



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE  
OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA  
EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. DAYBI RONY PACORI MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**JULIACA – PERÚ**

**2024**



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE  
OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA  
EN LA CIUDAD DE AZANGARO**

TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. DAYBI RONY PACORI MAMANI**

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

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

**PRESIDENTE**

:

  
Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA

**PRIMER MIEMBRO**

:

  
Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

**SEGUNDO MIEMBRO**

:

  
Dr. EFRAÍN PARILLO SOSA

**ASESOR DE TESIS**

:

  
Dr. MILTON QUISPE HUANCA

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 985-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 11 de setiembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024- 12247 presentado por el (la) Bachiller: DAYBI RONY PACORI 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. DAYBI RONY PACORI MAMANI, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE AZANGARO**, 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. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
- \* **1er Miembro** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- \* **2do Miembro** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

**ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER** como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Dr. MILTHON QUISPE HUANCA.

**ARTICULO TERCERO. - APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: DAYBI RONY PACORI MAMANI; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE AZANGARO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : Jueves 19 de setiembre del 2024
- \* **HORA** : 11:00 a.m.
- \* **LUGAR** : Aula 406 - 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.

  
D. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790

  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (n)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 465-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 20 de junio del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU - 6831 por el o (la) Bachiller: **DAYBI RONY PACORI MAMANI** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 500 - 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 078 - 2024 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 o (la) Bachiller: **DAYBI RONY PACORI MAMANI**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE AZANGARO**, 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 **Mgtr. Arnaldo Yana Torres** 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° 078 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE AZANGARO**, 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 merito 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 o (la) Bachiller: **DAYBI RONY PACORI MAMANI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE AZANGARO** 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) **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**.

**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. PURASMILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
DIRECCIÓN  
JULIACA - PUNOPablo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.  
Archivo  
interesado (a)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 183-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 18 de abril del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-04757, presentado por el señor (a) **DAYBI RONY PACORI MAMANI** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO** - N° 227 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 75 -2024 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 (la) estudiante: **DAYBI RONY PACORI MAMANI** ha presentado su propuesta de investigación **Titulado: APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE AZANGARO**, 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 **Mgtr. Arnaldo Yana Torres** 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° 75 -2024- aprobando la propuesta de investigación **titulado: APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE AZANGARO**.

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 mérito 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 o (la) Bachiller: **DAYBI RONY PACORI MAMANI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE AZANGARO** 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. MILTHON QUISPE HUANCA**.

**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. MILTHON QUISPE HUANCA**  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
.....  
**Dr. Efraín Refugio Sosa**  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo 2024  
Interesado (a)



## APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCCIÓN EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO

### INFORME DE ORIGINALIDAD

**21** %

INDICE DE SIMILITUD

**16** %

FUENTES DE INTERNET

**5** %

PUBLICACIONES

**12** %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

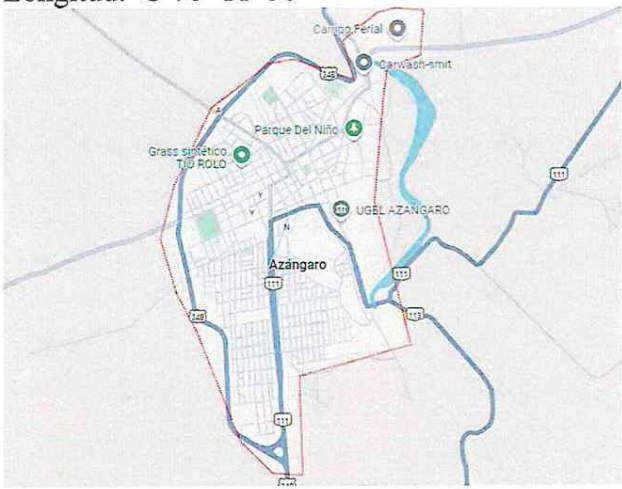
<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez</b> Trabajo del estudiante	<b>6</b> %
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>3</b> %
<b>3</b>	<b>repositorio.upao.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>4</b>	<b>www.coursehero.com</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>5</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1</b> %
<b>7</b>	<b>Submitted to Universidad Continental</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1</b> %



### Metadatos Complementarios

<b>Título de la tesis</b>	
<b>APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE AZANGARO</b>	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	Daybi Rony Pacori Mamani
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70183555
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0009-5247-771X">https://orcid.org/0009-0009-5247-771X</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	Milthon Quispe Huanca
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02424528
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-4219-1007">https://orcid.org/0000-0002-4219-1007</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	Oscar Vicente Viamonte Calla
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
<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	Efrain Parillo Sosa
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02416058
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú  Departamento: Puno  Provincia: Azángaro  Distrito: Azángaro  Latitud: S 14° 54' 35"  Longitud: O 70° 11' 50"</p>  <p><a href="https://maps.app.goo.gl/fQ58MGhYJXUgJ8zw6">https://maps.app.goo.gl/fQ58MGhYJXUgJ8zw6</a></p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Abril 2024 - Setiembre 2024
URL de disciplinas OCDE <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#2.01.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00</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 CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

*[Signature]*  
Dr. Eirain Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo DAYBI RONY PACORI MAMANI, identificado con DNI Nro. 70183555, 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:

APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE AZANGARO

Asesorado por: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

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.

Juliaca 12 de noviembre del 2024

Firma del Asesor  
(obligatoria)

Firma del Estudiante  
(obligatoria)



Huella



## DEDICATORIA

Dedico mi tesis principalmente a Dios, por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta.

A mis padres, Julia y Ubaldo, por acompañarme en cada paso que doy en la búsqueda de ser mejor persona y profesional, también a mis hermanos por todo su apoyo incondicional, espero les sirva de ejemplo de que todo se puede lograr.



## AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a mi asesor de tesis, el Dr. Milthon Quispe. Su experiencia, comprensión y paciencia contribuyeron a mi experiencia en el complejo y gratificante camino de la investigación.

Gracias infinitas a mis padres, por su amor incondicional y su apoyo moral. Su fe en mí, incluso en los momentos más difíciles, ha sido el pilar de este logro. También expreso mi gratitud a mis hermanos, quienes supieron brindarme su tiempo para escucharme y apoyarme. Sin ustedes, todo esto no habría sido posible. Su amor y sacrificio han sido la luz que guio mi camino a través de este viaje académico.



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>iii</b>
ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT .....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv

### CAPÍTULO I

#### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

<b>1.1 Situación problemática.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Planteamiento del problema.....</b>	<b>2</b>
1.2.1 Problema General.....	2
1.2.2 Problemas Específicos.....	2
<b>1.3 Objetivos de la investigación.....</b>	<b>2</b>
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
<b>1.4 Justificación de la investigación.....</b>	<b>3</b>
1.4.1 Justificación Técnica.....	3
1.4.2 Justificación Social.....	3
1.4.3 Justificación económica.....	4
<b>1.5 Hipótesis de la Investigación.....</b>	<b>4</b>
1.5.1 Hipótesis General.....	4
1.5.2 Hipótesis Específicas.....	5
<b>1.6 Variables e indicadores.....</b>	<b>5</b>
1.6.1 Variable Independiente.....	5
1.6.2 Variable Dependiente.....	5
<b>1.7 Operacionalización de Variables.....</b>	<b>5</b>
CAPÍTULO II.....	7
MARCO TEÓRICO .....	7
<b>CAPITULO II:</b> .....	<b>7</b>



<b>2.1</b>	<b>Antecedentes de la investigación.....</b>	<b>7</b>
2.1.1	Antecedentes Internacionales.....	7
2.1.2	Antecedentes Nacionales.....	12
2.1.3	Antecedentes regionales.....	20
<b>2.2</b>	<b>Bases teóricas.....</b>	<b>27</b>
2.2.1	La filosofía Lean.....	27
2.2.1.1	<i>Principios de Lean Production en el Diseño y Control de la Producción</i>	29
2.2.1.2	<i>Los Siete Desperdicios en Lean Production.....</i>	31
2.2.1.3	<i>Impacto de Lean Production en las Organizaciones.....</i>	32
2.2.1.4	<i>Desafíos en la aplicación de lean construction.....</i>	32
2.2.1.5	<i>Beneficios de Lean Construction.....</i>	33
2.2.1.6	<i>Sistema de producción efectivo.....</i>	34
2.2.2	Lean Project Delivery System.....	37
2.2.3	Herramientas de la filosofía lean construction.....	41
2.2.3.1	<i>Productividad:.....</i>	41
2.2.3.2	<i>Variabilidad.....</i>	44
2.2.3.3	<i>Sectorización.....</i>	47
2.2.3.4	<i>Tren de actividades.....</i>	50
2.2.3.5	<i>Buffers.....</i>	52
2.2.3.6	<i>Last planner System.....</i>	54
2.2.3.7	<i>Planificación maestra.....</i>	60
2.2.3.8	<i>Phase plan o Pull plan (Pull Planning).....</i>	61
2.2.3.9	<i>Look Ahead Plan.....</i>	61
2.2.4	Rendimiento de mano de obra.....	62
2.2.4.1	<i>Mano de obra.....</i>	62
2.2.4.2	<i>Rendimiento de mano de obra.....</i>	63
2.2.4.3	<i>Rendimientos y consumos de mano de obra.....</i>	65
<b>2.3</b>	<b>Marco Conceptual.....</b>	<b>66</b>
2.3.1	Actividad.....	66
2.3.2	Eficiencia.....	66
2.3.3	Eficacia.....	67
2.3.4	Rendimiento de mano de obra.....	67
2.3.5	Consumo de mano de obra.....	67
CAPÍTULO III.....		68
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		68
<b>CAPITULO III:</b> .....		<b>68</b>
3.1	<b>Diseño de la Investigación.....</b>	<b>68</b>



<b>3.2 Método de la Investigación.....</b>	<b>68</b>
<b>3.3 Nivel y tipo de la investigación .....</b>	<b>69</b>
3.3.1 Nivel de la Investigación .....	69
3.3.2 Tipo de la investigación .....	69
<b>3.4 Población y Muestra .....</b>	<b>69</b>
3.4.1 Población.....	69
3.4.2 Muestra .....	70
<b>3.5 Técnicas e instrumentos de investigación para la recolección de datos ...</b>	<b>71</b>
3.5.1 Técnicas de recolección de datos.....	71
3.5.2 Instrumentos de recolección de datos investigación .....	72
<b>3.6 Procedimiento para la recolección de datos.....</b>	<b>73</b>
3.6.1 Desarrollo de plan de investigación .....	73
<b>3.7 Procesamiento y análisis de datos .....</b>	<b>78</b>
CAPÍTULO IV .....	79
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	79
<b>CAPITULO IV:.....</b>	<b>79</b>
<b>4.1 Resultados.....</b>	<b>79</b>
4.1.1 Resultados sobre el efecto de la carta balance sobre la productividad de la mano de obra en la construcción de viviendas en Azángaro.....	79
4.1.2 Resultados sobre el análisis de restricciones mejora la eficiencia laboral en la construcción de una vivienda en Azángaro. ....	137
4.1.3 Resultados sobre la contribución del uso del diagrama de flujo en el aumento de la productividad de la mano de obra. ....	139
<b>4.2 Discusión de resultados.....</b>	<b>144</b>
CONCLUSIONES .....	147
RECOMENDACIONES.....	148
REFERENCIAS .....	149
ANEXOS.....	153



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1</b> OPERACIÓN DE VARIABLES.....	6
<b>TABLA 2</b> CATEGORÍAS DE EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD LABORAL.....	63
<b>TABLA 3</b> VARIABLES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD Y CONSUMO DE MANO DE OBRA. ...	64
<b>TABLA 4</b> TRABAJO PRODUCTIVO.....	79
<b>TABLA 5</b> TRABAJO CONTRIBUTARIO.....	80
<b>TABLA 6</b> TRABAJO NO CONTRIBUTARIO .....	80
<b>TABLA 7</b> EQUIPO DE TRABAJO .....	80
<b>TABLA 8</b> CARTA BALANCE EN ENCOFRADOS.....	81
<b>TABLA 9</b> PUNTUACIÓN SEGÚN A LA CARTA BALANCE.....	82
<b>TABLA 10</b> % SEGÚN A LA CARTA BALANCE. ....	82
<b>TABLA 11</b> CUANTIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS. ....	83
<b>TABLA 12</b> TRABAJO PRODUCTIVO.....	84
<b>TABLA 13</b> TRABAJO CONTRIBUTARIO.....	85
<b>TABLA 14</b> TRABAJO NO CONTRIBUTARIO .....	85
<b>TABLA 15</b> EQUIPO DE TRABAJO .....	85
<b>TABLA 16</b> CARTA BALANCE EN ACEROS.....	86
<b>TABLA 17</b> PUNTUACIÓN SEGÚN A LA CARTA BALANCE.....	86
<b>TABLA 18</b> % SEGÚN CARTA BALANCE. ....	87
<b>TABLA 19</b> CUANTIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS. ....	88
<b>TABLA 20</b> TRABAJO PRODUCTIVO.....	89
<b>TABLA 21</b> TRABAJO CONTRIBUTARIO.....	90
<b>TABLA 22</b> TRABAJO NO CONTRIBUTARIO .....	90
<b>TABLA 23</b> EQUIPO DE TRABAJO .....	90
<b>TABLA 24</b> CARTA BALANCE EN CONCRETO.....	91
<b>TABLA 25</b> PUNTUACIÓN SEGÚN A LA CARTA BALANCE.....	91
<b>TABLA 26</b> % SEGÚN LA CARTA BALANCE.....	92
<b>TABLA 27</b> CUANTIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS. ....	93
<b>TABLA 28</b> TRABAJO PRODUCTIVO.....	95



