores. La información es esencial para identificar cuellos de botella y oportunidades de mejora en la eficiencia del encofrado.

**Tabla 21**

*Trabajos de encofrado de vigas (Obra 2).*

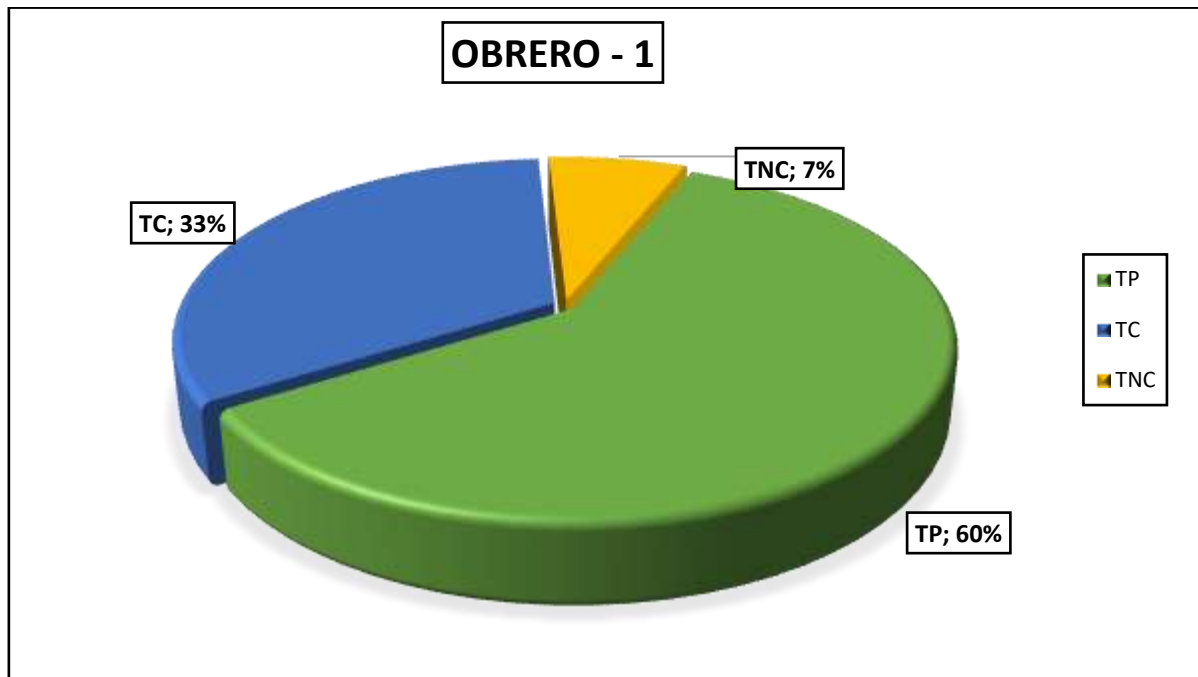
Descrip.	O - 1	O - 2	O - 3	O - 4	O - 5	O - 6
TP	18	11	11	16	16	10
TC	10	11	15	8	11	15
TNC	2	8	4	6	3	5

*Nota.* Carta Balance

Se observa un mayor enfoque en tareas productivas, especialmente en los obreros 1, 4 y 5. Estos datos permiten evaluar el desempeño individual y proponer mejoras en la gestión del recurso humano en obra.

**Figura 14**

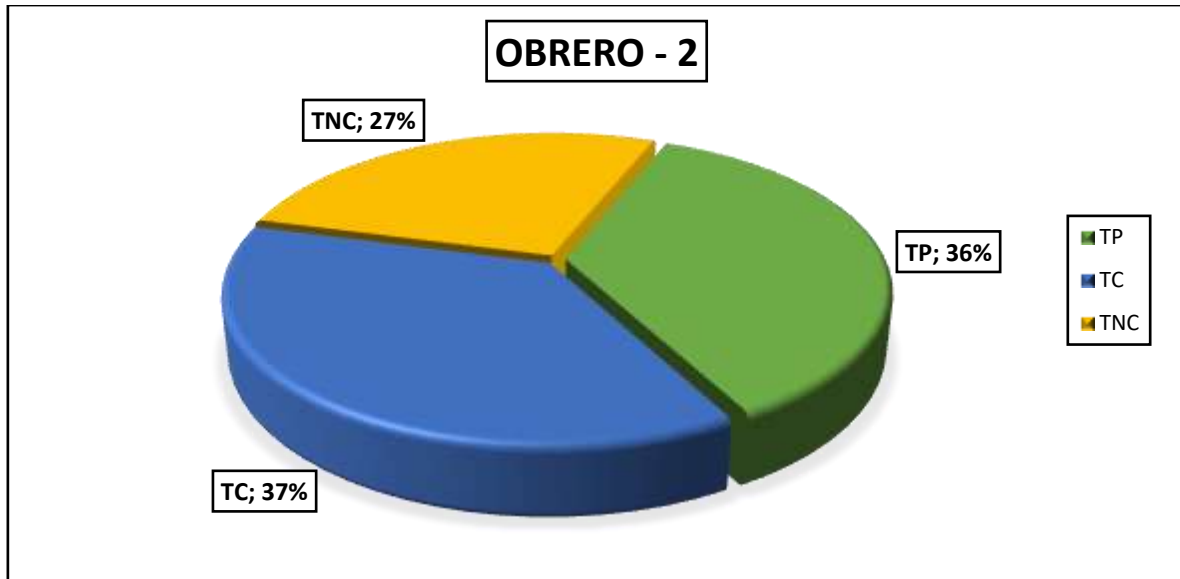
*Trabajos realizado del obrero 1, encofrado vigas (Obra 2).*



El obrero 1 presentó un desempeño destacado, con un 60 % del tiempo dedicado a trabajos productivos, seguido de un 33 % a tareas contributivas y solo un 7 % a no contributivas. Esta distribución evidencia un uso eficiente del tiempo en obra. Refleja un adecuado enfoque en actividades que generan valor directo al proceso constructivo.

**Figura 15**

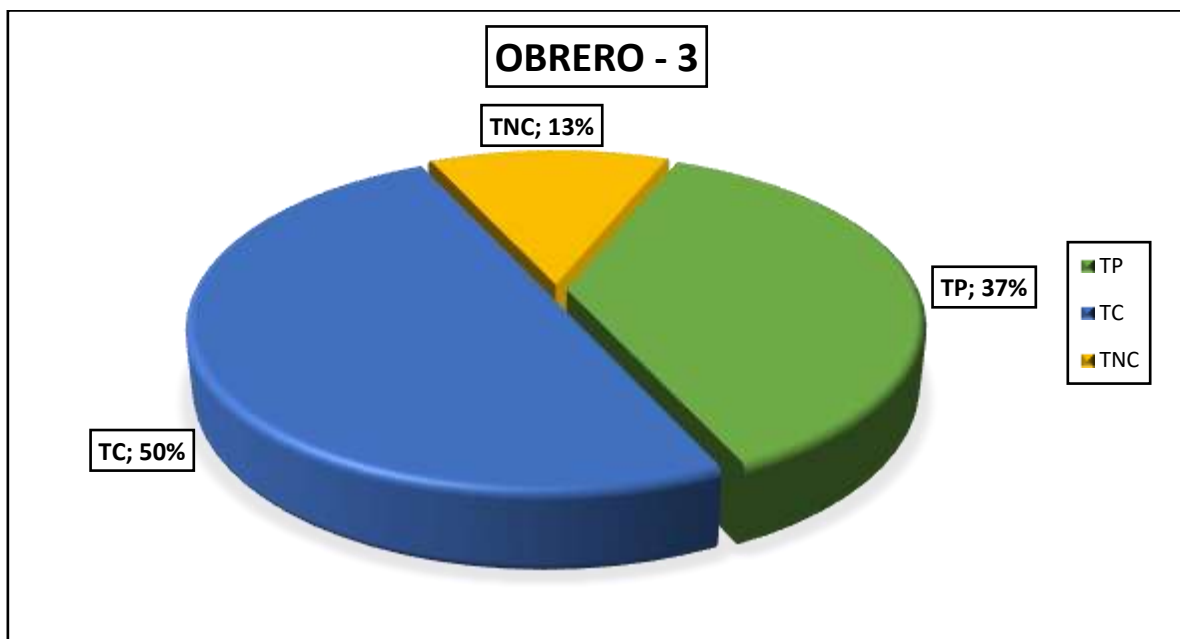
*Trabajos realizado del obrero 2, encofrado vigas (Obra 2).*



El obrero 2 distribuyó su tiempo entre trabajos productivos (36 %), contributivos (37 %) y no contributivos (27 %).

**Figura 16**

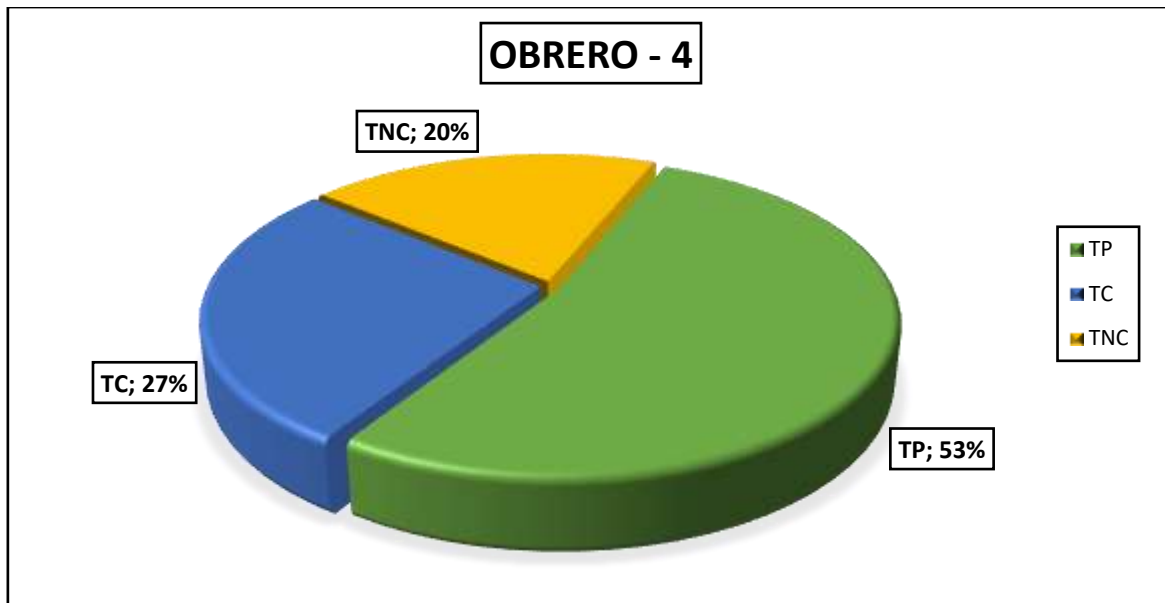
*Trabajos realizado del obrero 3, encofrado vigas (Obra 2).*



El obrero 3 dedicó el 50 % de su tiempo a tareas contributivas, mientras que los trabajos productivos representaron el 37 % y los no contributivos el 13 %.

**Figura 17**

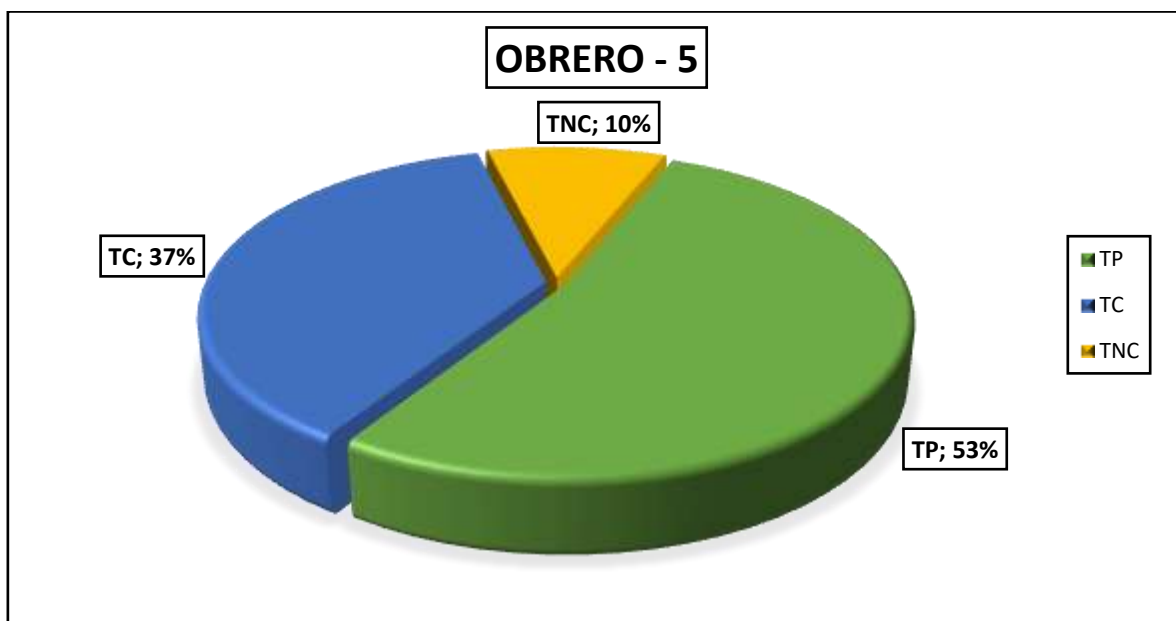
*Trabajos realizado del obrero 4, encofrado vigas (Obra 2).*



El obrero 4 concentró el 53 % de su tiempo en trabajos productivos, seguido de un 27 % en contributivos y un 20 % en no contributivos.