<b>TABLA 29</b> <i>TRABAJO CONTRIBUTARIO</i> .....	95
<b>TABLA 30</b> <i>TRABAJO NO CONTRIBUTARIO</i> .....	95
<b>TABLA 31</b> <i>EQUIPO DE TRABAJO</i> .....	96
<b>TABLA 32</b> <i>CARTA BALANCE EN ACERO</i> .....	96
<b>TABLA 33</b> <i>PUNTUACIÓN SEGÚN A LA CARTA BALANCE</i> .....	97
<b>TABLA 34</b> <i>% SEGÚN LA CARTA BALANCE</i> .....	98
<b>TABLA 35</b> <i>CUANTIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS.</i> .....	99
<b>TABLA 36</b> <i>TRABAJO PRODUCTIVO</i> .....	100
<b>TABLA 37</b> <i>TRABAJO CONTRIBUTARIO</i> .....	100
<b>TABLA 38</b> <i>TRABAJO NO CONTRIBUTARIO</i> .....	100
<b>TABLA 39</b> <i>EQUIPO DE TRABAJO</i> .....	101
<b>TABLA 40</b> <i>CARTA BALANCE EN ENCOFRADOS</i> .....	101
<b>TABLA 41</b> <i>PUNTUACIÓN SEGÚN A LA CARTA BALANCE</i> .....	102
<b>TABLA 42</b> <i>% SEGÚN A LA CARTA BALANCE</i> .....	103
<b>TABLA 43</b> <i>CUANTIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS.</i> .....	104
<b>TABLA 44</b> <i>TRABAJO PRODUCTIVO</i> .....	105
<b>TABLA 45</b> <i>TRABAJO CONTRIBUTARIO</i> .....	105
<b>TABLA 46</b> <i>TRABAJO NO CONTRIBUTARIO</i> .....	105
<b>TABLA 47</b> <i>EQUIPO DE TRABAJO</i> .....	106
<b>TABLA 48</b> <i>CARTA BALANCE EN CONCRETO</i> .....	106
<b>TABLA 49</b> <i>PUNTUACIÓN SEGÚN A LA CARTA BALANCE</i> .....	107
<b>TABLA 50</b> <i>% SEGÚN LA BALANCE</i> .....	108
<b>TABLA 51</b> <i>CUANTIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS.</i> .....	109
<b>TABLA 52</b> <i>TRABAJO PRODUCTIVO</i> .....	110
<b>TABLA 53</b> <i>TRABAJO CONTRIBUTARIO</i> .....	111
<b>TABLA 54</b> <i>TRABAJO NO CONTRIBUTARIO</i> .....	111
<b>TABLA 55</b> <i>EQUIPO DE TRABAJO</i> .....	111
<b>TABLA 56</b> <i>CARTA BALANCE EN ENCOFRADOS</i> .....	112
<b>TABLA 57</b> <i>PUNTUACIÓN SEGÚN A LA CARTA BALANCE</i> .....	112
<b>TABLA 58</b> <i>% SEGÚN LA CARTA BALANCE</i> .....	113
<b>TABLA 59</b> <i>CUANTIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS.</i> .....	114
<b>TABLA 60</b> <i>TRABAJO PRODUCTIVO</i> .....	116



<b>TABLA 61</b> <i>TRABAJO CONTRIBUTARIO</i> .....	116
<b>TABLA 62</b> <i>TRABAJO NO CONTRIBUTARIO</i> .....	116
<b>TABLA 63</b> <i>EQUIPO DE TRABAJO</i> .....	117
<b>TABLA 64</b> <i>CARTA BALANCE EN ACEROS</i> .....	117
<b>TABLA 65</b> <i>PUNTUACIÓN SEGÚN A LA CARTA BALANCE</i> .....	118
<b>TABLA 66</b> <i>% SEGÚN LA CARTA BALANCE</i> .....	119
<b>TABLA 67</b> <i>CUANTIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS</i> . ....	120
<b>TABLA 68</b> <i>TRABAJO PRODUCTIVO</i> .....	121
<b>TABLA 69</b> <i>TRABAJO CONTRIBUTARIO</i> .....	121
<b>TABLA 70</b> <i>TRABAJO NO CONTRIBUTARIO</i> .....	121
<b>TABLA 71</b> <i>EQUIPO DE TRABAJO</i> .....	122
<b>TABLA 72</b> <i>CARTA BALANCE EN CONCRETO</i> .....	122
<b>TABLA 73</b> <i>PUNTUACIÓN SEGÚN A LA CARTA BALANCE</i> .....	123
<b>TABLA 74</b> <i>% SEGÚN LA CARTA BALANCE</i> .....	124
<b>TABLA 75</b> <i>CUANTIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS</i> . ....	125
<b>TABLA 76</b> <i>TRABAJO PRODUCTIVO</i> .....	126
<b>TABLA 77</b> <i>TRABAJO CONTRIBUTARIO</i> .....	126
<b>TABLA 78</b> <i>TRABAJO NO CONTRIBUTARIO</i> .....	126
<b>TABLA 79</b> <i>EQUIPO DE TRABAJO</i> .....	127
<b>TABLA 80</b> <i>CARTA BALANCE EN ENCOFRADOS</i> .....	127
<b>TABLA 81</b> <i>PUNTUACIÓN SEGÚN A LA CARTA BALANCE</i> .....	128
<b>TABLA 82</b> <i>% SEGÚN LA CARTA BALANCE</i> .....	129
<b>TABLA 83</b> <i>CUANTIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS</i> . ....	130
<b>TABLA 84</b> <i>TRABAJO PRODUCTIVO</i> .....	132
<b>TABLA 85</b> <i>TRABAJO CONTRIBUTARIO</i> .....	132
<b>TABLA 86</b> <i>TRABAJO NO CONTRIBUTARIO</i> .....	132
<b>TABLA 87</b> <i>EQUIPO DE TRABAJO</i> .....	132
<b>TABLA 88</b> <i>CARTA BALANCE EN CONCRETO</i> .....	133
<b>TABLA 89</b> <i>PUNTUACIÓN SEGÚN A LA CARTA BALANCE</i> .....	134
<b>TABLA 90</b> <i>% SEGÚN LA CARTA BALANCE</i> .....	135
<b>TABLA 91</b> <i>CUANTIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS</i> . ....	136
<b>TABLA 92</b> <i>ANÁLISIS DE RESTRICCIONES</i> . ....	138





ÍNDICE DE FIGURAS

**FIGURA 1** *MODELO DE CONVERSIÓN DE PROCESOS* .....33

**FIGURA 2** *FORMULACIÓN DE LA ASIGNACIÓN EN EL PLANEAMIENTO* .....58

**FIGURA 3** *FORMULACIÓN DE LA ASIGNACIÓN EN EL PLANEAMIENTO* .....59

**FIGURA 4** *ESQUEMA LAST PLANNER*.....59

**FIGURA 5** *ESQUEMA DE LA RELACIÓN ACTITUD-COMPORTAMIENTO* .....65

**FIGURA 6** *MAPA DE UBICACIÓN* .....70

**FIGURA 7** *UBICACIÓN DE LA VIVIENDA* .....74

**FIGURA 8** *OBRAS PRELIMINARES* .....75

**FIGURA 9** *PLANIFICACIÓN DE LA VIVIENDA*.....75

**FIGURA 10** *OBRA EN EJECUCIÓN*.....76

**FIGURA 11** *DESEMPEÑO DE LOS TRABAJADORES* .....82

**FIGURA 12** *% DEL DESEMPEÑO A NIVEL GLOBAL* .....83

**FIGURA 13** *% DE TAREAS REALIZADOS* .....84

**FIGURA 14** *DESEMPEÑO DE LOS TRABAJADORES* .....87

**FIGURA 15** *% DEL DESEMPEÑO A NIVEL GLOBAL* .....88

**FIGURA 16** *% DE TAREAS REALIZADOS* .....89

**FIGURA 17** *DESEMPEÑO DE LOS TRABAJADORES* .....92

**FIGURA 18** *% DEL DESEMPEÑO A NIVEL GLOBAL* .....93

**FIGURA 19** *% DE LOS TRABAJOS REALIZADOS* .....94

**FIGURA 20** *DESEMPEÑO DE LOS TRABAJADORES* .....97

**FIGURA 21** *% DEL DESEMPEÑO A NIVEL GLOBAL* .....98

**FIGURA 22** *% DE LOS TRABAJOS REALIZADOS* .....99

**FIGURA 23** *DESEMPEÑO DE LOS TRABAJADORES* .....102

**FIGURA 24** *% DEL DESEMPEÑO A NIVEL GLOBAL* .....103

**FIGURA 25** *% DE LAS TAREAS REALIZADAS*.....104

**FIGURA 26** *DESEMPEÑO DE LOS TRABAJADORES* .....108

**FIGURA 27** *% DEL DESEMPEÑO A NIVEL GLOBAL* .....109

**FIGURA 28** *% DE LOS TRABAJOS REALIZADOS* .....110

**FIGURA 29** *DESEMPEÑO DE LOS TRABAJADORES* .....113



<b>FIGURA 30</b> % DEL DESEMPEÑO A NIVEL GLOBAL .....	114
<b>FIGURA 31</b> % DE TAREAS REALIZADOS. ....	115
<b>FIGURA 32</b> DESEMPEÑO DE LOS TRABAJADORES. ....	118
<b>FIGURA 33</b> % DEL DESEMPEÑO A NIVEL GLOBAL .....	119
<b>FIGURA 34</b> % DE TAREAS REALIZADOS. ....	120
<b>FIGURA 35</b> DESEMPEÑO DE LOS TRABAJADORES. ....	123
<b>FIGURA 36</b> % DEL DESEMPEÑO A NIVEL GLOBAL .....	124
<b>FIGURA 37</b> % DE LOS TRABAJOS REALIZADOS. ....	125
<b>FIGURA 38</b> DESEMPEÑO DE LOS TRABAJADORES. ....	129
<b>FIGURA 39</b> % DEL DESEMPEÑO A NIVEL GLOBAL .....	130
<b>FIGURA 40</b> % DE LOS TRABAJOS REALIZADOS. ....	131
<b>FIGURA 41</b> DESEMPEÑO DE LOS TRABAJADORES. ....	134
<b>FIGURA 42</b> % DEL DESEMPEÑO A NIVEL GLOBAL .....	135
<b>FIGURA 43</b> % DE LOS TRABAJOS REALIZADOS. ....	136
<b>FIGURA 44</b> DIAGRAMA DE FLUJO.....	139
<b>FIGURA 45</b> DIAGRAMA DE FLUJO ENCOFRADOS.....	140
<b>FIGURA 46</b> DIAGRAMA DE FLUJO CONCRETO .....	142



## RESUMEN

La Tesis “**Aplicación de la filosofía Lean Construction en el mejoramiento de la productividad de la mano de obra en la construcción de una vivienda en la ciudad de Azángaro**”, tuvo como propósito principal elevar la eficiencia de la mano de obra mediante la aplicación de principios Lean en el proceso constructivo. Para alcanzar este propósito, se establecieron tres objetivos específicos: (1) medir la productividad laboral a través de la aplicación de la Carta Balance, (2) evaluar dicha productividad mediante un análisis de restricciones, y (3) optimizar la productividad utilizando un diagrama de flujo en el proceso de construcción de la vivienda. La presente investigación evalúa la implementación de la filosofía Lean Construction para optimizar la productividad de la mano de obra en la construcción de viviendas en Azángaro. Se aplicaron herramientas como la carta balance, el análisis de restricciones y el diagrama de flujo para identificar y mejorar la eficiencia de las actividades constructivas. Los resultados revelaron que la carta balance permitió una mejor distribución de tareas productivas, contributivas y no contributivas, logrando una mayor eficiencia en el uso del tiempo y los recursos. El análisis de restricciones destacó y mitigó limitaciones significativas, mejorando la continuidad del flujo de trabajo y reduciendo tiempos de espera. Además, el uso del diagrama de flujo facilitó la planificación y control de calidad en cada etapa del proceso constructivo, incrementando la coordinación y reduciendo errores. La aplicación de Lean Construction mostró un aumento significativo en la productividad, reduciendo las



actividades no productivas en un 11.4% y aumentando la eficiencia operativa en general. Estos hallazgos confirman la efectividad de Lean Construction como una metodología viable para la optimización de procesos constructivos en contextos similares.

**Palabras Clave:** Filosofía lean construction, mano de obra, carta balance.

## ABSTRACT

The thesis "Application of the Lean Construction philosophy in the improvement of labor productivity in the construction of a house in the city of Azángaro", had as its main purpose to increase the efficiency of the labor force through the application of Lean principles in the construction process. To achieve this purpose, three specific objectives were established: (1) measure labor productivity through the application of the Balance Chart, (2) evaluate said productivity through a constraint analysis, and (3) optimize productivity using a flow chart in the construction process of the house. This research evaluates the implementation of the Lean Construction philosophy to optimize labor productivity in the construction of houses in Azángaro. Tools such as the balance chart, constraint analysis, and flow chart were applied to identify and improve the efficiency of construction activities. The results revealed that the balance chart allowed a better distribution of productive, contributory, and non-contributory tasks, achieving greater efficiency in the use of time and resources. The constraint analysis highlighted and mitigated significant limitations, improving workflow continuity and reducing waiting times. Furthermore, the use of the flowchart facilitated planning and quality control at each stage of the construction process, increasing coordination and reducing errors. The application of Lean Construction showed a significant increase in productivity, reducing non-productive activities by 11.4% and increasing overall operational efficiency. These findings confirm the effectiveness of Lean Construction as a viable methodology for the optimization of construction processes in similar contexts.



**Key words:** Lean construction philosophy, labor, balance sheet.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de viviendas en Azángaro se ha encontrado con varios problemas que influyen directamente en la productividad de los trabajadores, afectando los plazos de ejecución, los precios y la calidad general de las estructuras. Ante esta circunstancia, es esencial implementar nuevas estrategias que mejoren los procesos de construcción, impulsando así la productividad y asegurando el logro de los objetivos del proyecto.

La construcción Lean es una filosofía líder destinada a mejorar la eficiencia en la industria de la construcción mediante la reducción de desperdicios y la optimización del valor en cada operación. Este método prioriza la mejora continua de los procesos y la participación proactiva entre los diversos interesados del proyecto.

Esta investigación tiene como objetivo examinar el uso de los principios de Lean Construction en un proyecto de vivienda en Azángaro, evaluando su efecto en la productividad laboral. Esta investigación tiene como objetivo maximizar el rendimiento en un solo proyecto y, al mismo tiempo, generar conocimientos útiles para futuras iniciativas regionales. Esta investigación analizará las ideas fundamentales de la construcción Lean y, a partir de ahí, desarrollará un plan de acción para apoyar su implementación en la construcción de la residencia elegida. Posteriormente, se evaluarán los resultados, cuantificando la productividad y la reducción de desperdicios en las operaciones de construcción. Esta estrategia se presenta como una solución viable para abordar la problemática del sector de la construcción en Azángaro, con el potencial de mejorar sustancialmente los procesos y promover el desarrollo sustentable de la región.



El estudio está constituido por cuatro capítulos:

**Capítulo I:** Este capítulo presenta el contexto y la delimitación del tema de investigación, brindando una visión general de la situación existente, una explicación detallada del problema y los objetivos precisos del estudio. Este capítulo articula los objetivos y subraya su importancia, estableciendo así la lógica e importancia del estudio, que informa los capítulos posteriores.

**Capítulo II:** Esta sección proporciona un léxico de palabras y conceptos esenciales pertinentes a la teoría concreta, tal como lo articulan investigadores y organizaciones respetadas en la disciplina. Este glosario aclara la terminología y los conceptos significativos empleados en la tesis, mejorando la comprensión del trabajo.

**Capítulo III:** Este capítulo describe la metodología de investigación, detallando el entorno, el tema, la información necesaria, los métodos de recolección de datos y el marco metodológico, asegurando coherencia en el estudio y en la recolección de datos.

**Capítulo IV:** Utilizando los métodos antes mencionados, este capítulo proporciona un examen integral de los objetivos especificados. Cada párrafo analiza detalladamente los objetivos específicos, ofreciendo una evaluación detallada que considera el logro de cada meta de estudio.



## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Situación problemática.

La industria de la construcción en la ciudad de Azángaro, al igual que en muchas otras regiones, enfrenta múltiples desafíos relacionados con la baja productividad de la mano de obra. Este problema se manifiesta en retrasos en los plazos de entrega, incremento de los costos, desperdicio de materiales y recursos, y una disminución en la calidad de las construcciones. Entre los factores que contribuyen a esta baja eficiencia se incluyen la carencia de una adecuada planificación, la insuficiente capacitación de los trabajadores en técnicas de construcción modernas, la escasa coordinación entre los participantes del proyecto, y el predominio de métodos constructivos tradicionales que limitan el aprovechamiento óptimo de los recursos. La falta de metodologías que promuevan la eficiencia en el uso de la mano de obra y los materiales contribuye a un alto índice de desperdicio y trabajos repetitivos, lo que incrementa aún más los costos y el tiempo de ejecución de las obras. Estos problemas no solo afectan la rentabilidad de los proyectos, sino también la satisfacción de los clientes y el desarrollo sostenible de la ciudad. En este escenario, resulta fundamental adoptar enfoques innovadores como Lean Construction, cuyo objetivo es reducir los desperdicios y maximizar el valor



agregado mediante la mejora continua de los procesos. Sin embargo, la implementación de esta metodología en Azángaro es muy limitada, principalmente debido a la falta de conocimiento y a la resistencia al cambio dentro del sector. El presente estudio busca abordar estos problemas, proponiendo la aplicación de los principios de Lean Construction para mejorar la productividad de la mano de obra en un proyecto de vivienda en Azángaro. A través de esta investigación, se identifican los factores que afectan la productividad y se evalúa cómo la adopción de prácticas Lean puede contribuir a mejorar la eficiencia y efectividad en los proyectos de construcción de la región.

## **1.2 Planteamiento del problema.**

### **1.2.1 Problema General.**

¿Cómo puede la aplicación de la filosofía Lean Construction contribuir a mejorar la productividad de la mano de obra en la construcción de viviendas en la ciudad de Azángaro?

### **1.2.2 Problemas Específicos.**

1. ¿En qué medida impacta la aplicación de la carta balance en la eficiencia de la mano de obra en la construcción de viviendas en Azángaro?
2. ¿Cómo influye el análisis de restricciones en el rendimiento de la mano de obra durante la construcción de una vivienda en Azángaro?
3. ¿De qué manera afecta la implementación del diagrama de flujo en la productividad de la mano de obra en el proceso constructivo de una vivienda en Azángaro?

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

### **1.3.1 Objetivo General**

Optimizar la productividad de la mano de obra en la construcción de viviendas en Azángaro mediante la implementación de la filosofía Lean Construction.



### **1.3.2 Objetivos Específicos.**

1. Analizar el efecto de la carta balance sobre la productividad de la mano de obra en la construcción de viviendas en Azángaro.
2. Evaluar cómo el análisis de restricciones mejora la eficiencia laboral en la construcción de una vivienda en Azángaro.
3. Investigar la contribución del uso del diagrama de flujo en el aumento de la productividad de la mano de obra en el proceso de construcción de una vivienda en Azángaro.

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

### **1.4.1 Justificación Técnica.**

La aplicación del enfoque Lean Construction supone un avance sustancial en la mejora de las operaciones de construcción, ya que apunta a minimizar los desperdicios y maximizar la eficiencia de los recursos. Esta metodología emplea herramientas y técnicas sistemáticas que mejoran la eficiencia laboral y la gestión de materiales, lo que da como resultado procesos más ágiles y precisos. La implementación del concepto Lean Construction en el proceso de construcción de viviendas en Azángaro servirá como referencia práctica de cómo la adopción de las mejores prácticas puede mejorar sustancialmente la productividad y la calidad en los proyectos de construcción locales. Esta investigación identificará áreas cruciales clave, sugerirá soluciones basadas en evidencia y desarrollará modelos aplicables a futuras iniciativas.

### **1.4.2 Justificación Social.**

El uso de la metodología Lean Construction no solo afecta al negocio de la construcción, sino que también influye directamente en la calidad de vida de quienes participan en los proyectos. Al mejorar la productividad y reducir el desperdicio de recursos, los proyectos pueden ejecutarse de manera más efectiva, lo que beneficia a las



comunidades al proporcionar viviendas de mejor calidad en plazos más cortos. Además, la capacitación y el fortalecimiento de las habilidades de los empleados sobre los conceptos Lean mejoran su empleabilidad y fomentan su bienestar social. Esta iniciativa en Azángaro, donde el acceso a tecnología sofisticada y procesos de construcción creativos es restringido, tiene el potencial de mejorar el desarrollo social al profesionalizar la industria y crear nuevas posibilidades de empleo.

### **1.4.3 Justificación económica.**

Desde una perspectiva económica, el uso de la técnica Lean Construction en la edificación residencial tiene la capacidad de reducir sustancialmente los gastos operativos y mejorar la rentabilidad del proyecto. Esta ideología enfatiza la erradicación de operaciones que no agregan valor, lo que resulta en una disminución significativa de los gastos relacionados con el desperdicio de materiales, las ineficiencias y las tareas redundantes. En consecuencia, las empresas constructoras pueden mejorar su competitividad, lo que lleva a una reducción en los precios de la vivienda, lo cual es crucial en una ubicación como Azángaro, donde el acceso a una vivienda asequible es una prioridad. Este estudio ilustra que la implementación de Lean Construction puede ahorrar gastos y mejorar la eficiencia, lo que potencialmente beneficia a la economía local al alentar a más empresas a adoptar esta técnica y fomentar el crecimiento económico sostenible.

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

### **1.5.1 Hipótesis General.**

La implementación de la filosofía Lean Construction mejorara significativamente la productividad de la mano de obra en la construcción de viviendas en la ciudad de Azángaro.



## **1.5.2 Hipótesis Específicas.**

1. La aplicación de la carta balance incrementara la eficiencia de la mano de obra en la construcción de viviendas en Azángaro al reducir tiempos ociosos y mejorar la asignación de tareas.
2. El análisis de restricciones tendrá un efecto positivo en el rendimiento de la mano de obra, permitiendo identificar y eliminar obstáculos que limitan la productividad durante la construcción de viviendas en Azángaro.
3. El uso del diagrama de flujo contribuirá a una mayor productividad de la mano de obra al proporcionar una secuencia clara de actividades y minimizar el tiempo de inactividad en la construcción de viviendas en Azángaro.

## **1.6 Variables e indicadores.**

### **1.6.1 Variable Independiente.**

Filosofía Lean Construction

#### **Indicadores:**

- Propuestas de mejora implementadas.
- Grado de coordinación entre equipos de trabajo.

### **1.6.2 Variable Dependiente**

Productividad de la Mano de Obra

#### **Indicadores:**

- Tareas completadas por trabajador.
- Horas empleadas para completar tareas.

## **1.7 Operacionalización de Variables.**

**Tabla 1**

*Operación de variables.*

<b>Variable Independiente</b>	<b>Definición</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumentos De Medición</b>
<b>METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION</b>	El objetivo del concepto y enfoque de gestión conocido como "construcción ajustada" es maximizar el valor y eliminar el desperdicio en el proceso de construcción de principio a fin.	carta balance. Diagrama de flujo.	•Propuestas de mejora implementadas.  •Grado de coordinación entre equipos de trabajo.	Registro de avances de obra
<b>Variable Dependiente</b>	<b>Definición</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumentos De Medición</b>
<b>PRODUCTIVIDAD MANO DE OBRA</b>	La productividad es la relación entre los insumos y los productos, o la cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo.	Actividades productivo. contributivo. no contributivo.	•Tareas completadas por trabajador.  •Horas empleadas para completar tareas.	Informe de gestión de recursos.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación.