**Figura 18**

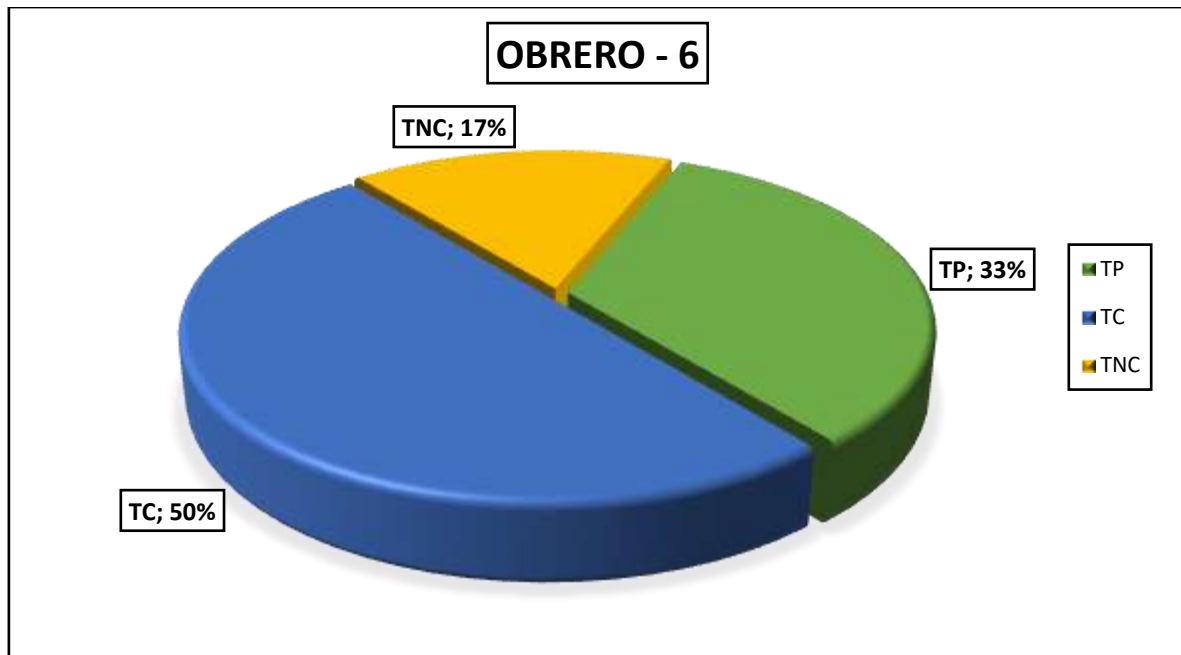
*Trabajos realizado del obrero 5, encofrado vigas (Obra 2).*



El obrero 5 dedicó el 53 % de su tiempo a trabajos productivos, 37 % a contributivos y solo 10 % a no contributivos.

**Figura 19**

*Trabajos realizado del obrero 6, encofrado vigas (Obra 2).*



El obrero 6 empleó el 50 % de su tiempo en trabajos contributivos, mientras que el 33 % fue productivo y el 17 % no contributivo. Su participación operativa se concentró en tareas de apoyo.

**Tabla 22**

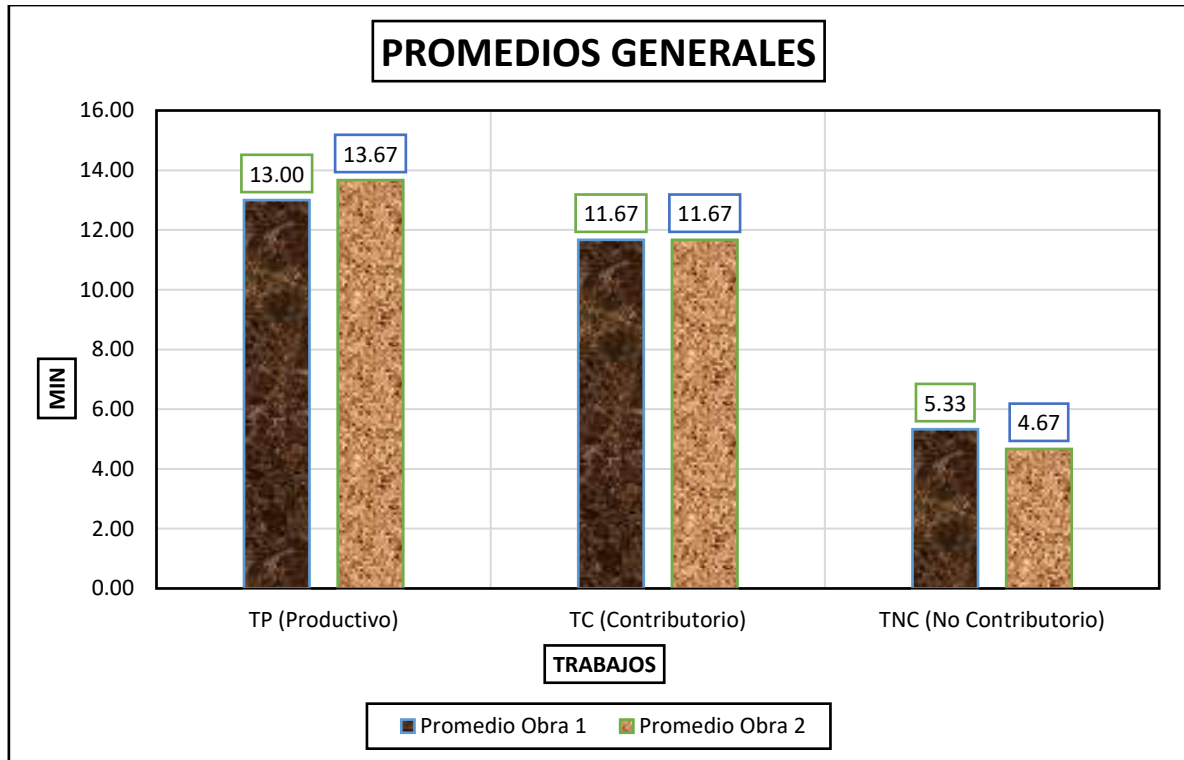
*Promedios generales por tipo de trabajo.*

Tipo de Trabajo	Promedio Obra 1	Promedio Obra 2
<b>TP (Productivo)</b>	13.00	13.67
<b>TC (Contributorio)</b>	11.67	11.67
<b>TNC (No Contributorio)</b>	5.33	4.67

Se presenta los promedios de tiempos dedicados a trabajos productivos, contributivos y no contributivos en ambas obras. Se observa un ligero incremento del trabajo productivo en la Obra 2 (13.67) respecto a la Obra 1 (13.00). Esta diferencia refleja una mejora en la eficiencia operativa tras aplicar la carta balance.

**Figura 20**

*Promedios por tipos de trabajos.*



Se evidencia un aumento en el trabajo productivo y una reducción en el no contributivo en la Obra 2, manteniéndose constante el trabajo contributivo.

#### **4.1.3 Efecto de la aplicación de cartas balance en el rendimiento de la mano de obra en la partida de encofrado de losas.**

El efecto de la aplicación de cartas balance en la productividad de la mano de obra específicamente en la partida de encofrado de losas. Se evalúa cómo esta herramienta de control puede mejorar el rendimiento laboral, permitiendo un seguimiento más preciso y una mejor toma de decisiones. Las cartas balance permiten identificar desviaciones y aplicar correcciones oportunas. Este análisis busca evidenciar mejoras en eficiencia y tiempos de ejecución. Los resultados pretenden demostrar la utilidad de esta metodología en la gestión de obras de construcción.



**Tabla 23**

*Trabajo productivo losas.*

<b>TRABAJO PRODUCTIVO</b>	
<b>N.1</b>	Colocaciones de barrotes
<b>N.2</b>	Colocaciones de largueros
<b>N.3</b>	Colocaciones de planchas o tablones
<b>N.4</b>	Colocaciones de accesorios
<b>N.5</b>	Colocaciones de alineadores
<b>N.6</b>	Colocaciones de puntales

El trabajo productivo en el encofrado de losas implica realizar con las manos el trabajo de campo, colocando barrotes, largueros, tablones, herrajes, alineadores y puntales. Estas acciones impactan en el progreso físico de la obra. Su adecuada planificación y ejecución son determinantes para mejorar la eficiencia de la mano de obra.

**Tabla 24**

*Trabajo contributivo losas.*

<b>TRABAJO CONTRIBUTORIO</b>	
<b>N.11</b>	Retiros de los accesorios
<b>N.12</b>	Recibir/dar instrucciones
<b>N.13</b>	Retiros de los alineadores
<b>N.14</b>	Transportes de materiales
<b>N.15</b>	Retiros de planchas o tablones
<b>N.16</b>	Recepción de los materiales.
<b>N.17</b>	Retiros de los barrotes
<b>N.18</b>	Retiros de los largueros
<b>N.19</b>	Limpieza
<b>N.20</b>	Lecturas de planos

El trabajo no contributivo en encofrado de losas incluye las actividades que no contribuyen al progreso, como viajes improductivos, esperas, retrabajos y tiempos muertos. Estas acciones implican pérdidas de tiempo y dinero en la obra. Identificarlas y reducirlas es fundamental para hacer más eficiente el proceso constructivo.

**Tabla 25***Trabajo No contributivo losas.*

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
N.21	Viajes improductivos
N.22	Esperas
N.23	Trabajos rehechos
N.24	Tiempos de ocioso

El trabajo no contributivo en el encofrado de losas involucra desplazamientos sin valor agregado, esperas, retrabajos y tiempos ociosos. Estas actividades son consideradas como ineficiencias en el proceso constructivo. Su control permite optimizar la productividad y minimizar costos en obra.

**OBRA 1.**

La aplicación de la carta balance se realizó a horas 9:00 pm – 09:30 am.

**Tabla 26***Personales de la Obra 1.*

DESCRIP.	CARGO	Nombre y Apellidos
<b>OBRERO 1</b>	Operario	JUAN LOPEZ IQUISE
<b>OBRERO 2</b>	Operario	VIDAL OROZCO HUANCA
<b>OBRERO 3</b>	Capataz	EDGAR HUAMANI APAZA
<b>OBRERO 4</b>	Capataz	NILSON CHURATA QUISPE
<b>OBRERO 5</b>	Peón	ELIAS TURPO HUANCA
<b>OBRERO 6</b>	Peón	JEAN LIPE GOMEZ

El equipo de la Obra 1 estaba integrado por obreros, capataces y peones, con funciones específicas para agilizar el proceso de encofrado. La carta balance se administró de 9:00 a 9:30 pm; se pudo tomar el registro del rendimiento del personal. Estos datos sirven para analizar el rendimiento y la asignación de tareas en obra.

**Tabla 27**

*Carta Balance del encofrado de losas (Obra 1).*

Tiempo (min)	OBRERO					
	1	2	3	4	5	6
1	2	23	3	1	3	1
2	2	23	3	1	3	1
3	1	22	3	16	3	16
4	1	16	2	16	2	16
5	12	16	2	16	2	16
6	18	1	11	16	11	16
7	6	23	11	1	11	1
8	6	23	1	1	1	1
9	16	22	1	17	1	17
10	14	22	14	22	14	1
11	14	1	14	24	14	24
12	17	20	14	22	14	1
13	3	20	14	22	14	1
14	5	2	12	2	12	2
15	7	2	12	15	12	15
16	24	2	15	18	15	18
17	6	17	15	18	15	18
18	20	17	15	18	15	18
19	20	17	21	21	1	3
20	20	19	21	22	1	3
21	16	19	24	22	1	3
22	1	19	24	22	1	3
23	1	22	2	22	2	3
24	1	21	2	22	2	3
25	3	15	2	12	2	24
26	3	15	2	12	2	21
27	4	19	6	15	6	22
28	4	19	6	15	6	22
29	23	14	24	22	6	22
30	23	14	24	3	6	24

La carta balance del encofrado de losas (Obra 1) lleva el control del tiempo que cada trabajador dedica a actividades productivas, contributivas y no contributivas en intervalos de un minuto. La codificación hace posible reconocer y medir eficiencias y pérdidas operativas. El análisis permite identificar tiempos muertos y retrabajos, claves para la optimización de procesos. Esta aplicación organiza el control de la mano de obra y optimiza la planificación de la construcción. Su utilización permite aumentar la productividad y disminuir los costos en obra.

**Tabla 28**

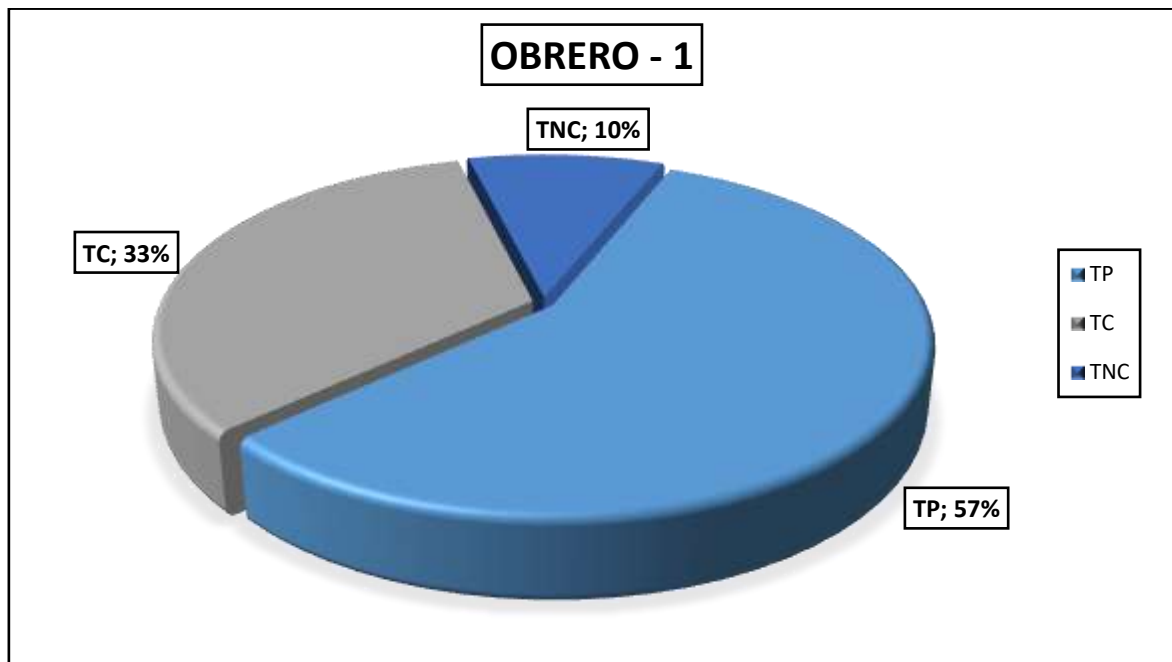
*Trabajos de encofrado de losas (Obra 1).*

Descrip.	O - 1	O - 2	O - 3	O - 4	O - 5	O - 6
TP	17	5	13	6	19	14
TC	10	16	11	13	11	9
TNC	3	9	6	11	0	7

Se muestra la distribución del tiempo en minutos que cada obrero dedicó a actividades productivas, contributivas y no contributivas en el encofrado de losas (Obra 1). Se evidencian variaciones individuales en la ejecución, las cuales impactan en la eficiencia global del proceso.

**Figura 21**

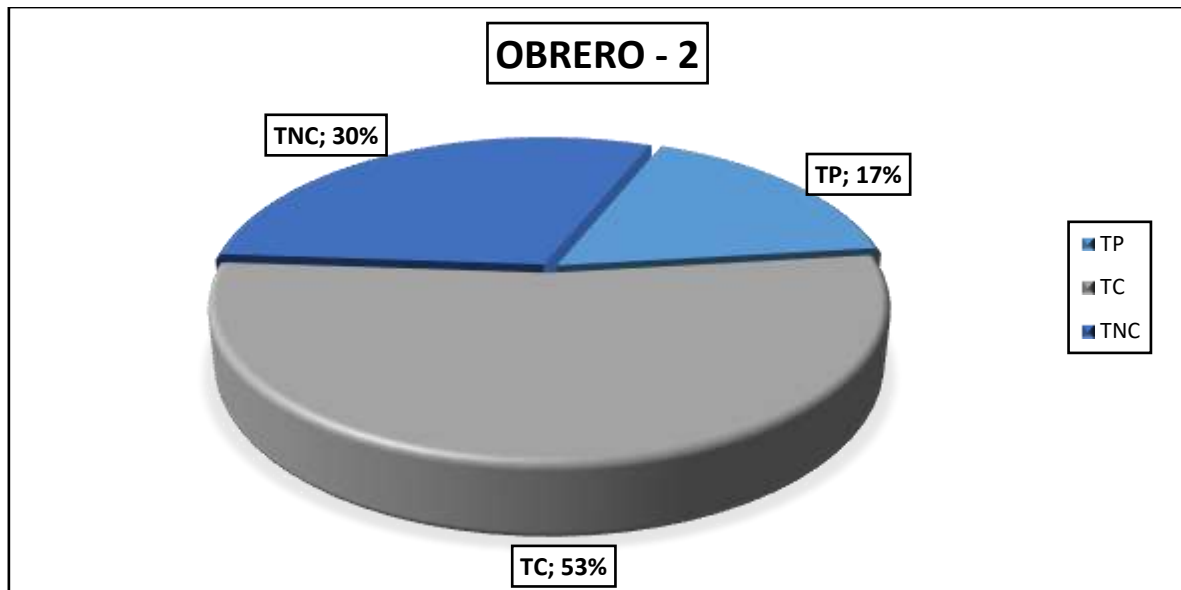
*Trabajos realizado del obrero 1, encofrado losas (Obra 1).*



El obrero 1 dedicó el 57 % de su tiempo a trabajo productivo, 33 % a actividades contributivas y 10 % a no contributivas durante el encofrado de losas. Esta distribución refleja un desempeño eficiente y equilibrado.

**Figura 22**

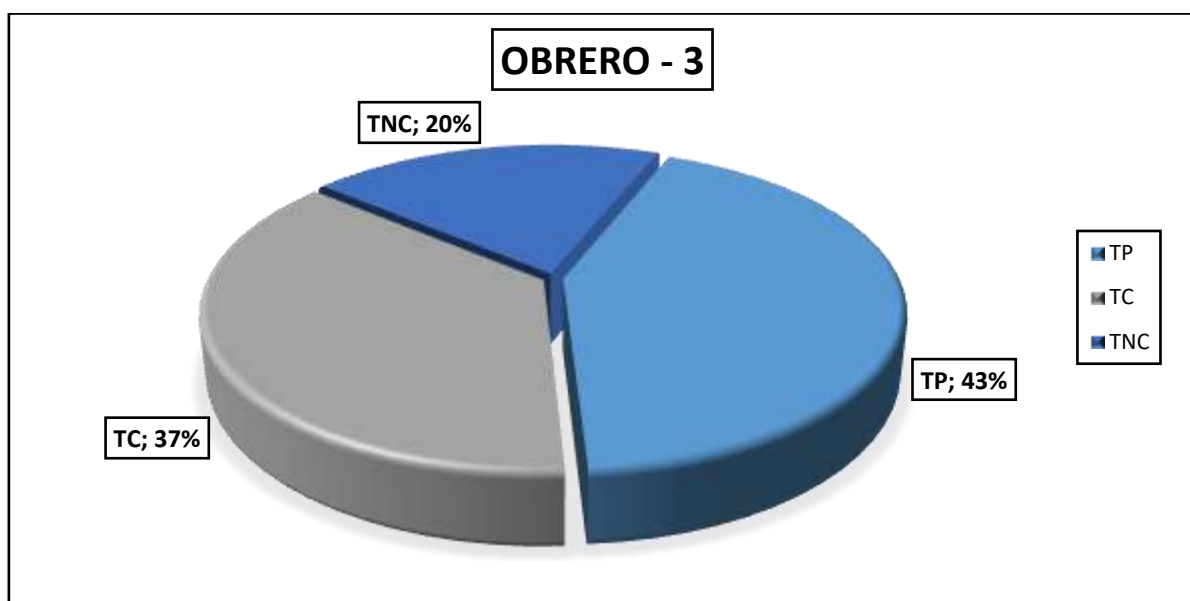
*Trabajos realizado del obrero 2, encofrado losas (Obra 1).*



El obrero 2 dedicó el 53 % de su tiempo a tareas contributivas, 30 % a no contributivas y solo 17 % a productivas.

**Figura 23**

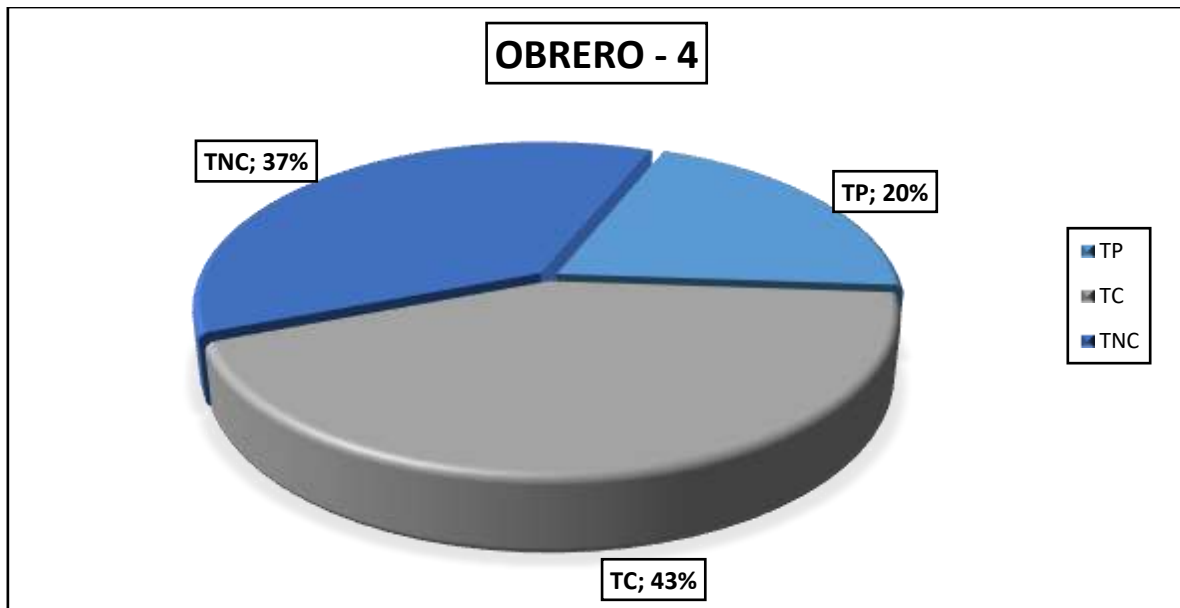
*Trabajos realizado del obrero 3, encofrado losas (Obra 1).*



El obrero 3 destinó el 43 % de su tiempo a trabajo productivo, 37 % a contributivo y 20 % a no contributivo.