##### 2.1.1 *Antecedentes Internacionales.*

(Cabrera & Bocanegra, 2016) en su estudio “Análisis de la productividad en la construcción de vivienda basada en rendimientos de mano de obra”. El presente estudio se centra en la identificación y reducción de pérdidas en el proceso de construcción de edificaciones en la ciudad de Bogotá, con el objetivo de incrementar la productividad en dicho sector. Para la recopilación de información se empleó una metodología basada en el muestreo de campo, complementada por la utilización de imágenes digitales, lo que facilitó la detección de los principales factores generadores de pérdidas. Entre estos factores se destacaron las demoras en la entrega de materiales, desplazamientos innecesarios, reprocesos debido a errores, y las condiciones climáticas adversas, entre otros. Además, se realizaron encuestas al personal involucrado en la construcción para obtener una visión más profunda de la percepción de los trabajadores sobre factores motivacionales y otras variables que inciden en la productividad. Entre los aspectos analizados se incluyeron el nivel de satisfacción con las condiciones salariales, el ambiente laboral, el estado de ánimo y otros factores emocionales que podrían influir en



el desempeño de los empleados. En una fase posterior del estudio, se llevó a cabo una simulación digital que permitió modelar diferentes escenarios de mejora, basados en las acciones correctivas diseñadas a partir de los resultados obtenidos en la fase inicial de diagnóstico. Estas simulaciones facilitaron la evaluación del impacto potencial de las acciones propuestas, ayudando a priorizar aquellas con mayor efecto positivo en la productividad y en la reducción de pérdidas a lo largo del proceso constructivo.

(Martínez, Francisco, Del Toro Botello, & López Montelongo, 2019) su estudio "Mejora en la construcción por medio de lean construction y building information modeling". El presente trabajo tiene como objetivo implementar los principios de Lean Construction (LC) y Building Information Modeling (BIM) en la gestión administrativa del proceso constructivo de viviendas de interés social, específicamente aquellas con una superficie de hasta 42.50 m<sup>2</sup> y un costo que no exceda los 200 salarios mínimos. Este estudio se llevó a cabo en la ciudad de Torreón, Coahuila, México, con el propósito de analizar los posibles beneficios tanto económicos como en la reducción de tiempos en la ejecución de las obras. Para llevar a cabo esta evaluación, se realizaron mediciones reales de la producción en las diversas actividades del proceso constructivo, utilizando Cartas Balance para medir el nivel de productividad del personal obrero. Estas mediciones se centraron exclusivamente en las etapas de análisis y construcción, con el fin de obtener datos precisos que permitieran establecer el estado actual de la productividad en el proyecto. Con los resultados de estas mediciones, se procedió a proponer un nuevo esquema de gestión del proyecto utilizando la metodología BIM. Se desarrolló un modelo tridimensional (3D) de las viviendas en el software Revit, lo que permitió visualizar de manera detallada cada uno de los componentes de la edificación. Posteriormente, al combinar los datos de productividad obtenidos con el uso del software Navisworks, se generó un proyecto BIM 4D, que permitió integrar la variable del tiempo dentro del modelo, enfocándose en la optimización de los plazos de construcción. Finalmente, a partir del análisis detallado de la productividad, se presentan soluciones



claras y específicas para incrementar la eficiencia en el desarrollo de la obra estudiada. Estas soluciones abarcan tanto la implementación de mejores prácticas en la planificación como la optimización del uso de los recursos materiales y humanos, con el objetivo de mejorar los tiempos de entrega y reducir costos sin comprometer la calidad de la construcción.

(Almendariz Rodríguez, 2022) su estudio "Aplicación de la filosofía LEAN CONSTRUCTION para el cálculo de pérdidas por fuga económica en mano de obra previa a la construcción de una vivienda". A lo largo de la historia en el ámbito de la construcción, a pesar de la existencia de diversas metodologías constructivas, todas ellas presentan limitaciones a la hora de conocer con precisión las ganancias o pérdidas económicas en cada fase del proceso. Durante la ejecución de los proyectos, suelen surgir imprevistos o problemas que se resuelven en el transcurso de la obra, generalmente a través de reajustes que compensan dichas dificultades con alguna ventaja que se presente, un fenómeno comúnmente conocido como "compensación". Sin embargo, ante problemas recurrentes o habituales, se realizan pocos o nulos esfuerzos para corregirlos desde la etapa de planificación, lo cual debilita el control durante la ejecución del proyecto. El presente estudio tiene como propósito establecer parámetros que permitan un control más riguroso de los costos relacionados con la mano de obra, identificando además el porcentaje de fuga económica que se genera debido a errores en el cálculo de las duraciones de las actividades. Para llevar a cabo esta evaluación, se parte de un presupuesto tradicional, en el que los rendimientos de la mano de obra se determinan en función de la experiencia previa del constructor. Sin embargo, cuando se comparan estos rendimientos con la cantidad total de trabajo por ejecutar, es común que el tiempo estimado de ejecución no coincida de manera exacta con los valores reales, resultando en cifras no redondas. Lo que usualmente se ha hecho en la práctica es ajustar los valores hacia indicadores redondos, lo que oculta la verdadera duración de las actividades. Con el fin de abordar esta problemática, se propone un ajuste mediante una



interacción matemática, en la que los valores de las duraciones de las actividades se redondean de forma precisa, obteniendo así un rendimiento de mano de obra más exacto. A partir de estos nuevos valores, se elabora un nuevo presupuesto que refleja con mayor precisión los costos involucrados. En este proceso, se identifica el excedente económico que se genera debido a las inconsistencias originales, lo que permite cuantificar el valor de la fuga económica. Con los resultados obtenidos, se calcula finalmente un porcentaje que funcionará como parámetro de control, el cual se podrá aplicar en futuras construcciones tanto en la etapa de planificación como durante la ejecución, permitiendo un mayor control sobre los costos y una optimización de los recursos utilizados. Este enfoque no solo proporciona una herramienta para mejorar la precisión en la estimación de los costos de mano de obra, sino que también ayuda a mitigar las pérdidas económicas que pueden surgir a lo largo del desarrollo de un proyecto. La implementación de estos parámetros de control permitirá a los constructores tomar decisiones informadas y ajustar sus prácticas de planificación y ejecución, contribuyendo a una mayor eficiencia en la gestión de recursos y una reducción en los márgenes de error que impactan negativamente en los resultados financieros de los proyectos.

(Corredor Aguilera & Rojano Vergara, 2013) en su estudio "Lean construction aplicada a proyectos de construcción de edificaciones de vivienda unifamiliar". En el contexto de la economía colombiana, el sector de la construcción es un motor clave para el dinamismo económico, constituyéndose como uno de los sectores más importantes y representativos dentro del Producto Interno Bruto (PIB) del país. A pesar de esta relevancia, de manera paradójica, la industria de la construcción en Colombia ha mostrado un bajo grado de desarrollo en comparación con otros sectores económicos. Esto se debe, en gran medida, a la persistencia en el uso de técnicas constructivas tradicionales que, si bien han sido funcionales durante años, presentan limitaciones significativas en términos de eficiencia y productividad. Esta situación se convierte en una



desventaja competitiva en un entorno donde la innovación y la adopción de nuevas metodologías son fundamentales para el progreso y la mejora continua. Ante este panorama, es imperativo que el sector adopte estrategias innovadoras que optimicen la planificación y ejecución de los proyectos constructivos, desde la fase de concepción y diseño hasta la entrega final de las obras. La modernización de estos procesos no solo mejorará la competitividad de las organizaciones del sector, sino que también contribuirá a la reducción de costos, a la disminución de tiempos de ejecución y al mejor aprovechamiento de los recursos. En este sentido, en los últimos años se ha venido trabajando en la implementación de estrategias que buscan transformar las prácticas tradicionales, orientándolas hacia modelos más eficientes que aumenten la productividad. En el presente documento, se expone el caso de un proyecto de vivienda unifamiliar donde se realizó un análisis exhaustivo para identificar los factores que contribuyen al elevado consumo de materiales durante la construcción. Entre las principales causas detectadas se encuentran la falta de optimización en la planificación de las actividades, el uso ineficiente de recursos, y la recurrencia de reprocesos que generan desperdicio de materiales y tiempo. Estas deficiencias no solo impactan en los costos del proyecto, sino también en su sostenibilidad, ya que el uso excesivo de materiales genera un impacto ambiental significativo. Con el objetivo de abordar estos desafíos, se propusieron una serie de técnicas inspiradas en los principios de la filosofía "Lean Construction". Esta metodología, que se basa en la eliminación de desperdicios y la maximización del valor en cada etapa del proceso, ofrece una alternativa eficaz para mejorar la eficiencia en la construcción. Entre las estrategias implementadas destacan la mejora en la coordinación y planificación de las actividades, la integración de todos los actores involucrados en el proyecto, y el uso más racional de los recursos. Asimismo, se propuso la implementación de un sistema de control más riguroso para evitar reprocesos y garantizar que cada fase del proyecto se ejecute de manera eficiente y conforme a lo planificado. La aplicación de estos principios no solo tiene el potencial de reducir los costos y tiempos de ejecución, sino que también promueve una cultura de mejora continua dentro de las organizaciones



del sector. Al integrar prácticas basadas en la filosofía "Lean Construction", las empresas de construcción en Colombia pueden posicionarse de manera más competitiva en el mercado, ofreciendo proyectos de mayor calidad, con menores costos y en plazos más ajustados. Este enfoque representa un paso significativo hacia la modernización del sector, y su éxito en la implementación en proyectos como el de la vivienda unifamiliar que se analiza en este documento, sienta un precedente que podría replicarse en futuras iniciativas, contribuyendo al desarrollo de una industria de la construcción más eficiente y sostenible en Colombia.

### **2.1.2 Antecedentes Nacionales.**

(Collachagua Fernandez, 2017) en su tesis "Aplicación de la filosofía Lean Construction en la construcción de departamentos multifamiliares "La Toscana", como herramienta de mejora de la productividad". Lean Construction, o "Construcción sin pérdidas", representa una nueva y revolucionaria forma de gestionar los proyectos de construcción, alejándose de las metodologías tradicionales para adoptar un enfoque más ágil y eficiente. Esta metodología está orientada a la implementación de sistemas de producción que permiten no solo controlar de manera más efectiva los flujos de materiales, sino también optimizarlos para garantizar que cada etapa del proceso constructivo se desarrolle en los tiempos previstos y con el menor desperdicio posible. El impacto de esta optimización se refleja en mejoras sustanciales en aspectos clave como la calidad de la obra, la seguridad en el trabajo, el incremento de la productividad, la satisfacción del cliente y la reducción de los plazos de entrega. En última instancia, el objetivo principal de Lean Construction es ofrecer un mayor valor al cliente, eliminando todas aquellas actividades que no aportan valor y que, por lo tanto, no contribuyen al éxito del proyecto. Esta investigación se centrará en la aplicación de las diversas herramientas que forman parte de las fases de Lean Construction, en particular aquellas relacionadas con el Control de la Producción, una de las cinco fases fundamentales que componen el Lean Project Delivery System (LPDS), o Sistema de Entrega de Proyectos



Lean. El LPDS es un enfoque integral que no solo abarca la planificación y ejecución, sino que también incorpora el control exhaustivo de cada fase del proyecto, con el fin de maximizar la eficiencia y minimizar las pérdidas en tiempo, recursos y costos. A lo largo de este trabajo se analizará detalladamente cómo cada una de estas herramientas puede ser aplicada en el contexto de un proyecto de construcción, y cómo su implementación puede conducir a resultados tangibles que beneficien a todas las partes involucradas. La investigación presentará también los resultados de la implementación práctica de la filosofía Lean Construction como un método integral para la planificación, ejecución y control de proyectos. A través del análisis de casos de estudio y experiencias reales, se demostrará cómo la adopción de Lean Construction ha permitido a diversas empresas constructoras mejorar significativamente sus procesos, reduciendo desperdicios y logrando mayores niveles de satisfacción tanto en los clientes como en los equipos de trabajo. Esta evidencia servirá de antecedente para otros profesionales y empresas que estén interesados en adoptar estas herramientas en sus propios proyectos, mostrando el potencial de la metodología para transformar la forma en que se gestionan y ejecutan las obras en la industria de la construcción. Al integrar Lean Construction, las empresas no solo pueden mejorar la eficiencia operativa, sino que también pueden crear un entorno de trabajo más colaborativo, en el que todas las partes interesadas, desde los diseñadores y planificadores hasta los obreros en el sitio de construcción, trabajen de manera sincronizada hacia un objetivo común. La transparencia en la comunicación y la eliminación de barreras entre los distintos niveles del proyecto son aspectos cruciales en el éxito de la metodología Lean, que no se limita a la mera gestión de recursos, sino que promueve una cultura de mejora continua en todas las áreas de la construcción. Este enfoque integral y colaborativo permite que los proyectos se realicen con mayor precisión, eliminando los tiempos muertos y los errores que suelen derivar en retrasos y sobrecostos. Al final, la filosofía Lean busca no solo la satisfacción del cliente mediante la entrega de un producto de mayor calidad en un menor tiempo, sino también el bienestar y la seguridad de los trabajadores, promoviendo prácticas que minimicen el riesgo y



mejoren las condiciones laborales. La implementación de Lean Construction no es simplemente una herramienta más dentro de la caja de herramientas de un gestor de proyectos, sino una transformación completa en la forma de pensar y actuar en la industria de la construcción. Con los resultados obtenidos de esta investigación, se proporcionará un valioso precedente para aquellos profesionales y organizaciones que deseen emprender este camino, equipándolos con las herramientas y conocimientos necesarios para hacer frente a los desafíos del sector de manera más efectiva y eficiente.