**Figura 24**

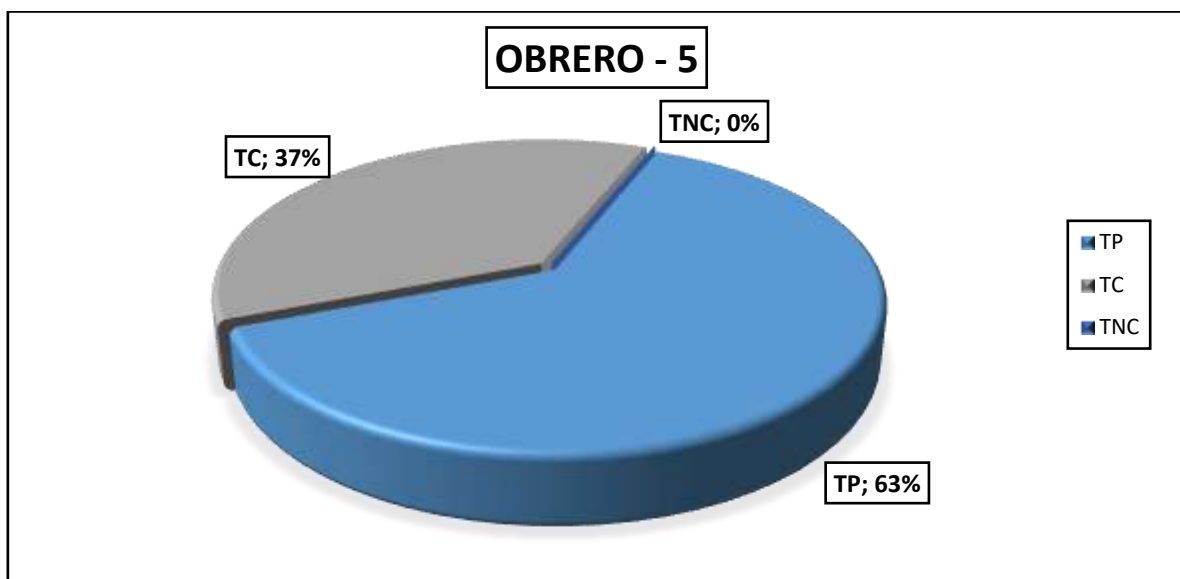
*Trabajos realizado del obrero 4, encofrado losas (Obra 1).*



El obrero 4 dedicó el 43 % de su tiempo a tareas contributivas, 37 % a no contributivas y solo 20 % a productivas.

**Figura 25**

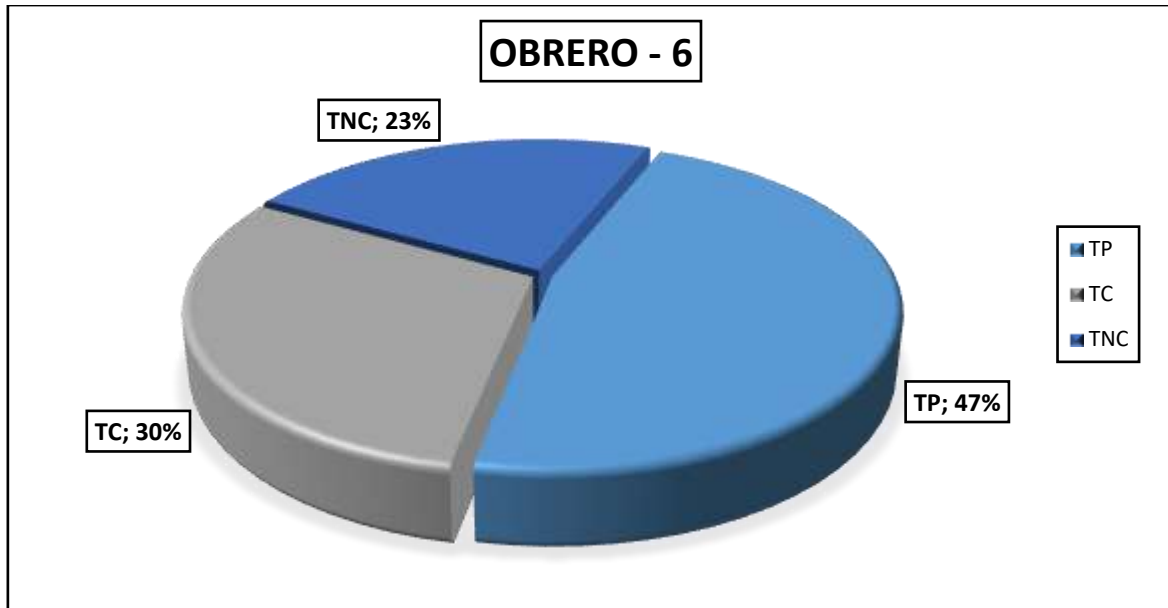
*Trabajos realizado del obrero 5, encofrado losas (Obra 1).*



El obrero 5 dedicó un 63 % de su tiempo a trabajo productivo y un 37 % a contributivo, sin registrar tiempos no contributivos.

**Figura 26**

*Trabajos realizado del obrero 6, encofrado losas (Obra 1).*



El obrero 6 destinó el 47 % de su tiempo a trabajo productivo, 30 % a contributivo y 23 % a no contributivo.

**OBRA 2.**

La aplicación de la carta balance se realizó a horas 1:00 pm – 01:30 am.

**Tabla 29**

*Personales de la Obra 2.*

DESCRIP.	CARGO	Nombre y Apellidos
<b>OBRERO 1</b>	Operario	VICENTE QUISPE PEREZ
<b>OBRERO 2</b>	Operario	MIGUEL PEREZ MAMANI
<b>OBRERO 3</b>	Capataz	FELIX TORRES HUAMAN
<b>OBRERO 4</b>	Capataz	JOEL CHURATA MENDOZA
<b>OBRERO 5</b>	Peón	EDU MAMANI SILLO
<b>OBRERO 6</b>	Peón	PEDRO TORRES INCAHUANACO

El equipo de la Obra 2 estuvo conformado por operarios, capataces y peones con roles específicos en el encofrado. La carta balance se aplicó entre la 1:00 y 1:30 p.m., registrando las actividades del personal.

**Tabla 30**

*Carta Balance del encofrado de losas (Obra 2).*

Tiempo (min)	OBRERO					
	1	2	3	4	5	6
1	1	23	3	1	1	23
2	1	23	3	1	1	23
3	1	22	3	16	1	22
4	1	16	2	16	12	16
5	12	16	2	16	12	16
6	18	1	11	16	18	1
7	6	23	11	1	6	1
8	6	23	1	1	6	23
9	21	1	1	17	21	1
10	14	1	14	1	14	1
11	14	1	14	24	14	1
12	17	20	14	1	17	20
13	3	20	14	1	3	20
14	5	22	2	2	5	2
15	7	22	4	15	7	2
16	24	22	4	18	24	2
17	6	17	15	18	6	17
18	20	17	15	18	4	17
19	20	17	21	21	4	17
20	20	19	21	3	4	19
21	16	19	24	3	4	19
22	1	19	24	3	1	19
23	1	22	2	3	1	18
24	1	21	2	3	1	20
25	22	15	2	12	3	21
26	22	15	2	12	3	21
27	4	19	6	15	4	15
28	4	19	6	15	4	15
29	23	14	24	22	23	24
30	23	14	24	3	23	24

La carta balance del encofrado de losas (Obra 2) registra, minuto a minuto, las actividades de cada obrero, diferenciando trabajos productivos, contributivos y no contributivos mediante códigos y colores. Este registro detallado permite identificar con precisión períodos de actividad y de inactividad. El análisis facilita la detección de ineficiencias, retrabajos y tiempos muertos. Además, posibilita una mejor planificación y asignación de tareas. Su uso es fundamental para optimizar la productividad y reducir costos en proyectos de construcción.

**Tabla 31**

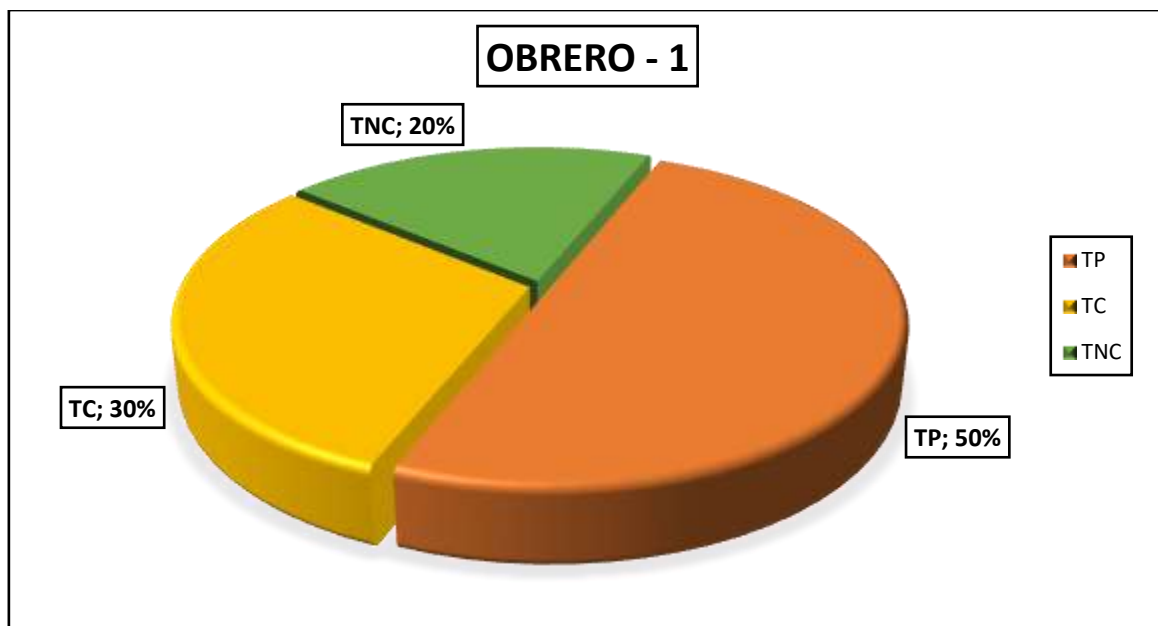
*Trabajos de encofrado de losas (Obra 2).*

Descrip.	O - 1	O - 2	O - 3	O - 4	O - 5	O - 6
TP	15	4	16	14	20	8
TC	9	16	8	13	6	14
TNC	6	10	6	3	4	8

Se muestra el tiempo en minutos dedicado por cada obrero a trabajos productivos, contributivos y no contributivos durante el encofrado de losas en la Obra 2. Se observan variaciones individuales en la ejecución de tareas, lo que impacta la eficiencia operativa.

**Figura 27**

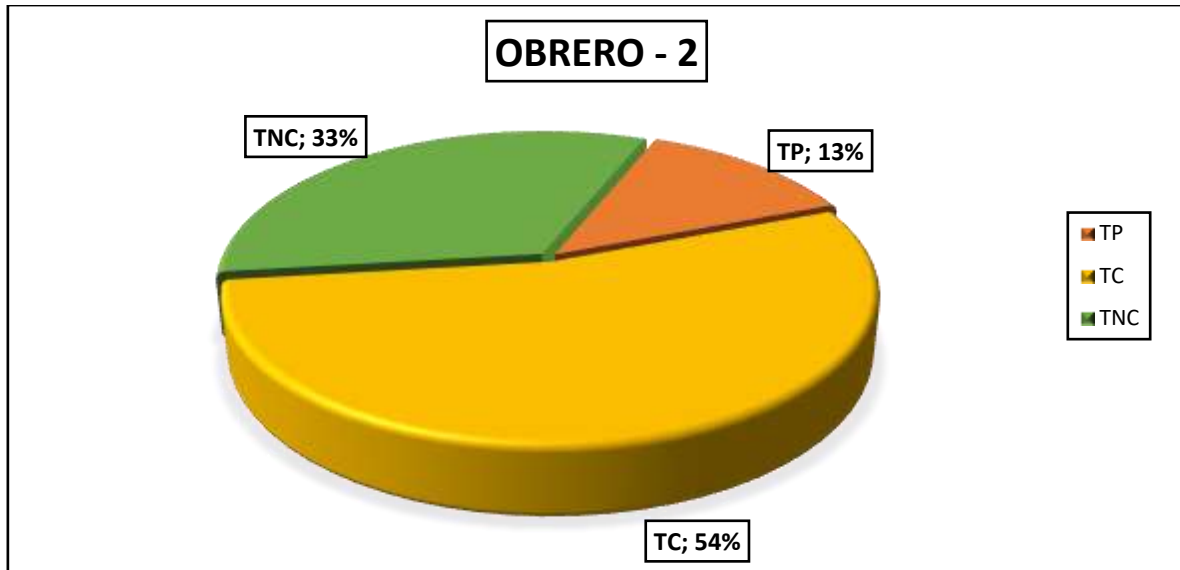
*Trabajos realizado del obrero 1, encofrado losas (Obra 2).*



El obrero 1 destinó el 50 % de su tiempo a trabajo productivo, 30 % a contributivo y 20 % a no contributivo durante el encofrado de losas. Esta distribución refleja un desempeño equilibrado con un aporte significativo a la producción. La información es útil para evaluar y mejorar la gestión del recurso humano en obra.