(Cosí Guzmán, 2017) en su tesis "Diagnóstico y Evaluación de los Niveles de Productividad en la Construcción Mediante la Filosofía Lean Construction en la Ciudad de Tacna". Las mediciones sobre la productividad en el sector de la construcción en la ciudad de Tacna han sido extremadamente limitadas, con escasos esfuerzos por parte de las empresas locales para establecer procesos de benchmarking tanto internos como externos. Esta falta de análisis comparativo ha motivado la presente investigación, cuyo objetivo es no solo dejar establecidos indicadores representativos del rendimiento del sector, sino también promover la generación de informes anuales de productividad. Estos informes podrían ser elaborados con la colaboración de empresas constructoras, universidades y otros actores interesados en mejorar el desempeño del sector, lo que permitiría tomar decisiones basadas en datos y fomentar la adopción de prácticas más eficientes. En Tacna, el sector de la construcción sigue gestionándose principalmente mediante métodos tradicionales, lo que implica una gran cantidad de pérdidas, tanto superficiales como internas. Estas pérdidas impactan directamente en la productividad, reduciendo la cantidad de trabajo efectivo realizado. Entre los principales factores que contribuyen a esta situación se encuentran las fallas en la logística y la falta de coordinación adecuada en la planificación y ejecución de las obras. Esta situación, sumada a la ausencia de mediciones periódicas, hace que el potencial de mejora sea significativo, especialmente si se introducen metodologías más modernas y orientadas a la eficiencia, como lo propone Lean Construction. El presente estudio se basa en la



aplicación de los principios de la filosofía Lean Construction, la cual ofrece una variedad de enfoques diseñados para mejorar la productividad, reducir las pérdidas en la construcción y optimizar los sistemas de gestión. Este enfoque fue aplicado en tres proyectos de infraestructura educativa del sector privado, los cuales se encontraban en diferentes etapas de ejecución. A través de encuestas y entrevistas realizadas tanto al personal profesional como obrero, se recopiló información valiosa sobre las percepciones y realidades del trabajo en el terreno. Adicionalmente, se implementaron cartas balance que permitieron categorizar y evaluar de manera precisa todas las tareas posibles dentro de las partidas más representativas del proyecto, como el acero, el encofrado y el concreto. La evaluación sistemática de estos proyectos permitió al autor obtener una serie de indicadores clave que proporcionan un diagnóstico claro sobre la situación actual de la productividad en el sector de la construcción en Tacna. De acuerdo con los resultados obtenidos, el porcentaje promedio de trabajo productivo se situó en un 41%, cifra que, según la evaluación complementaria, podría incluso reducirse a un 36% debido a factores adicionales identificados durante las mediciones. Además, se registró un 34% de trabajo contributivo, que se relaciona principalmente con actividades como el transporte de materiales, y un 25% de trabajo no contributivo, compuesto por tiempos de espera y la necesidad de rehacer tareas previamente ejecutadas. Estos resultados ponen en evidencia la existencia de un nivel de productividad con pérdidas significativas, tanto superficiales como internas, lo que representa una oportunidad clara para la implementación de un modelo de mejora continua. La aplicación del enfoque Lean Construction, con su énfasis en procesos eficientes, flujos continuos y la reducción de desperdicios, tiene el potencial de transformar radicalmente la manera en que se gestiona el trabajo en el sector de la construcción en Tacna. Al identificar y corregir las ineficiencias actuales, se podrían mejorar considerablemente los indicadores de productividad, lo que redundaría en beneficios tanto para las empresas constructoras como para los clientes y la comunidad en general. Finalmente, la investigación destaca la importancia de que el sector adopte una mentalidad orientada hacia la mejora continua,



apoyada en la implementación de sistemas de medición periódica y la colaboración entre los diferentes actores involucrados. Esto no solo permitirá mejorar los rendimientos actuales, sino también establecer una base sólida para la sostenibilidad y competitividad del sector en el futuro, posicionando a Tacna como una región que apuesta por la innovación en el ámbito de la construcción.

(Gutierrez Facundo, 2016) en su tesis "Gestión de productividad en la partida de acabados en la construcción de un edificio multifamiliar aplicando los conceptos de la filosofía Lean Construction". El propósito principal del presente proyecto de investigación es demostrar cómo es posible gestionar la producción de manera efectiva para optimizar la productividad, reducir costos y disminuir los tiempos de ejecución en la construcción de un edificio multifamiliar. Para ello, se aplican los conceptos y herramientas de la filosofía Lean Construction, que han demostrado ser un enfoque innovador y eficiente en el sector de la construcción. Este estudio se enfoca en un caso específico: la edificación del River Side Club House, ubicado en el distrito de Pueblo Libre, Lima, y construido por la empresa Tale Constructora SAC. En los primeros capítulos de este trabajo se detallan la metodología de investigación adoptada y las teorías fundamentales de Lean Construction, las cuales guían la implementación de estrategias durante el desarrollo de la obra. Lean Construction se basa en la eliminación de desperdicios y la mejora continua, principios que se traducen en un mejor control sobre los procesos constructivos. Con este marco teórico, se establecieron las bases para aplicar las herramientas de Lean Construction, buscando identificar y corregir las ineficiencias presentes en el proyecto. Durante la ejecución del River Side Club House, se recolectaron datos reales de todos los procesos constructivos a nivel general de actividades, lo que permitió tener una visión global del desempeño del proyecto. Particularmente, se detectaron retrasos significativos en la partida de tarrajeo de cielo raso, una actividad clave en la fase de acabados. Estos retrasos fueron identificados utilizando la herramienta Lookahead del sistema Last Planner, una metodología que



forma parte integral de Lean Construction y que permite prever posibles obstáculos en la planificación a corto plazo. Una vez detectados los retrasos, se procedió a medir los rendimientos reales de la partida de tarrajeo de cielo raso, comparándolos con los índices de producción presupuestados inicialmente. El objetivo era asegurar que el índice de producción semanal no superara los niveles estimados, ya que esto indicaría una disminución en la eficiencia de la cuadrilla encargada de esta actividad. A partir de estas mediciones, se inició el proceso de evaluación con la herramienta de carta balance, que permitió identificar con mayor precisión los problemas específicos que enfrentaba la cuadrilla durante la ejecución de esta partida. La carta balance resultó ser una herramienta crucial para comprender las dificultades internas que afectaban la producción. Entre los principales problemas identificados se encontraban la falta de coordinación entre los equipos de trabajo, demoras en la entrega de materiales y tiempos muertos derivados de una planificación inadecuada. Estas ineficiencias no solo generaban retrasos, sino también un incremento en los costos de mano de obra, afectando directamente la rentabilidad del proyecto. Con base en los problemas diagnosticados, se elaboró una propuesta de mejora enfocada en optimizar los recursos disponibles y reducir los desperdicios en el proceso de tarrajeo de cielo raso. Entre las acciones implementadas se incluyó una mejor coordinación entre las cuadrillas, la optimización del flujo de materiales y el ajuste de las tareas diarias para asegurar que los trabajadores pudieran operar de manera continua y sin interrupciones. Además, se realizaron ajustes en la programación de actividades para evitar la acumulación de tareas pendientes que generaban cuellos de botella en la producción. Los resultados de estas mejoras fueron significativos: se logró una optimización notable en la mano de obra, reduciendo los tiempos de ejecución de la partida y, en consecuencia, los costos asociados a esta actividad. La cuadrilla experimentó una mejora en su rendimiento, lo que permitió que la producción alcanzara los niveles esperados sin sobrepasar los índices presupuestados. Estos resultados no solo beneficiaron la ejecución de la partida de tarrajeo de cielo raso, sino que también sentaron un precedente para la aplicación de



Lean Construction en futuras actividades dentro del mismo proyecto. En conclusión, la aplicación de la filosofía Lean Construction en el proyecto River Side Club House demostró ser una herramienta eficaz para la gestión de la producción en la construcción de edificios multifamiliares. Al utilizar herramientas como el Last Planner y la carta balance, fue posible identificar problemas antes de que impactaran gravemente en los tiempos de entrega y costos. Asimismo, las propuestas de mejora implementadas no solo optimizaron el rendimiento de las cuadrillas, sino que también contribuyeron a una mayor eficiencia global en la ejecución del proyecto. Este enfoque puede ser replicado en otros proyectos de construcción, ofreciendo una solución efectiva para mejorar la productividad, reducir costos y cumplir con los plazos establecidos sin comprometer la calidad del trabajo realizado.

(Layme Sánchez, 2017) su tesis "Modelo para mejorar la productividad de la mano de obra en edificaciones utilizando las herramientas del sistema Lean Construction en la ciudad del Cusco". En esta investigación se llevará a cabo una implementación exhaustiva de las herramientas de gestión derivadas de la filosofía Lean Construction en un proyecto inmobiliario situado en la ciudad del Cusco. Como primer paso, se realizará un diagnóstico comparativo entre este proyecto y una edificación de características similares que sigue métodos constructivos convencionales. Este análisis comparativo se centrará en el método de trabajo, permitiendo identificar las diferencias y oportunidades de mejora que ofrece la filosofía Lean Construction en términos de eficiencia y productividad. El objetivo principal es analizar y describir de manera detallada cómo se aplican las herramientas más relevantes de Lean Construction en el contexto de la obra, mostrando no solo el proceso de implementación, sino también el impacto que estas herramientas tienen en cada fase del proyecto. Esto incluirá un desglose completo de las herramientas, como el Last Planner System, la Carta Balance, y otros métodos de gestión del flujo de trabajo y reducción de desperdicios. La intención es que esta investigación sirva como una guía práctica tanto para profesionales de la construcción



como para empresas que deseen adoptar Lean Construction en sus propios proyectos. A través de una descripción detallada de la metodología de aplicación de cada herramienta, se pretende facilitar su comprensión y uso en futuros proyectos. Por otro lado, se realizará un análisis riguroso de los resultados de productividad obtenidos antes y durante la implementación de las herramientas Lean Construction. Estos resultados se compararán no solo con los estándares de un proyecto de referencia similar, sino también con los estándares nacionales de construcción y datos internacionales. Esta comparación será fundamental para demostrar de manera cuantitativa los beneficios que aporta Lean Construction en términos de mejora de la productividad, reducción de tiempos de ejecución y optimización de costos. El enfoque en la productividad permitirá destacar la capacidad de Lean Construction para aumentar la eficiencia operativa sin comprometer la calidad del proyecto. A lo largo de la investigación, se abordarán aspectos clave como la gestión de recursos, la reducción de desperdicios, la mejora en la coordinación entre equipos de trabajo y la optimización de los flujos de materiales. Cada uno de estos aspectos será analizado a través de los datos obtenidos durante el desarrollo del proyecto en Cusco, lo que permitirá identificar tanto los logros como los desafíos enfrentados durante la implementación. Además, se profundizará en la evaluación del impacto que las herramientas Lean tienen en la reducción de los tiempos muertos y en la prevención de errores, que suelen ser comunes en proyectos que utilizan métodos tradicionales. Finalmente, se realizará un análisis integral del desarrollo y performance del proyecto inmobiliario con el objetivo de extraer conclusiones que sean aplicables no solo a este caso específico, sino que también puedan ser adoptadas por otras empresas dentro del sector. Las propuestas de mejora que surgirán de este análisis estarán enfocadas en fortalecer la capacidad de las organizaciones para aplicar Lean Construction en sus futuros proyectos, promoviendo una cultura de mejora continua. Este enfoque hacia la mejora continua es uno de los pilares fundamentales de Lean Construction y representa una herramienta poderosa para la transformación del sector de la construcción en términos de eficiencia, sostenibilidad y calidad. La investigación



concluirá con un conjunto de recomendaciones prácticas que pueden ser aplicadas por la empresa en cuestión, así como por otras organizaciones interesadas en optimizar sus procesos de construcción. Estas recomendaciones estarán orientadas a la adopción de una metodología basada en procesos eficientes, la eliminación de actividades que no añaden valor y la implementación de un sistema de gestión más dinámico y flexible, capaz de adaptarse a las necesidades cambiantes de cada proyecto. En última instancia, este trabajo no solo busca demostrar los beneficios tangibles de Lean Construction, sino también sentar un precedente para la incorporación de estas prácticas en el sector de la construcción en Cusco y en todo el país, promoviendo la innovación y la excelencia operativa en la ejecución de proyectos inmobiliarios.