**Figura 28**

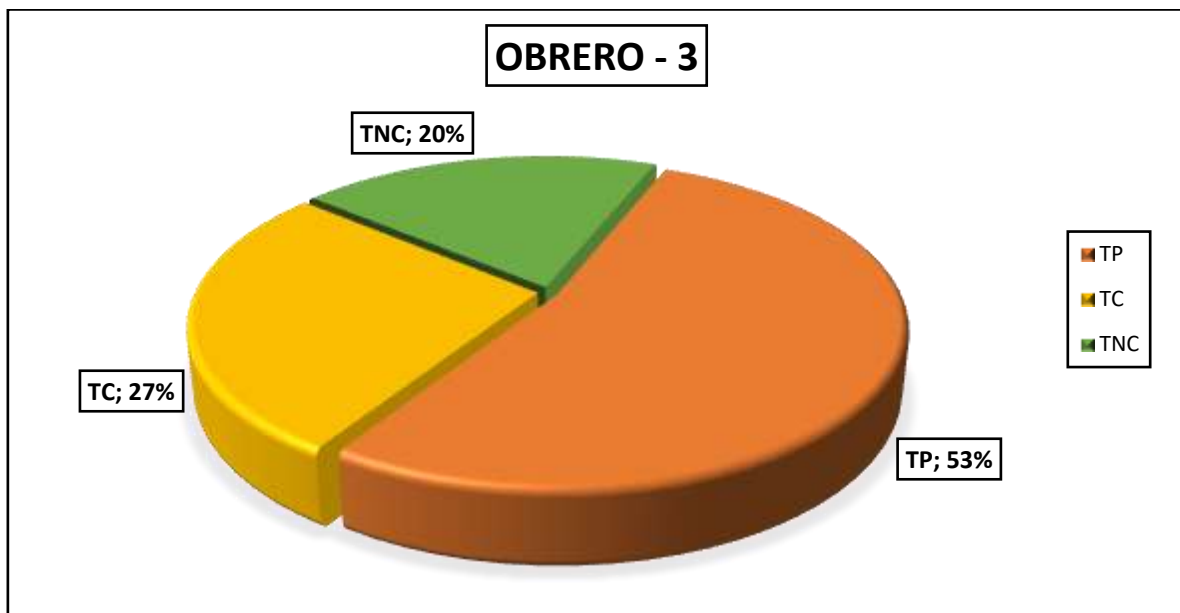
*Trabajos realizado del obrero 2, encofrado losas (Obra 2).*



El obrero 2 destinó el 54 % de su tiempo a tareas contributivas, 33 % a no contributivas y solo 13 % a productivas.

**Figura 29**

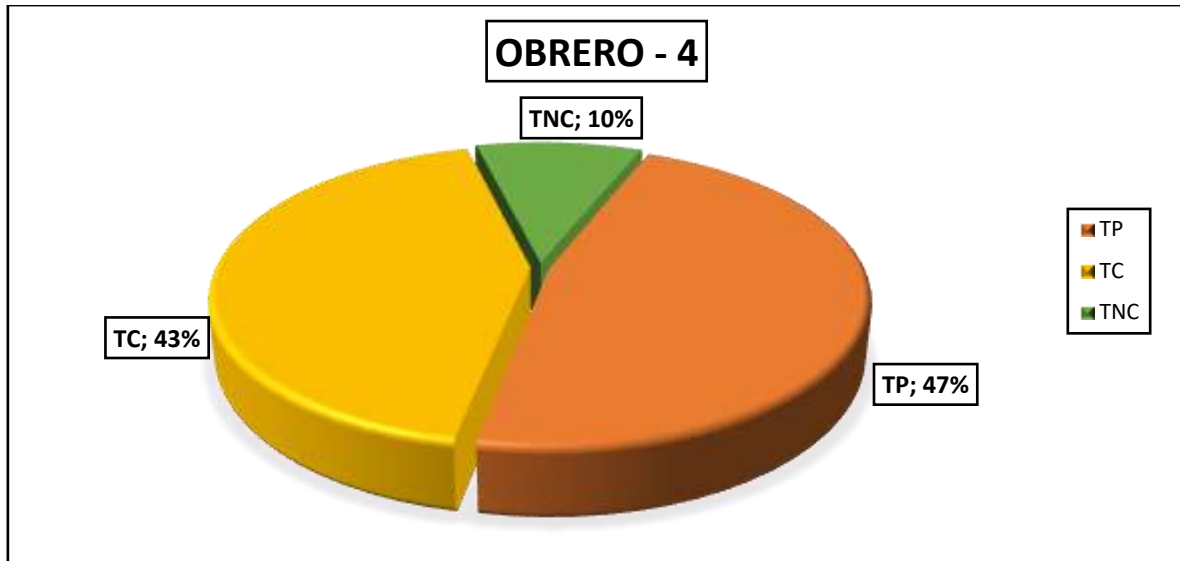
*Trabajos realizado del obrero 3, encofrado losas (Obra 2).*



El gráfico indica que el obrero 3 dedicó el 53 % de su tiempo a trabajo productivo, 27 % a contributivo y 20 % a no contributivo.

**Figura 30**

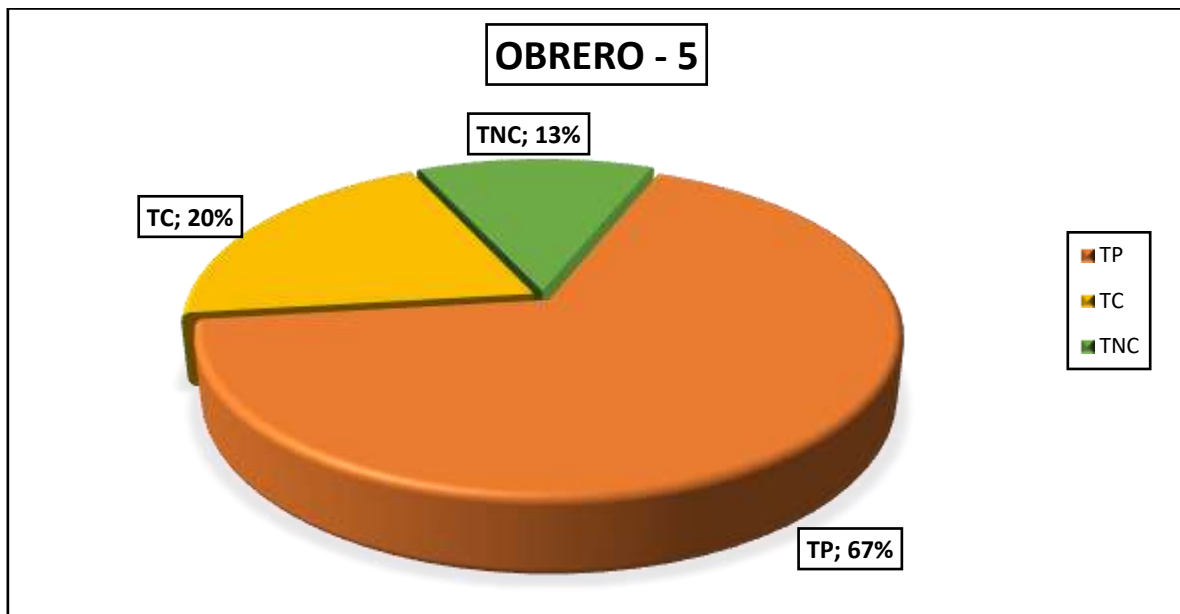
*Trabajos realizado del obrero 4, encofrado losas (Obra 2).*



El obrero 4 destinó el 47 % de su tiempo a trabajos productivos, 43 % a contributivos y 10 % a no contributivos.

**Figura 31**

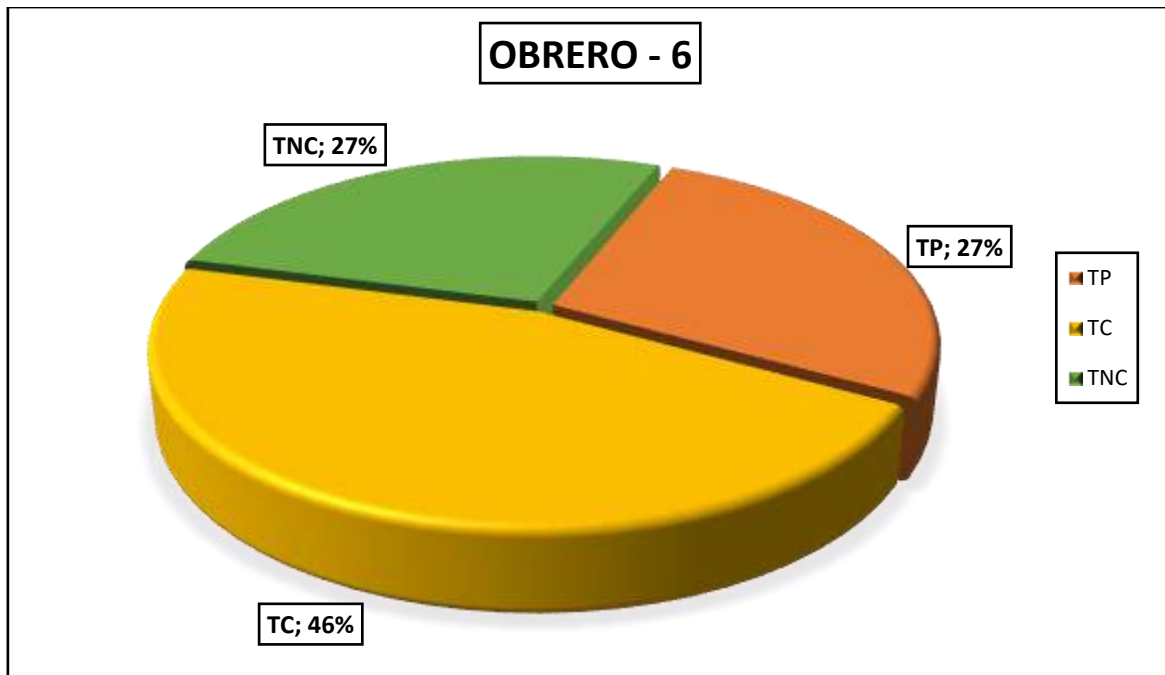
*Trabajos realizado del obrero 5, encofrado losas (Obra 2).*



El obrero 5 dedicó el 67 % de su tiempo a trabajo productivo, 20 % a contributivo y 13 % a no contributivo.

**Figura 32**

*Trabajos realizado del obrero 6, encofrado losas (Obra 2).*



El obrero 6 destinó el 46 % de su tiempo a tareas contributivas, 27 % a no contributivas y 27 % a productivas.

**Tabla 32**

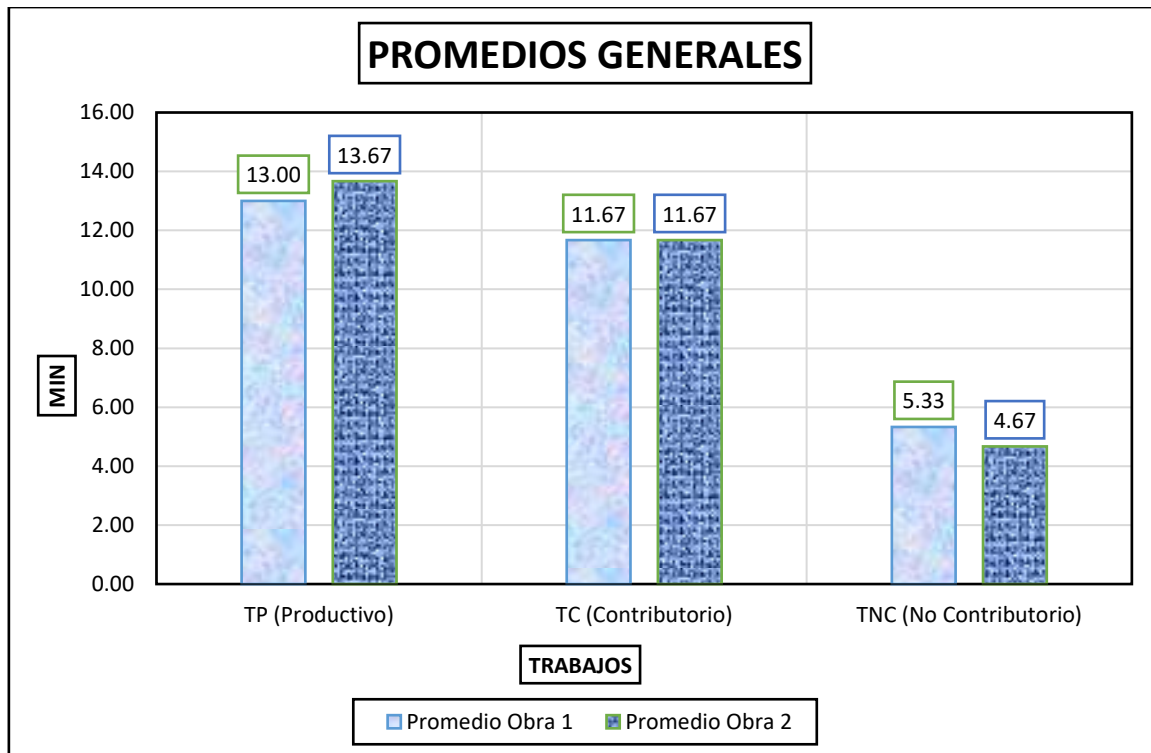
*Promedios generales por tipo de trabajo, en encofrados de losas.*

Tipo de Trabajo	Promedio Obra 1	Promedio Obra 2
TP (Productivo)	12.33	12.83
TC (Contributorio)	11.67	11.83
TNC (No Contributorio)	6.00	6.17

Se muestra los promedios generales de tiempos dedicados a trabajos productivos, contributivos y no contributivos en el encofrado de losas para dos obras. Se observa un ligero aumento en el trabajo productivo en la Obra 2, indicando mayor eficiencia. Los valores de trabajos contributivos y no contributivos son similares en ambas obras, reflejando una estabilidad en las tareas de apoyo y pérdidas operativas.

Figura 33

Promedios por tipos de trabajos, en encofrados de losas.



La presente sección examina el impacto de la implementación de cartas balance en el rendimiento de la mano de obra durante la ejecución de la partida de encofrado de losas. Esta herramienta de control permite monitorear y ajustar de manera eficiente el desempeño laboral, facilitando la identificación de desviaciones y la toma de decisiones oportunas. Se busca evaluar cómo su aplicación puede optimizar la productividad, reducir tiempos y mejorar la gestión en obra. Los resultados aportarán evidencia sobre la efectividad de las cartas balance como un instrumento para mejorar los procesos constructivos.

#### 4.1.4 Resultados sobre la variación del rendimiento de mano de obra de manera convencional y con la aplicación de cartas balance.

##### Comparación del rendimiento en encofrado de vigas

Se muestran los promedios de tiempos (en minutos y porcentaje) dedicados a cada tipo de actividad bajo ambos métodos y en ambas obras.

Tabla 33

*Rendimiento en encofrado de vigas - método convencional vs. carta balance.*

Tipo de trabajo	Convencional Obra 1	Convencional Obra 2	Carta Balance Obra 1	Carta Balance Obra 2
<b>Trabajo Productivo</b>	8.6 min (28.7%)	7.4 min (24.7%)	13.0 min (43.3%)	13.7 min (45.7%)
<b>Trabajo Contributivo</b>	10.0 min (33.3%)	11.2 min (37.3%)	11.7 min (39.0%)	11.7 min (39.0%)
<b>Trabajo No Contributivo</b>	11.4 min (38.0%)	11.4 min (38.0%)	5.3 min (17.7%)	4.7 min (15.7%)

La implementación de cartas balance incrementa el trabajo productivo entre 47 % y 56 %, mejorando el avance físico en la construcción de vigas. El trabajo contributivo presenta un ligero aumento, reflejando mejor organización y apoyo sin afectar la productividad. Además, el trabajo no contributivo se reduce cerca del 50 %, optimizando la eficiencia general al disminuir tiempos ociosos y esperas.

### 3. Comparación del rendimiento en encofrado de losas

Se presenta una tabla similar para la partida de encofrado de losas, destacando mejoras y cambios en las actividades laborales.

Tabla 34

*Rendimiento en encofrado de losas - método convencional vs. carta balance.*

Tipo de trabajo	Convencional Obra 1	Convencional Obra 2	Carta Balance Obra 1	Carta Balance Obra 2
<b>Trabajo Productivo</b>	7.6 min (25.3%)	6.6 min (22.0%)	12.3 min (41.0%)	12.8 min (42.7%)
<b>Trabajo Contributivo</b>	10.8 min (36.0%)	11.8 min (39.3%)	11.7 min (39.0%)	11.8 min (39.3%)
<b>Trabajo No Contributivo</b>	11.6 min (38.7%)	11.8 min (39.3%)	6.0 min (20.0%)	6.2 min (20.7%)

La implementación de cartas balance en encofrado de losas incrementa el trabajo productivo entre 64 % y 94 %, mejorando significativamente el avance físico. Las

actividades contributivas se mantienen estables, asegurando soporte eficiente sin afectar la productividad. El trabajo no contributivo se reduce a la mitad, optimizando la gestión del recurso humano.

## RESUMEN GENERAL Y TENDENCIAS OBSERVADAS

**Tabla 35**

*Resumen promedio del rendimiento.*

Tipo de trabajo	Método Convencional (Promedio)	Carta Balance (Promedio)	Diferencia (min)	Mejora relativa (%)
<b>Trabajo Productivo</b>	7.9 min (26.3%)	12.7 min (42.3%)	+4.8 min	+61%
<b>Trabajo Contributivo</b>	10.9 min (36.5%)	11.7 min (39.2%)	+0.8 min	+7.3%
<b>Trabajo No Contributivo</b>	11.3 min (37.2%)	5.5 min (18.3%)	-5.8 min	-51%

Se presenta el resumen del rendimiento promedio comparando el método convencional y la carta balance. El trabajo productivo aumenta un 61 %, mejorando significativamente el avance físico, mientras que el trabajo contributivo crece ligeramente un 7.3 %. El trabajo no contributivo se reduce en un 51 %, optimizando la eficiencia operativa y disminuyendo tiempos improductivos.

**Tabla 36**

*Comparación de los porcentajes de rendimiento y productividad de mano de obra.*

	Trabajo Productivo (%)	Trabajo Contributivo (%)	Trabajo No Contributivo (%)
<b>CAPECO</b>	26.3	36.5	37.2
<b>Tesis</b>	42.3	39.2	18.3



- El trabajo productivo en tu tesis es significativamente mayor (42.3%) en comparación con el estándar CAPECO (26.3%), mostrando una mejora en la eficiencia.
- El trabajo no contributivo disminuye notablemente respecto al CAPECO (18.3% vs 37.2%), lo cual indica una reducción importante de actividades improductivas.
- El trabajo contributivo también muestra un ligero aumento, reflejando un mejor desempeño en el uso del tiempo de mano de obra.

#### 4.2 Discusión de resultados.

El análisis del rendimiento de la mano de obra en las partidas de encofrado de vigas y losas evidencia una problemática recurrente en la industria de la construcción, reflejada en bajos porcentajes de trabajo productivo y elevados tiempos dedicados a actividades contributivas y no contributivas bajo el método convencional. En ambas obras estudiadas, el trabajo productivo en vigas y losas no supera el 30 %, mientras que el trabajo contributivo y no contributivo suma más del 70 %, con un tiempo no contributivo constante cercano al 38 %. Esta realidad pone en evidencia las ineficiencias inherentes a los métodos tradicionales, donde la planificación insuficiente, la falta de control riguroso y la ausencia de estrategias para eliminar desperdicios limitan el avance físico y la optimización de recursos. Estos resultados son consistentes con los hallazgos reportados por Moscairo Valdivia (2019), quienes identificaron una productividad reducida en proyectos de saneamiento básico rural debido a deficiencias en la planificación y control durante la ejecución, y con Pinto et al. (2024), que señalaron altos porcentajes de trabajo no productivo en proyectos hospitalarios de la región de Puno.

Al desglosar los datos entre las dos obras, se observa que la Obra 2 presenta una menor proporción de trabajo productivo y un aumento en el contributivo, lo que indica una mayor dedicación a tareas auxiliares que, aunque necesarias, no contribuyen directamente al avance físico. Esta situación puede deberse a problemas logísticos, comunicación deficiente o asignación inadecuada de recursos, factores también reportados por Montañez



Flores (2023) en proyectos de redes de distribución de agua potable. La acumulación de tareas contributivas y no contributivas genera cuellos de botella que ralentizan la ejecución y provocan sobregastos, afectando la calidad y los tiempos previstos de los proyectos.

La implementación de cartas balance como herramienta de control y seguimiento en las partidas de encofrado mostró un impacto positivo sustancial. Los resultados muestran un aumento de la mano de obra productiva entre un 47 % y un 94 % según la partida y obra, y una disminución de casi el 50 % en el tiempo no productivo. Esta mejora radical valida la capacidad de las cartas balance para detectar y eliminar pérdidas de tiempo, con un seguimiento preciso y en tiempo real del rendimiento de la mano de obra. La optimización del flujo y la eliminación de tiempos muertos resultan en un progreso físico más eficiente, en línea con los principios de Lean Construction de maximizar el valor y minimizar el desperdicio (Pinto et al., 2024; Machaca, 2024).

El incremento leve de trabajo contributivo al implementar cartas balance, que pareciera ser contradictorio, demuestra que se está gestionando mejor el soporte operativo, planificando y supervisando con mayor rigor para permitir que el flujo de trabajo sea ordenado y continuo. Esta redistribución de tiempo ayuda a que el trabajo productivo no se interrumpa y así asegurar un proceso constructivo continuo. Montañez Flores (2023) señala que la mejora en la planificación y control a través de sistemas como Last Planner® permite mejorar la ejecución y disminuir sobrecostos en obra.

La caída drástica del trabajo no contributivo se traduce en una gran reducción de esperas, viajes improductivos, retrabajos y tiempos muertos. Este cambio es fundamental para hacer más eficiente la gestión y el uso de los recursos humanos y materiales, determinante para la sostenibilidad y rentabilidad de los proyectos constructivos, más aún en contextos regionales con restricciones presupuestarias y temporales (Machaca Mamani, 2024). La disminución de estas pérdidas también influye en la motivación y el rendimiento del personal, al evitar frustraciones y distracciones por ineficiencias.



Al contrastar estos resultados con estudios anteriores, se puede verificar que el uso de instrumentos y metodologías fundamentadas en Lean Construction no solo eleva la productividad, sino que genera una cultura de mejora continua y gestión. Pinto et al. (2024) señalan la utilidad del ciclo de Deming para aumentar el tiempo productivo en proyectos hospitalarios en Puno, mientras que Moscairo Chura & Valdivia Daza (2019) evidenciaron cómo el uso de Last Planner® en proyectos de saneamiento mejoró la productividad y redujo los plazos. De la misma manera, Machaca Mamani (2024) encontró mejoras significativas en la operatividad y eficiencia a través de la implementación de cartas balance y 5S en una constructora local.

En resumen, los resultados confirman que la falta de planificación y control en las formas tradicionales de trabajo crea altos niveles de actividades sin valor añadido, perjudicando la productividad y la eficiencia.



## CONCLUSIONES

**General.** Se concluye que la aplicación de cartas balance influye positivamente en el rendimiento de la mano de obra en partidas de encofrado de vigas y losas en edificaciones, incrementando significativamente el tiempo dedicado a actividades productivas y reduciendo considerablemente los tiempos improductivos, lo que mejora la eficiencia operativa y el avance físico de las obras.

**Primera,** Se identificó que, bajo el método convencional, el trabajo productivo en vigas y losas oscila entre 22 % y 29 %, mientras que las actividades contributivas y no contributivas suman más del 70 %, reflejando una baja eficiencia en el uso del tiempo laboral y pérdidas operativas significativas.

**Segunda,** La implementación de cartas balance aumentó el trabajo productivo en encofrado de vigas entre 47 % y 56 %, con un leve incremento en el trabajo contributivo y una reducción aproximada del 50 % en trabajo no contributivo, optimizando la organización y la eficiencia del recurso humano.

**Tercera,** La aplicación de cartas balance en encofrado de losas permitió aumentar el trabajo productivo entre 64 % y 94 %, manteniendo estables las actividades contributivas y reduciendo a la mitad el trabajo no contributivo, mejorando sustancialmente la gestión del tiempo y la productividad.