### **2.1.3 Antecedentes regionales.**

(Mamani Ayma, 2016) Esta tesis denominada "ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA EDIFICACIÓN APLICANDO LA FILOSOFÍA DE LEAN CONSTRUCTION", El objetivo principal de este estudio es poner en práctica la filosofía Lean Construction en proyectos de construcción, aplicándola de manera exploratoria, descriptiva y explicativa para analizar y medir la productividad en tres obras ejecutadas en la región de Puno. La implementación de Lean Construction permitió obtener una serie de resultados clave, como el Índice General de Productividad (IGP), que alcanzó un 94.99%. Además, se determinó que los Trabajos Productivos (TP) realizados por los obreros representaron un 21.88% del tiempo total de trabajo, mientras que los Trabajos Contributivos (TC), aquellos que apoyan la producción pero no agregan valor directo, ocuparon un 34.47% del tiempo. Por otro lado, los Trabajos No Contributivos (TNC), que no aportan al proceso productivo y generan pérdidas de tiempo y recursos, representaron un significativo 43.65%. Estos hallazgos reflejan un escenario de baja eficiencia en la ejecución de las obras, lo que se atribuye principalmente a tres factores críticos. El primero de ellos es la ineficiencia en la planificación y programación de las obras, que afecta directamente la capacidad de los equipos para cumplir con los



tiempos y plazos establecidos. El segundo factor es la gestión ineficaz de la logística, que provoca retrasos en la entrega de materiales y recursos, generando tiempos muertos que impactan negativamente en la productividad. Finalmente, se identificó el desaprovechamiento del recurso humano, en especial la mano de obra, que no se utiliza de manera óptima, lo que conduce a que los trabajadores dediquen una parte considerable de su tiempo a realizar tareas que no contribuyen al valor final del proyecto. A pesar de que otros factores identificados en el proyecto de investigación también influyen en la productividad, estos tres se destacan como los más significativos en la generación de ineficiencias dentro del proceso constructivo. Para abordar estas problemáticas y mejorar la productividad, se propone un nuevo sistema de producción basado en los principios de Lean Construction, cuyo enfoque central es la eliminación de las principales causas de pérdidas en las construcciones. Este sistema de producción plantea una distinción clara entre dos tipos de actividades dentro del proceso productivo: las conversiones y los flujos. Las conversiones son todas aquellas actividades que transforman los materiales e información en productos, es decir, son las actividades que agregan valor al proceso productivo, ya que cumplen con los requerimientos del cliente y se consideran esenciales en la creación de valor. Por el contrario, los flujos incluyen todas las actividades que no agregan valor, pero que consumen tiempo, recursos y espacio, generando costos innecesarios en el proceso de producción. Este tipo de actividades debe ser minimizado o eliminado, siempre que sea posible, para optimizar los recursos y reducir los costos. Uno de los principios fundamentales de la filosofía Lean Construction es que abarca todo el ciclo de vida del proyecto, desde su concepción y definición inicial, pasando por su diseño y construcción, hasta su uso final. Esta visión integral permite que Lean Construction no solo se aplique a la etapa constructiva, sino que influya en cada fase del proyecto, garantizando que todos los recursos se utilicen de la manera más eficiente posible y que las pérdidas se reduzcan al mínimo en cada etapa. La presente investigación se ha enfocado en la etapa de construcción, ya que es en esta fase donde se maneja la mayor cantidad de recursos financieros, y donde las decisiones



sobre planificación y ejecución tienen un impacto directo en el costo final y en la rentabilidad del proyecto. Al aplicar los principios de Lean Construction, se busca lograr un "ensamblaje sin pérdidas", es decir, un proceso constructivo en el que cada actividad esté orientada a agregar valor, eliminando los desperdicios de tiempo y recursos que normalmente afectan negativamente a la productividad. Los resultados obtenidos en esta investigación no solo proporcionan una visión clara de la situación actual de la productividad en las obras analizadas, sino que también ofrecen una base sólida para la implementación de mejoras concretas. El nuevo sistema de producción propuesto, basado en la distinción entre conversiones y flujos, permite a las empresas constructoras identificar con precisión cuáles son las actividades que deben optimizarse y cuáles deben eliminarse, creando un entorno de trabajo más eficiente y rentable. En conclusión, la aplicación de Lean Construction en estas tres obras en la región de Puno ha demostrado que, aunque existe un margen significativo de mejora en términos de productividad, la implementación de herramientas y metodologías adecuadas puede transformar radicalmente el desempeño de los proyectos. Este enfoque no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también promueve una cultura de mejora continua, lo que garantiza que las empresas puedan adaptarse a los desafíos futuros y mantenerse competitivas en el sector de la construcción.

(Ardiles Herrera, 2020) en sus tesis "Evaluación de la gestión técnica y su relación con la productividad y eficiencia en la ejecución en obras de construcción vial en la ciudad de Puno, ejecutadas por la municipalidad provincial de Puno – 2019". La ciudad de Puno se encuentra en un proceso continuo de crecimiento y expansión urbana, lo que ha generado una demanda significativa de obras de infraestructura, especialmente pavimentos urbanos. Sin embargo, muchos sectores de la ciudad aún carecen de pavimentos adecuados, lo que convierte a este tipo de proyectos en las intervenciones más frecuentes en la zona. Ante esta situación, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal evaluar y analizar la gestión técnica en la ejecución de estas



obras, el índice de productividad de la mano de obra, así como la incidencia que tiene el uso de la mano de obra en el presupuesto total de las obras de construcción vial en la ciudad de Puno. Para lograr una evaluación precisa del nivel de gestión en cada obra, se aplicaron encuestas a los responsables del proyecto y se realizaron observaciones directas en campo. De esta manera, se garantizó que la información recolectada fuera fiel a la realidad de la ejecución de las obras. Este enfoque permitió obtener una visión clara del desempeño en términos de planificación, coordinación y uso eficiente de los recursos. Adicionalmente, se realizó un muestreo específico para contabilizar los diferentes tipos de trabajo realizados en las obras, utilizando herramientas provenientes de la filosofía Lean Construction, como el Nivel General de Actividad. Estas categorías incluyen el Trabajo Productivo (TP), que representa las actividades que directamente agregan valor al proyecto; el Trabajo Contributivo (TC), que no agrega valor directo pero es necesario para la realización de los trabajos productivos; y el Trabajo No Productivo (TNP), que son actividades que no aportan valor y que deben minimizarse. Este análisis permitió una clasificación detallada de cómo se distribuyen las actividades dentro del proceso constructivo, lo que es fundamental para entender dónde se encuentran las mayores ineficiencias. Para medir la incidencia de la mano de obra en el costo total de las obras, se tomaron en cuenta las partidas ejecutadas y los gastos asociados al pago del personal en planilla. Esto permitió establecer una relación entre el costo de la mano de obra y la cantidad de trabajo realmente productivo, lo que es esencial para identificar oportunidades de mejora en la gestión de los recursos humanos dentro del proyecto. El índice de productividad promedio obtenido a partir de la evaluación de las obras de construcción vial en Puno fue del 24.11%. Este porcentaje refleja una baja eficiencia en términos de trabajo productivo, lo que pone de manifiesto que una parte significativa del tiempo laboral se destina a actividades contributivas o no productivas. Este resultado resalta la necesidad de mejorar la gestión técnica para incrementar la cantidad de trabajo que efectivamente agrega valor al proyecto. En cuanto al nivel de gestión técnica en las obras evaluadas, se clasificó el desempeño en diferentes categorías. En cuatro de las



obras analizadas, se determinó que el nivel de gestión correspondía a una "Gestión IV", que indica una gestión inadecuada. En otras dos obras, el nivel de gestión fue clasificado como "Gestión III", lo que indica un bajo nivel de gestión. Estos resultados muestran que existe una brecha significativa en la planificación y ejecución de las obras de pavimentación en Puno, lo que está afectando negativamente la productividad general de los proyectos. Además, al analizar la relación entre la participación de la mano de obra y los costos en planilla, se observó que existe una correlación clara entre los trabajos ejecutados y los gastos de mano de obra. Esto indica que la forma en que se gestiona el personal tiene un impacto directo en los costos del proyecto, lo que sugiere que una mejora en la gestión de la mano de obra podría resultar en una optimización del presupuesto total de la obra. Finalmente, el estudio concluye que existe una correlación positiva y fuerte entre las variables de gestión técnica y productividad, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.798. Esto significa que a medida que mejora la gestión técnica, también aumenta la productividad en las obras, lo que subraya la importancia de mejorar la planificación y la coordinación de los recursos en los proyectos de construcción vial. Por otro lado, se encontró una correlación negativa y débil ( $r$ -Pearson = -0.155) entre la gestión técnica y la eficiencia en el uso de la mano de obra. Esto sugiere que, aunque la mejora de la gestión técnica puede aumentar la productividad general, no siempre se traduce directamente en una mayor eficiencia en el uso del personal, lo que indica que hay otros factores en juego que también deben ser abordados. En conclusión, esta investigación evidencia que la gestión técnica deficiente es uno de los principales obstáculos para la productividad en las obras de construcción vial en Puno. La implementación de mejores prácticas de gestión, basadas en principios como los de Lean Construction, podría ayudar a reducir las actividades no productivas y maximizar el uso eficiente de la mano de obra, lo que tendría un impacto positivo tanto en los costos como en los tiempos de ejecución. A través de la adopción de estas estrategias, las empresas constructoras en Puno pueden mejorar significativamente su desempeño y contribuir al crecimiento y desarrollo sostenible de la infraestructura urbana en la región.



(Flores Cervantes, 2016) en su tesis "Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de la construcción del estadio de la UNA – Puno". La filosofía Lean Construction tuvo sus inicios en la década de 1990, cuando se adaptaron las teorías de producción de grandes fábricas, conocidas como Lean Production, para aplicarlas en la industria de la construcción. A pesar de su éxito en otros países, su difusión y aplicación en nuestro país ha sido limitada y ha quedado restringida a un pequeño grupo de empresas que, desde hace algunos años, han implementado esta metodología con resultados prometedores. Este trabajo de investigación técnica y aplicada, que combina un enfoque exploratorio, descriptivo y explicativo, tiene como objetivo proponer la aplicación de Lean Construction como método integral de planificación, programación, ejecución y control en un proyecto de gran envergadura: la construcción del estadio de la Universidad Nacional del Altiplano, en Puno. A lo largo de la investigación, se describen de manera detallada los principales conceptos y herramientas de Lean Construction para sentar una base teórica sólida que respalde la propuesta de implementación. Se incluye una explicación exhaustiva de cómo estas herramientas pueden aplicarse en el contexto de la construcción, adaptándolas a las necesidades específicas del proyecto en cuestión. Entre las herramientas más relevantes que se analizan están el Last Planner System, la sectorización, el Nivel General de Actividad, y las Cartas de Balance, las cuales han demostrado ser sumamente útiles para mejorar la eficiencia y reducir los desperdicios en proyectos de construcción. El propósito de esta descripción detallada es doble: por un lado, difundir la metodología entre profesionales del sector, y por otro, ofrecer una guía práctica para gerencias de infraestructura que deseen implementar Lean Construction en sus propios proyectos. Una de las grandes ventajas de Lean Construction es su capacidad para mejorar significativamente la coordinación y la comunicación entre los diferentes actores involucrados en un proyecto. En lugar de centrarse únicamente en los resultados finales, esta metodología pone un énfasis particular en la gestión de los flujos de trabajo, asegurando que las actividades productivas se realicen de manera eficiente, y que se