**Cuarta.** La comparación mostró una mejora promedio del 61 % en el trabajo productivo y una reducción del 51 % en el trabajo no contributivo al aplicar cartas balance, confirmando su efectividad para elevar el rendimiento laboral y optimizar los procesos en partidas de encofrado.



## RECOMENDACIONES

**Primera.** Se recomienda a los futuros investigadores, tomando como referencia los trabajos de Ballard (fundador de la metodología Lean Construction), ampliar los estudios sobre la aplicación de cartas balance en distintas partidas y regiones para validar su efectividad. Además, se sugiere explorar su integración con otras metodologías Lean y tecnologías digitales, siguiendo las líneas propuestas por Ballard y Howell.

**Segundo,** Se sugiere a los investigadores hacer estudios comparativos en otras partidas constructivas claves no analizadas en esta investigación, ampliando la muestra a diferentes tipos de obras y estructuras existentes en la región. Esto podrá determinar con exactitud qué es lo que influye en la productividad de la mano de obra y las razones específicas de las ineficiencias, proporcionando información para la toma de decisiones en la administración de la producción en la construcción.

**Tercera,** Se recomienda que se estudie la integración de cartas balance con otras herramientas Lean Construction, como el Last Planner System o técnicas VSM, para mejorar aún más la productividad y disminuir pérdidas en la ejecución de vigas.

**Cuarta,** Se sugiere investigar la utilización de cartas balance en encofrados de losas con distintos sistemas constructivos o materiales alternativos, para verificar su adaptabilidad y rendimiento en condiciones técnicas y tecnológicas variables.

**Quinta.** Se sugiere hacer estudios longitudinales que sigan el rendimiento de la mano de obra con cartas balance durante todo el ciclo de vida del proyecto para confirmar su impacto a largo plazo y descubrir oportunidades de mejora en la gestión y cultura organizacional.



## REFERENCIAS

- Al-Sweilem, S., & Al-Tahat, M. (2020). Application of Line of Balance (LOB) for effective management of construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(10), 04020098. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001867](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001867)
- Astopilco Valiente, A. J. (2023). Rendimiento y productividad de la mano de obra en la ejecución de proyectos de canales de riego, utilizando cartas balance, Cajamarca, 2018. Universidad Nacional de Cajamarca. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/7349>
- Buendía Panche, J. C. (2024). Influencia de la implementación de cartas balance en el índice de productividad en las partidas de encofrado y concreto en la construcción del reservorio Crusmocco, Oropesa—2023. <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/1482>
- Caldart, A., & Scheer, A. (2022). Models for improving labor productivity in construction projects: A systematic review. *International Journal of Construction Management*, 22(3), 215-230. <https://doi.org/10.1080/15623599.2021.1892365>
- CAPECO (2024). Manual de producción y rendimiento de mano de obra en construcción. Cámara Peruana de la Construcción.
- Castillo, A., & Rodríguez, M. (2021). Line of Balance method to improve labor productivity in construction projects. *Automation in Construction*, 123, 103472. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103472>
- Cotrina Falera, H. M. (2021). Evaluación del rendimiento de mano de obra real en los servicios de mantenimiento vial rutinario de los caminos vecinales en la provincia de Pachitea Huánuco-2019. Universidad de Huánuco. <https://repositorio.udh.edu.pe/xmlui/handle/123456789/3034>



- Dixit, M. K. (2019). Evaluating the impact of labor productivity on construction project performance. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(4), 04019008. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001607](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001607)
- Feng, Z., Zhao, X., & Liu, Y. (2022). Planning and control of labor productivity using balance charts in construction projects. *Automation in Construction*, 132, 103967. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103967>
- García Ortiz, R. (2023). Análisis de la productividad y factores que afectan el rendimiento en la construcción en Perú. *Revista Peruana de Ingeniería Civil*, 15(1), 45-58.
- Gómez, J., & Pérez, M. (2021). Impacto del encofrado en la construcción de estructuras de concreto: Un estudio comparativo. *Journal of Civil Engineering*, 15(3), 45-60.
- Gómez, J., & Torres, M. (2019). Gestión de proyectos en la construcción: Optimización del tiempo y recursos mediante herramientas visuales. *Journal of Construction Management*, 17(2), 34-49.
- Gonzales Gaspar, S. S. (2024). Índice de productividad de la mano de obra a través de lean construction "carta balance" en la obra de la carretera Oyón – Ambo, departamento de Huánuco, año 2023. Universidad de Huánuco. <https://repositorio.udh.edu.pe/xmlui/handle/20.500.14257/5198>
- González, F. (2021). Materiales en la construcción de encofrados: Una revisión actualizada. *Revista de Construcción y Diseño*, 18(2), 112-125.
- Huamán Catalán, J. M. (2022). Evaluación del rendimiento de mano de obra en partidas estructurales en obras de edificación [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio UNI. <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/UNI/xxxxx>
- Kamaruddin, S., & Shafie, A. (2019). Enhancement of construction productivity with Line of Balance scheduling: A case study. *International Journal of Project Management*, 37(8), 1072-1080. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2019.06.001>
- Leicht, R., Sánchez, P., & Torres, L. (2020). Labor management and productivity optimization in international construction. *Journal of Building Engineering*, 30, 101266. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101266>



- Liao, C., & Zhang, C. (2021). Optimization of construction scheduling and labor productivity with Line of Balance. *International Journal of Construction Management*, 21(5), 371-381. <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1832764>
- Machaca Mamani, J. C. (2024). Análisis de la aplicación de herramientas lean en la operatividad de una empresa Constructora, Juliaca—2023. <https://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/2160>
- Machicao Palaco, B. P. (2023). Carta balance en la evaluación de rendimiento de mano de obra en encofrado [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Puno]. Repositorio institucional UNP. [https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/12981/Carta\\_Balanc\\_e.pdf](https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/12981/Carta_Balanc_e.pdf)
- Medina Zambrano, J. (2023). Productividad laboral en la construcción: Estudio de caso en Lima Metropolitana. *Revista de Ingeniería Civil del Perú*, 19(2), 120-137.
- Molina, L. (2022). Innovaciones en sistemas de encofrado para obras de gran escala. *Construcción Moderna*, 10(1), 78-89.
- Montañez Flores, C. J. (2023). Adaptación de Last Planner® System para la optimización en la ejecución de obra de las redes de distribución de agua potable, Caminaca—Azángaro—Puno. Universidad Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13874>
- Pinto, R. R. C., Mancilla, P. P., Pinto, R. O. C., Vilca, W. R., & Mamani, W. M. H. (2024). Análisis de Productividad en Construcción aplicando Lean Construction basado en rendimientos de Mano de Obra en Proyectos Hospitalarios Nivel I-IV. *Horizonte Académico*, 4(2), Article 2. <https://doi.org/10.70208/3007.8245.v4.n2.43>
- Pérez, C., Sánchez, P., & Rodríguez, A. (2020). El encofrado como factor determinante en la durabilidad de las estructuras de concreto. *Ingeniería de la Construcción*, 22(4), 34-50.
- Pérez, C., Sánchez, P., & Rodríguez, A. (2020). Impacto de las cartas balance en la gestión eficiente de proyectos de construcción. *Ingeniería y Construcción*, 18(3), 112-124.



- Ríos, T., & Martínez, J. (2021). Mejorando la ejecución de proyectos de construcción con el uso de cartas balance. *Revista de Gestión de Proyectos*, 25(4), 87-101.
- Sánchez, T. (2020). El proceso de encofrado en la edificación moderna. *Revista Técnica de Ingeniería*, 24(3), 120-133.
- Shehata, M., & El-Gohary, K. (2019). Impacts of labor productivity on project scheduling: International insights. *International Journal of Project Management*, 37(5), 612-622. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2019.02.004>
- Tapia Huertas, F. (2024). Análisis del rendimiento de la mano de obra en proyectos de construcción en Puno. *Revista Científica de Ingeniería*, 28(1), 58-73.
- Zhang, X., & Wang, Z. (2020). Implementing Line of Balance scheduling for labor efficiency in high-rise construction. *Construction Management and Economics*, 38(6), 527-537. <https://doi.org/10.1080/01446193.2020.1763985>
- Zorrilla Rosales, A. (2023). Evaluación del rendimiento y productividad de mano de obra en proyectos de construcción en Perú. Universidad Nacional Federico Villarreal. <https://repositorio.unifsc.edu.pe/handle/20.500.14067/7990>
- Zambrano, J. A. M., & Chuquilín, L. F. R. (2024). Rendimiento y productividad de mano de obra en losas aligeradas en la construcción de viviendas en Chota-Cajamarca. *Revista Ciencia Nor@ndina*, 7(2), Article 2. <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2024v7n2p214>



## ANEXOS



ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE CARTAS BALANCE Y SU INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA EN PARTIDAS DE ENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p><b>Problema General:</b> ¿De qué manera la aplicación de cartas balance y su influencia en el rendimiento de mano de obra en partidas de encofrado de vigas y losas en edificaciones en la provincia de Puno 2025?</p>	<p><b>Objetivo General:</b> Analizar la aplicación de cartas balance y su influencia en el rendimiento de mano de obra en partidas de encofrado de vigas y losas en edificaciones en la provincia de Puno 2025.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b> La implementación de cartas balance mejorara significativamente el rendimiento de la mano de obra en las partidas de encofrado de vigas y losas en edificaciones en la provincia de Puno, en comparación con el método convencional.</p>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>Aplicación de cartas balance.</p> <p><b>Dimensiones:</b> - <i>Planificación</i> - <i>Control de actividades.</i></p> <p><b>Variable Dependiente</b></p> <p><i>Rendimiento de la mano de obra.</i></p> <p><b>Dimensiones:</b> - <i>Encofrado de vigas</i> - <i>Encofrado de losas</i></p>	<p>FICHA DE RECOLECCION</p> <p>ANALISIS DE DATOS</p>
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		
<p>¿Cuál es el rendimiento promedio de mano de obra en partidas de encofrado de vigas y losas en edificaciones en la provincia de Puno?</p> <p>¿Cuál es el efecto de la aplicación de cartas balance en el rendimiento de la mano de obra en la partida de encofrado de vigas en edificaciones en la provincia de Puno?</p> <p>¿Cuál es la influencia de la aplicación de cartas balance en el rendimiento de la mano de obra en la partida de encofrado de losas aligeradas en edificaciones en la provincia de Puno?</p> <p>¿Cuál es la variación del rendimiento de mano de obra de manera convencional y con la aplicación de cartas balance en partidas de encofrado de vigas y losas en edificaciones en la provincia de Puno?</p>	<p>Determinar el rendimiento promedio de mano de obra en partidas de encofrado de vigas y losas en edificaciones en la provincia de Puno.</p> <p>Explicar el efecto de la aplicación de cartas balance en el rendimiento de la mano de obra en la partida de encofrado de vigas en edificaciones en la provincia de Puno.</p> <p>Explicar la influencia de la aplicación de cartas balance en el rendimiento de la mano de obra en la partida de encofrado de losas aligeradas en edificaciones en la provincia de Puno.</p> <p>Determinar la variación del rendimiento de mano de obra de manera convencional y con la aplicación de cartas balance en partidas de encofrado de vigas y losas en edificaciones en la provincia de Puno.</p>	<p>La productividad de la mano de obra en encofrado de vigas y losas mediante el método convencional se verá afectada por la falta de coordinación, presencia de tiempos improductivos y una asignación ineficiente de tareas.</p> <p>La implementación de cartas balance en el encofrado de vigas permitirá una mejor distribución del trabajo, reduciendo los tiempos improductivos y optimizando la ejecución de cada actividad.</p> <p>La aplicación de cartas balance en el encofrado de losas aligeradas mejorara la secuencia de trabajo, disminuye tiempos de espera y permite una mayor eficiencia en la ejecución de la partida.</p> <p>La comparación entre el método convencional y el optimizado con cartas balance evidenciará mejoras en la productividad, reducción de tiempos no contributivos y una mayor organización del trabajo en las partidas de encofrado de vigas y losas.</p>		



### MEDICIÓN DEL NIVEL DE ACTIVIDAD

PROYECTO:

SOLICITANTE

<b>PARTIDA:</b>							<b>HORA:</b>	
<b>OBRERO</b>								
<b>Tiempo (min)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>		
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
<b>RESULTADOS:</b>								
<b>TP</b>	0	0	0	0	0	0		
<b>TC</b>	0	0	0	0	0	0		
<b>TNC</b>	0	0	0	0	0	0		
	<b>CARGO</b>	<b>Nombre y Apellidos</b>						
<b>OBRERO 1</b>	Operario							
<b>OBRERO 2</b>	Operario							
<b>OBRERO 3</b>	Capataz							
<b>OBRERO 4</b>	Capataz							
<b>OBRERO 5</b>	Peon							
<b>OBRERO 6</b>	Peon							