minimicen o eliminen aquellas que no agregan valor. En el caso del proyecto del estadio de la Universidad Nacional del Altiplano, se implementaron diversas herramientas de Lean Construction para optimizar el uso de los recursos y garantizar que cada fase del proyecto se desarrollara conforme a los plazos y presupuestos establecidos. En este trabajo, se desarrolló también una guía de aplicación práctica, detallando cómo aplicar estas herramientas en cada fase del proyecto. La metodología de Lean Construction no solo implica un cambio en la forma de planificar, sino también en la manera de ejecutar y controlar los procesos constructivos. Al seguir la guía propuesta, las empresas podrán implementar prácticas de mejora continua, lo que a su vez se traducirá en una mayor competitividad y en la reducción de costos y tiempos de ejecución. Durante la implementación de Lean Construction en el proyecto, se realizó un análisis exhaustivo de los resultados de productividad. Los datos obtenidos mostraron los siguientes promedios: un 36% del tiempo total de trabajo se dedicó a actividades de Trabajo Productivo (TP), un 44% a Trabajo Contributivo (TC), y un 20% a Trabajo No Contributivo (TNC). Estos porcentajes son indicativos del estado actual de la gestión de los recursos en el proyecto y reflejan la existencia de una gran oportunidad para mejorar la eficiencia en el uso de la mano de obra y los materiales. Los resultados obtenidos en esta investigación se compararon con los estándares de obras de construcción tanto a nivel nacional como internacional. Esta comparación permitió identificar áreas clave en las que el proyecto del estadio de la Universidad Nacional del Altiplano podría beneficiarse aún más de la implementación de Lean Construction, particularmente en la reducción del tiempo dedicado a actividades no productivas. La filosofía Lean propone que se debe maximizar el tiempo invertido en actividades productivas, reducir al mínimo el trabajo contributivo, y eliminar, en la medida de lo posible, las actividades no productivas. Finalmente, se realizó un análisis detallado del desarrollo y performance del proyecto a lo largo de su ejecución. Este análisis permitió extraer conclusiones que no solo son útiles para el proyecto en estudio, sino que también ofrecen valiosas lecciones para futuras implementaciones de Lean Construction en otros proyectos de infraestructura. Las



propuestas de mejora que surgieron de este análisis están orientadas a optimizar aún más los procesos de planificación y ejecución, con el fin de asegurar que los proyectos futuros se desarrollen con mayor eficiencia y con un uso más racional de los recursos. En conclusión, la presente investigación no solo demuestra los beneficios tangibles de la filosofía Lean Construction en la mejora de la productividad y la reducción de desperdicios en el sector de la construcción, sino que también ofrece una herramienta práctica para profesionales y empresas que deseen aplicar esta metodología en sus proyectos. Al implementar Lean Construction, se puede lograr una mejor gestión de los recursos, un aumento en la eficiencia operativa y, en última instancia, una mayor satisfacción tanto para los clientes como para los equipos de trabajo involucrados. Esta investigación contribuye de manera significativa al conocimiento sobre Lean Construction en el país y establece un precedente para su aplicación en proyectos de infraestructura a gran escala.

## **2.2 Bases teóricas.**

### **2.2.1 La filosofía Lean**

Los principios fundamentales de Lean Construction como una filosofía de trabajo tienen sus raíces en Japón alrededor de la década de 1950, cuando fueron implementados en el sistema de producción de Toyota, conocido como Toyota Production System (TPS). Este sistema fue desarrollado por los ingenieros Shigeo Shingo y Taiichi Ohno, quienes buscaban crear un proceso de manufactura más eficiente y flexible. En el núcleo del TPS se encontraba la idea de producir cantidades relativamente pequeñas de productos, manteniendo costos bajos, y con un enfoque riguroso en la eliminación de desperdicios y la mejora continua. Este enfoque permitió a Toyota no solo optimizar su producción, sino también destacarse en el competitivo mercado automotriz global. Los éxitos del TPS trascendieron las fronteras de Japón y comenzaron a ser reconocidos a nivel internacional, especialmente en la década de



1970, cuando Toyota empezó a superar a las grandes empresas automotrices estadounidenses. Ante estos resultados sobresalientes, un grupo de investigadores del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), encabezado por James P. Womack, viajó a Japón a finales de la década de 1980 para estudiar el sistema. A su regreso, estos investigadores introdujeron el término "Lean Manufacturing" o "Lean Production" para describir el enfoque de producción eficiente de Toyota, y se encargaron de difundir los conceptos clave a nivel mundial. La filosofía de Lean Production se centra en la reducción de los principales tipos de desperdicio que afectan la productividad en sectores industrializados. Estos tipos de desperdicio incluyen la sobreproducción, el exceso de inventario, el tiempo de espera, los defectos, el transporte innecesario, los movimientos ineficientes y el exceso de procesamiento. Al enfocarse en la eliminación de estas ineficiencias, Lean Production ha demostrado ser una metodología efectiva para mejorar significativamente la productividad y la eficiencia de las industrias. Cuando estos principios se trasladaron al ámbito de la construcción, se identificaron problemas comunes como las programaciones poco confiables, el exceso de desperdicios de materiales, la falta de coordinación en los procesos y la gestión ineficaz de los recursos. A medida que la complejidad de los proyectos de construcción aumentaba, se hacía más evidente la necesidad de mejorar la gestión de estos proyectos, y fue en este contexto que surgieron esfuerzos por adaptar los principios de Lean Production a la industria de la construcción.

En 1992, el ingeniero irlandés Lauri Koskela publicó un documento clave titulado "Application of the New Production Philosophy to Construction". En este documento, Koskela presentó los primeros acercamientos sistemáticos para aplicar los principios de Lean Production a la construcción, sentando las bases para lo que hoy conocemos como Lean Construction. Koskela integró conceptos avanzados de administración moderna, tales como el Mejoramiento Continuo (Kaizen), el Justo a Tiempo (Just-in-Time), y la ingeniería de métodos, en un marco teórico que reformulaba los enfoques tradicionales de planificación y control en las obras de construcción.

Lean Construction, al igual que su contraparte industrial, se enfoca en la reducción de desperdicios y en la creación de valor para el cliente a través de procesos eficientes. Sin embargo, la construcción presenta desafíos únicos, como la naturaleza más variable y menos controlada de los proyectos en comparación con la manufactura, lo que llevó a la necesidad de adaptar y desarrollar nuevas herramientas específicas para esta industria. Entre las herramientas y conceptos clave que se desarrollaron dentro de Lean Construction destacan el Last Planner System, la sectorización de las obras, el control del flujo de materiales, y el uso de cartas balance para optimizar los recursos humanos y materiales.

Koskela, a través de su investigación, propuso un nuevo enfoque de Control de Producción en la construcción, en el que se priorizaba la planificación más precisa y flexible, la reducción de la variabilidad, y el enfoque en el flujo de trabajo continuo. Este modelo de producción representa una ruptura con las prácticas tradicionales de construcción, que históricamente se han basado en cronogramas rígidos y una alta dependencia en el stock de materiales y recursos.

En resumen, los principios de Lean Construction nacen de una adaptación de las exitosas prácticas de Lean Manufacturing a la industria de la construcción, con el objetivo de abordar problemas crónicos de desperdicio, retrasos y mala gestión de recursos. A través de la eliminación sistemática de actividades que no añaden valor y la mejora continua, Lean Construction se ha consolidado como una de las metodologías más efectivas para transformar la forma en que se gestionan y ejecutan los proyectos de construcción a nivel global.

### **2.2.1.1 Principios de Lean Production en el Diseño y Control de la Producción**

Los elementos fundamentales que caracterizan esta filosofía fueron sistematizados en la obra de Koskela (1992), donde se integran conceptos clave que reformulan la gestión de producción para optimizar su rendimiento:



- **Mejoramiento Continuo (Kaizen):** Este principio se enfoca en la búsqueda constante de formas de mejorar los procesos de producción, a través de la identificación y eliminación de desperdicios, y la optimización de la eficiencia. La mejora continua es una de las piedras angulares de Lean Production, permitiendo a las organizaciones adaptarse y mejorar continuamente sus operaciones.
- **Producción Justo a Tiempo (Just-in-Time, JIT):** El objetivo del JIT es mantener los niveles de producción sincronizados con la demanda del cliente, minimizando o eliminando la necesidad de mantener inventarios grandes. Esto reduce los costos de almacenamiento, mejora el flujo de trabajo y garantiza que los productos lleguen al cliente en el momento exacto en que se necesitan.
- **Flexibilidad:** La capacidad de adaptarse rápidamente a los cambios en las demandas del mercado o en los requisitos del cliente sin comprometer la calidad o la eficiencia es fundamental en Lean Production. La flexibilidad permite a las organizaciones responder de manera ágil a las fluctuaciones del entorno competitivo.
- **Trabajo en Equipo:** La colaboración entre diferentes áreas y niveles dentro de la organización es esencial para identificar y resolver problemas. El trabajo en equipo fomenta la implementación de mejoras continuas y asegura que todos los empleados contribuyan al proceso de optimización.
- **Enfoque en el Valor:** La filosofía Lean coloca al cliente en el centro del proceso productivo. Esto significa que todas las actividades deben estar alineadas con las necesidades y expectativas del cliente, asegurando que solo las acciones que agregan valor se realicen. El objetivo es maximizar el valor percibido por el cliente eliminando cualquier desperdicio.
- **Eliminación de Desperdicios:** Lean Production se enfoca en identificar y eliminar todas las actividades que no agregan valor al producto final, como el exceso de inventario, tiempos de espera innecesarios, o movimientos redundantes. Al minimizar estas ineficiencias, se optimizan los recursos y se mejora el rendimiento global del proceso de producción.



- **Mejora de la Calidad:** El enfoque en la calidad es un principio básico en Lean Production. Se busca garantizar que todos los productos cumplan con los estándares especificados y, al mismo tiempo, mejorar continuamente la calidad tanto del producto como del proceso productivo.

### 2.2.1.2 Los Siete Desperdicios en Lean Production

Kosela (1992) define siete tipos de desperdicios que las organizaciones deben identificar y eliminar para mejorar la eficiencia y optimizar sus procesos productivos:

1. **Sobreproducción:** Producir más de lo necesario o antes de que se requiera genera inventarios innecesarios, lo que incrementa los costos y complica la gestión de recursos. Este es uno de los desperdicios más costosos, ya que afecta tanto el flujo de trabajo como los recursos de almacenamiento.
2. **Tiempo de espera:** Cualquier tiempo en el que los materiales, productos o empleados están inactivos esperando a que se complete una tarea o proceso representa una pérdida de tiempo valioso. La reducción de estos tiempos es crucial para mejorar la fluidez del proceso.
3. **Transporte innecesario:** El movimiento innecesario de productos o materiales entre diferentes ubicaciones no solo añade tiempo al proceso, sino que también incrementa el riesgo de daño y aumenta los costos. Lean busca minimizar estos movimientos para crear un flujo de trabajo más eficiente.
4. **Exceso de procesamiento:** Realizar tareas adicionales que no aportan valor al producto final, como inspecciones innecesarias o pasos redundantes, incrementa los costos y el tiempo de producción. El objetivo es simplificar los procesos para que cada paso agregue valor real.
5. **Inventario:** Mantener inventarios mayores de lo necesario puede generar problemas como costos de almacenamiento, obsolescencia de productos y dificultad para detectar defectos de calidad. Lean Production propone mantener inventarios ajustados a las necesidades reales.



6. **Movimiento innecesario:** El movimiento innecesario de personas o equipos dentro del área de trabajo incrementa el riesgo de accidentes, genera fatiga y desperdicia tiempo. Optimizar los espacios de trabajo puede ayudar a reducir estos movimientos y mejorar la eficiencia.
7. **Defectos:** La producción de piezas o productos defectuosos genera costos adicionales de retrabajo, reparación o eliminación. Minimizar los defectos mejora la calidad y reduce los costos asociados con el desperdicio de materiales y tiempo.

### 2.2.1.3 Impacto de Lean Production en las Organizaciones

Al implementar Lean Production, las organizaciones pueden lograr mejoras significativas en varios frentes. La eficiencia operativa aumenta al reducir el tiempo y los recursos dedicados a actividades que no agregan valor, lo que a su vez reduce los costos de producción. Además, al enfocar los esfuerzos en satisfacer las necesidades del cliente, las organizaciones pueden mejorar la calidad de sus productos y acortar los tiempos de entrega, lo que fortalece su competitividad en el mercado.

### 2.2.1.4 Desafíos en la aplicación de lean construction

La adaptación de Lean Production al sector de la construcción enfrentó desafíos significativos debido a la complejidad inherente de los proyectos de construcción. A diferencia de la producción industrial, donde los procesos suelen ser más predecibles y estandarizados, en la construcción cada proyecto es único y se desarrolla en un entorno de alta incertidumbre. Incluso los proyectos que comparten características similares pueden requerir enfoques completamente diferentes debido a la influencia de factores como el entorno, los recursos disponibles y los agentes involucrados.