TRABAJO PRODUCTIVO	
1	Colocación de barrotes
2	Colocación de largueros
3	Colocación de planchas o tablonés
4	Colocación de accesorios
5	Colocación de alineadores
6	Colocación de puntales
7	
8	
9	
10	

TRABAJO CONTRIBUTIVO	
11	Retiro de accesorios
12	Recibir/dar instrucciones
13	Retiro de alineador
14	Transporte de material
15	Retiro de planchas o tablonés
16	Recepción de materiales.
17	Retiro de barrotes
18	Retiro de largueros
19	Limpieza
20	Lectura de planos

TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	
21	Viaje improductivo
22	Esperas
23	Trabajo rehecho
24	Tiempo ocioso
25	
26	
27	
28	
29	
30	



### MEDICIÓN DEL NIVEL DE ACTIVIDAD

**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE CARTAS BALANCE Y SU INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA EN PARTIDAS DE ENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025

**SOLICITANTE:** Bach. ABRAHAM MAYTA MAMANI

<b>PARTIDA:</b>	<b>ENCOFRADO DE VIGAS OBRA 1</b>					
<b>HORA:</b> 10:00 - 10:30 pm						
	<b>OBRERO</b>					
<b>Tiempo (min)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
1	1	24	24	24	13	24
2	1	24	11	24	13	24
3	12	22	1	22	3	22
4	12	16	1	16	2	16
5	18	16	12	16	2	16
6	6	1	18	1	2	1
7	6	1	12	1	2	1
8	21	1	21	1	1	1
9	14	1	21	1	1	1
10	14	1	21	1	1	1
11	17	1	14	1	1	1
12	1	20	17	20	1	20
13	3	20	3	20	1	20
14	5	2	5	2	12	2
15	7	2	7	2	12	2
16	24	2	24	2	15	2
17	6	17	6	1	15	1
18	4	17	20	17	15	17
19	4	17	20	17	15	17
20	4	19	20	19	15	19
21	4	19	16	19	24	19
22	1	19	1	19	24	19
23	1	18	1	22	2	22
24	1	20	1	21	2	21
25	3	21	3	15	2	15
26	23	21	3	15	2	15
27	23	15	4	19	6	19
28	23	15	6	19	6	19
29	23	24	23	14	6	14
30	23	24	6	14	14	14
<b>RESULTADOS:</b>						
<b>TP</b>	17	9	14	10	18	10
<b>TC</b>	6	14	10	15	10	15
<b>TNC</b>	7	7	6	5	2	5
	<b>CARGO</b>	<b>Nombre y Apellidos</b>				
<b>OBRERO 1</b>	Operario	JUVENAL QUISPE COILA				
<b>OBRERO 2</b>	Operario	SATURMINO CACERES OCA				
<b>OBRERO 3</b>	Capataz	RICARDO CATAFORA IGLESIAS				
<b>OBRERO 4</b>	Capataz	JUAN ARAPA HUANCA				
<b>OBRERO 5</b>	Peon	LENIN SOLORZANO CHAMBI				
<b>OBRERO 6</b>	Peon	ARNOL PERALTA VILLEGAS				
	<b>TRABAJO PRODUCTIVO</b>					
1	Colocación de barrotes					
2	Colocación de largueros					
3	Colocación de planchas o tablonés					
4	Colocación de accesorios					
5	Colocación de alineadores					
6	Colocación de puntales					
7						
8						
9						
10						
	<b>TRABAJO CONTRIBUTIVO</b>					
11	Retiro de accesorios					
12	Recibir/dar instrucciones					
13	Retiro de alineador					
14	Transporte de material					
15	Retiro de planchas o tablonés					
16	Recepción de materiales.					
17	Retiro de barrotes					
18	Retiro de largueros					
19	Limpieza					
20	Lectura de planos					
	<b>TRABAJO NO CONTRIBUTIVO</b>					
21	Viaje improductivo					
22	Esperas					
23	Trabajo rehecho					
24	Tiempo ocioso					
25						
26						
27						
28						
29						
30						





## MEDICIÓN DEL NIVEL DE ACTIVIDAD

PROYECTO: ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE CARTAS BALANCE Y SU INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA EN PARTIDAS DE ENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025

SOLICITANTE: Bach. ABRAHAM MAYTA MAMANI

PARTIDA:		ENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS OBRA 1					
		HORA: 9:00 - 9:30 am					
		<b>OBRERO</b>					
Tiempo (min)	1	2	3	4	5	6	
1	2	23	3	1	3	1	
2	2	23	3	1	3	1	
3	1	22	3	16	3	16	
4	1	16	2	16	2	16	
5	12	16	2	16	2	16	
6	18	1	11	16	11	16	
7	6	23	11	1	11	1	
8	6	23	1	1	1	1	
9	16	22	1	17	1	17	
10	14	22	14	22	14	1	
11	14	1	14	24	14	24	
12	17	20	14	22	14	1	
13	3	20	14	22	14	1	
14	5	2	12	2	12	2	
15	7	2	12	15	12	15	
16	24	2	15	18	15	18	
17	6	17	15	18	15	18	
18	20	17	15	18	15	18	
19	20	17	21	21	1	3	
20	20	19	21	22	1	3	
21	16	19	24	22	1	3	
22	1	19	24	22	1	3	
23	1	22	2	22	2	3	
24	1	21	2	22	2	3	
25	3	15	2	12	2	24	
26	3	15	2	12	2	21	
27	4	19	6	15	6	22	
28	4	19	6	15	6	22	
29	23	14	24	22	6	22	
30	23	14	24	3	6	24	
<b>RESULTADOS:</b>							
<b>TP</b>	17	5	13	6	19	14	
<b>TC</b>	10	16	11	13	11	9	
<b>TNC</b>	3	9	6	11	0	7	
		<b>Nombre y Apellidos</b>					
<b>OBRERO 1</b>	Operario	JUAN LOPEZ IQUISE					
<b>OBRERO 2</b>	Operario	VIDAL OROZCO HUANCA					
<b>OBRERO 3</b>	Capataz	EDGAR HUAMANI APAZA					
<b>OBRERO 4</b>	Capataz	NILSON CHURATA QUISPE					
<b>OBRERO 5</b>	Peon	ELIAS TURPO HUANCA					
<b>OBRERO 6</b>	Peon	JEAN LIPE GOMEZ					
		<b>TRABAJO PRODUCTIVO</b>					
1	Colocación de barros						
2	Colocación de largueros						
3	Colocación de planchas o tablonés						
4	Colocación de accesorios						
5	Colocación de alineadores						
6	Colocación de puntales						
7							
8							
9							
10							
		<b>TRABAJO CONTRIBUTIVO</b>					
11	Retiro de accesorios						
12	Recibir/dar instrucciones						
13	Retiro de alineador						
14	Transporte de material						
15	Retiro de planchas o tablonés						
16	Búsqueda de accesorios						
17	Retiro de barros						
18	Retiro de largueros						
19	Limpieza						
20	Lectura de planos						
		<b>TRABAJO NO CONTRIBUTIVO</b>					
21	Viaje improductivo						
22	Esperas						
23	Trabajo rehecho						
24	Tiempo ocioso						
25							
26							
27							
28							
29							
30							



## MEDICIÓN DEL NIVEL DE ACTIVIDAD

**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE CARTAS BALANCE Y SU INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA EN PARTIDAS DE ENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS ENEDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025

**SOLICITANTE:** Bach. ABRAHAM MAYTA MAMANI

PARTIDA:		ENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS OBRA 2					
		<b>OBRERO</b>					
Tiempo (min)	1	2	3	4	5	6	
1	1	23	3	1	1	23	
2	1	23	3	1	1	23	
3	1	22	3	16	1	22	
4	1	16	2	16	12	16	
5	12	16	2	16	12	16	
6	18	1	11	16	18	1	
7	6	23	11	1	6	1	
8	6	23	1	1	6	23	
9	21	1	1	17	21	1	
10	14	1	14	1	14	1	
11	14	1	14	24	14	1	
12	17	20	14	1	17	20	
13	3	20	14	1	3	20	
14	5	22	2	2	5	2	
15	7	22	4	15	7	2	
16	24	22	4	18	24	2	
17	6	17	15	18	6	17	
18	20	17	15	18	4	17	
19	20	17	21	21	4	17	
20	20	19	21	3	4	19	
21	16	19	24	3	4	19	
22	1	19	24	3	1	19	
23	1	22	2	3	1	18	
24	1	21	2	3	1	20	
25	22	15	2	12	3	21	
26	22	15	2	12	3	21	
27	4	19	6	15	4	15	
28	4	19	6	15	4	15	
29	23	14	24	22	23	24	
30	23	14	24	3	23	24	
<b>RESULTADOS:</b>							
<b>TP</b>	15	4	16	14	20	8	
<b>TC</b>	9	16	8	13	6	14	
<b>TNC</b>	6	10	6	3	4	8	
		<b>CARGO</b>					
		<b>Nombre y Apellidos</b>					
<b>OBRERO 1</b>	Operario	VICENTE QUISPE PEREZ					
<b>OBRERO 2</b>	Operario	MIGUEL PEREZ MAMANI					
<b>OBRERO 3</b>	Capataz	FELIX TORRES HUAMAN					
<b>OBRERO 4</b>	Capataz	JOEL CHURATA MENDOZA					
<b>OBRERO 5</b>	Peon	EDU MAMANI SILLO					
<b>OBRERO 6</b>	Peon	PEDRO TORRES INCAHUANACO					
		<b>HORA:</b> 1:00 - 1:30 pm					
<b>TRABAJO PRODUCTIVO</b>							
1	Colocación de barrotes						
2	Colocación de largueros						
3	Colocación de planchas o tablonces						
4	Colocación de accesorios						
5	Colocación de alineadores						
6	Colocación de puntales						
7							
8							
9							
10							
<b>TRABAJO CONTRIBUTORIO</b>							
11	Retiro de accesorios						
12	Recibir/dar instrucciones						
13	Retiro de alineador						
14	Transporte de material						
15	Retiro de planchas o tablonces						
16	Búsqueda de accesorios						
17	Retiro de barrotes						
18	Retiro de largueros						
19	Limpieza						
20	Lectura de planos						
<b>TRABAJO NO CONTRIBUTORIO</b>							
21	Viaje improductivo						
22	Esperas						
23	Trabajo rehecho						
24	Tiempo ocioso						
25							
26							
27							
28							
29							
30							



## ANEXO 1 FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

### AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 19-11-2023

#### 1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: <u>ABRAHAM MAYTA MAMANI</u>	
Dirección: <u>Jr. LIMA 502</u>	
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: <u>72177304</u>	
Teléfono: <u>974 011 399</u>	email: <u>abrahammineria@yahoo.com</u>
Nombres y Apellidos: _____	
Dirección: _____	
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____	
Teléfono: _____	email: _____
Facultad y/o Escuela de Posgrado: <u>INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS</u>	
Escuela Profesional o Mención: <u>INGENIERÍA CIVIL</u>	
Título o Grado Académico a optar: <u>TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL</u>	
Asesor: <u>Dr. ARNALDO YANA TORRES</u>	
Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:	
Trabajo de Investigación <input type="checkbox"/>	Tesis <input checked="" type="checkbox"/>
Trabajo de Suficiencia Profesional <input type="checkbox"/>	Trabajo Académico <input type="checkbox"/>
Título: <u>ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE CARTAS BALANCE Y SU INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA EN PARTIDAS DE ENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE PUNO 2025</u>	
Palabras claves, (3 a 5 términos): <u>CARTAS BALANCE, RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA, PRODUCTIVIDAD, ENCOFRADO</u>	
¿Esta obra se desarrolló en la UANCV? <sup>1,2</sup>	
<u>1</u>	

<sup>1</sup> Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.

<sup>2</sup> Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



### 2. Referencia de tesis:

Bachiller     Titulo     2da Especialidad     Maestría     Doctorado

### 3. Licencias:

#### a) Licencia estándar:

**Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.**

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

**Autorizo su publicación (marque con una X)**

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): \_\_\_\_\_
- No autorizo.

#### b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

**¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?**

**Sí:** significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

**No:** significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



**Jurisdicción de su Licencia**

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

Firma de Autor



huella digital

19-11-2025

Fecha