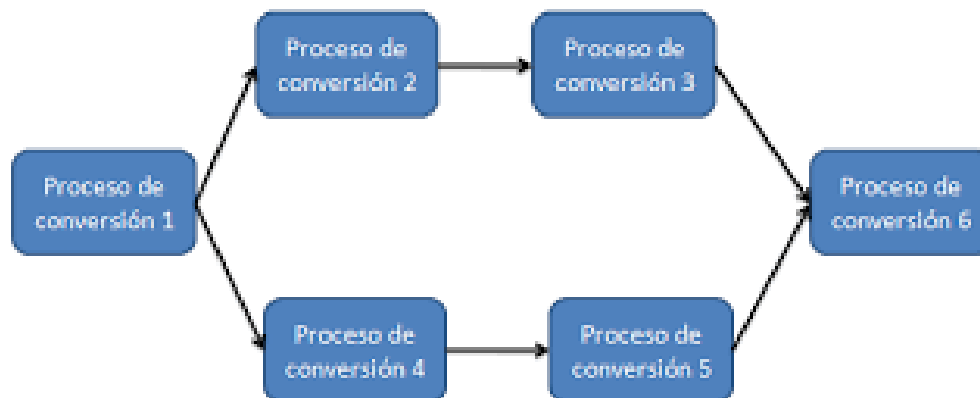
Uno de los principales desafíos que enfrenta la implementación de Lean Construction es la variabilidad que caracteriza a la industria. Esta variabilidad se debe a la multiplicidad de actores involucrados en las distintas etapas del proceso constructivo: desde los diseñadores y arquitectos hasta los subcontratistas y proveedores de

materiales. A menudo, los subcontratos en las obras de construcción trabajan bajo sus propios sistemas y prácticas, los cuales no siempre están alineados con los principios de Lean. Esto dificulta la coordinación y la implementación de mejoras sistemáticas en todo el proceso constructivo, ya que los subcontratistas no siempre están dispuestos a modificar sus métodos de trabajo en beneficio de un objetivo común.

Otro obstáculo que se presenta es la resistencia al cambio, especialmente en una industria que durante mucho tiempo ha dependido de métodos tradicionales de gestión y ejecución. El cambio hacia Lean Construction requiere un enfoque diferente, que prioriza la planificación a corto plazo, la reducción de la variabilidad y el enfoque en la entrega de valor al cliente. Esto implica no solo un cambio en la forma de gestionar las obras, sino también en la cultura organizacional de las empresas constructoras.

**Figura 1**

*Modelo de conversión de procesos*



Nota. (GHIO, 2001)

### 2.2.1.5 Beneficios de Lean Construction

A pesar de estos desafíos, la aplicación de Lean Construction ha demostrado ser efectiva en la mejora de la eficiencia y la reducción de los desperdicios en la construcción. Los beneficios incluyen la mejora en la gestión de los plazos de entrega, la optimización del uso de recursos materiales y humanos, la mejora de la calidad del

trabajo y la satisfacción del cliente. Al adoptar los principios de Lean, las empresas constructoras pueden gestionar mejor los riesgos asociados a la variabilidad de los proyectos, reduciendo los tiempos muertos y asegurando que los trabajos se realicen de manera más coordinada y eficiente.

Uno de los conceptos clave en Lean Construction es el Last Planner System (LPS), una herramienta que se utiliza para mejorar la fiabilidad de las programaciones en la construcción. LPS promueve una planificación colaborativa en la que todos los actores del proyecto participan en la definición y programación de tareas, lo que permite mejorar la coordinación y reducir las interrupciones no planificadas. Este enfoque también ayuda a reducir los desperdicios, ya que las actividades se planifican con mayor precisión y se alinean mejor con las capacidades reales de los equipos.

Otro beneficio significativo de Lean Construction es la reducción de los costos. Al eliminar las actividades que no agregan valor y optimizar el flujo de trabajo, las empresas pueden reducir los gastos asociados a los retrasos, los reprocesos y el uso ineficiente de materiales. Esto no solo mejora la competitividad de las empresas en el mercado, sino que también permite ofrecer productos de mayor calidad a los clientes.

#### **2.2.1.6 Sistema de producción efectivo.**

La filosofía de Lean Construction tiene como objetivo principal abordar las deficiencias inherentes a los métodos de construcción tradicionales, particularmente en lo que respecta a los costos elevados, plazos extensos y la baja productividad en los proyectos. Para cumplir con este propósito, Lean Construction establece un sistema de producción eficaz mediante la implementación de tres objetivos fundamentales, priorizados en un orden específico para maximizar los resultados. Estos objetivos son asegurar que los flujos de trabajo sean continuos, lograr flujos eficientes y, finalmente, optimizar los procesos. A continuación, se describe cada uno de estos objetivos y las herramientas asociadas para alcanzarlos.

### **1. Asegurar que los flujos no se detengan**

El primer y más importante objetivo de Lean Construction es garantizar que los flujos de trabajo no se interrumpan, lo que implica mantener un flujo continuo de actividades y recursos. En esta etapa, el enfoque se centra en la continuidad de los procesos sin preocuparse inicialmente por la eficiencia de cada uno. La razón detrás de esta prioridad es que, al mantener los flujos en movimiento, es más fácil identificar las fallas y cuellos de botella en el sistema. Estos puntos problemáticos se pueden abordar más adelante, una vez que se tenga una visión clara de los flujos entre los distintos procesos.

Al lograr la continuidad, como se aprecia en la imagen mencionada, se observa que aunque el proceso global continúa, existen pérdidas debido a la desigual capacidad de producción de cada proceso, lo que da lugar a flujos desequilibrados. Este desequilibrio puede generar ineficiencias, pero se consideran tolerables en esta primera etapa para permitir el avance y la identificación de áreas de mejora.

Para asegurar que el flujo continúe sin interrupciones, la filosofía Lean Construction sugiere dos acciones clave: el manejo de la variabilidad y la implementación del sistema Last Planner.

- **Manejo de la variabilidad:** En proyectos de infraestructura, especialmente aquellos que están alejados de los centros urbanos, la variabilidad en los flujos es mayor, lo que afecta la continuidad del trabajo. Para manejar esta variabilidad, Lean Construction propone el uso de Buffers, que actúan como márgenes de seguridad para absorber fluctuaciones y evitar que las interrupciones afecten gravemente el sistema.
- **Sistema Last Planner:** Esta herramienta es particularmente útil en proyectos de edificación donde la variabilidad es más controlable. El Last Planner asegura que las actividades planificadas se ejecuten con una mayor probabilidad de éxito, incrementando así la confiabilidad del proceso constructivo. Al implementar este sistema, se mejora la precisión de la planificación y se reduce la incertidumbre, garantizando que los flujos de trabajo no se detengan.

## 2. Lograr flujos eficientes

Una vez que se ha asegurado la continuidad de los flujos, el siguiente objetivo de Lean Construction es lograr que estos flujos sean eficientes. Esto implica equilibrar el trabajo entre los distintos procesos para que el sistema funcione de manera sincronizada. La eficiencia de los flujos se consigue dividiendo equitativamente la cantidad de trabajo entre los diferentes procesos, lo que permite que los recursos sean utilizados de manera óptima y que el trabajo fluya de forma equilibrada.

Para alcanzar flujos eficientes, Lean Construction utiliza los principios de la física de producción y el concepto de tren de actividades.

- **Física de producción:** Este enfoque se basa en la teoría de restricciones, que establece que el sistema de producción está limitado por el proceso que tiene la menor capacidad de flujo. En otras palabras, el proceso más lento determina la capacidad total del sistema. Por lo tanto, para equilibrar los flujos entre procesos, es necesario identificar el proceso que genera el menor flujo y trabajar en su mejora, permitiendo así que todo el sistema funcione de manera más eficiente.
- **Tren de actividades:** Este concepto propone dividir la carga de trabajo en partes iguales para que cada proceso pueda ejecutarse dentro del mismo tiempo, con una secuencia lineal y balanceada de actividades. Al hacerlo, se asegura que los recursos se distribuyan de manera adecuada y que los procesos puedan ejecutarse sin interrupciones o retrasos innecesarios.

Con la implementación de estas herramientas, se logra un flujo continuo y simétrico entre los procesos, lo que cumple con el segundo objetivo de Lean Construction: la eficiencia de los flujos de trabajo.

## 3. Lograr procesos eficientes

El tercer y último objetivo de Lean Construction, una vez que se han alcanzado flujos continuos y eficientes, es optimizar los procesos individuales para maximizar la eficiencia general del sistema de producción. Esta etapa se centra en la mejora interna de cada proceso a través de la eliminación de desperdicios y el uso óptimo de los

recursos disponibles. Aquí, el objetivo es hacer que cada proceso sea lo más eficiente posible, lo que, a su vez, mejorará la eficiencia del sistema en su conjunto.

Para optimizar los procesos, Lean Construction propone el uso de herramientas como las cartas de balance y el nivel general de actividad.

- **Cartas de balance:** Esta herramienta permite analizar el estado de un proceso y visualizar la distribución del trabajo en relación con el tiempo disponible. A través de la carta de balance, se pueden identificar ineficiencias y áreas de mejora en cada proceso, lo que facilita la eliminación de actividades que no agregan valor y el ajuste de recursos para optimizar el rendimiento.
- **Nivel general de actividad:** Esta herramienta ayuda a entender cómo se distribuye la actividad en cada proceso y qué áreas requieren ajustes para mejorar la eficiencia. A partir de este análisis, se pueden tomar decisiones informadas para eliminar los desperdicios y mejorar la productividad de los procesos individuales.

Al aplicar estas herramientas, se logran procesos bien dimensionados que maximizan el uso de los recursos y eliminan las ineficiencias. Con esto, se cumple el tercer objetivo de Lean Construction: asegurar que todos los procesos dentro del sistema de producción sean eficientes, lo que contribuye a un flujo de trabajo óptimo y continuo a lo largo del proyecto.

### **2.2.2 Lean Project Delivery System**

El Lean Project Delivery System (LPDS) es una metodología integral desarrollada por el Lean Construction Institute (LCI), cuyo objetivo es implementar de manera estructurada los principios y herramientas Lean en proyectos de construcción. Su propósito principal es aumentar la eficiencia operativa a lo largo de todas las fases del ciclo de vida de un proyecto, desde su concepción hasta su finalización. Esta metodología es una evolución de los conceptos Lean, los cuales se derivaron originalmente del estudio de las teorías de producción de la industria manufacturera, específicamente del Toyota Production System (TPS).

En sus inicios, las herramientas y principios de Lean se aplicaban mayormente en la fase constructiva u operativa de los proyectos, ya que fue ahí donde se detectaron los primeros beneficios en términos de reducción de desperdicios, mejora de tiempos de ejecución y aumento de la productividad. Sin embargo, con el tiempo y debido a los resultados positivos obtenidos, estas teorías comenzaron a extenderse a otras fases del proyecto, tales como el diseño y la planificación, dando lugar a un sistema integral que abarca todo el ciclo de vida de la construcción: el Lean Project Delivery System (LPDS).

### **Características del Lean Project Delivery System (LPDS)**

El LPDS presenta varias características que lo diferencian de los enfoques tradicionales de gestión de proyectos en la construcción. Estas características refuerzan la idea de que un proyecto debe ser abordado como un sistema integral, donde la colaboración y la eficiencia son claves para el éxito. A continuación, se detallan sus principales características:

1. **Colaboración y trabajo en equipo:** El LPDS promueve una estrecha colaboración entre todos los actores involucrados en el proyecto, como propietarios, diseñadores, contratistas y subcontratistas. En lugar de trabajar de manera aislada y con intereses individuales, esta metodología busca que cada participante contribuya al proyecto con sus habilidades y conocimientos, lo que genera una sinergia positiva que mejora el resultado final. El trabajo en equipo se prioriza, garantizando que todos los involucrados persigan un objetivo común, centrado en el éxito del proyecto.
2. **Enfoque en el valor para el cliente:** Una de las premisas fundamentales del LPDS es colocar al cliente en el centro de todas las decisiones. Esto implica comprender profundamente las necesidades y expectativas del cliente para poder maximizar el valor entregado en el proyecto. La metodología Lean en la construcción no se trata solo de optimizar procesos internos, sino de asegurar que todas las actividades agreguen valor desde la perspectiva del cliente, garantizando su satisfacción al final del proyecto.



3. **Eliminación de desperdicios:** El LPDS tiene como objetivo identificar y eliminar todas las actividades que no agregan valor al producto final. Esto incluye la reducción de desperdicios tanto en tiempo como en recursos. Al minimizar las actividades innecesarias, se mejora la eficiencia del proceso y se optimizan los costos y tiempos de ejecución. Esta eliminación de desperdicios está alineada con el concepto de mejora continua y busca garantizar que los procesos de construcción sean lo más eficientes posible.
4. **Planificación colaborativa:** En lugar de depender únicamente de un grupo reducido de planificadores o gerentes de proyecto, el LPDS aboga por una planificación colaborativa. Todos los participantes del proyecto, desde diseñadores hasta obreros, contribuyen con sus conocimientos y experiencias para optimizar el plan de ejecución. Esta colaboración permite anticiparse a posibles problemas, generar soluciones creativas y asegurarse de que todas las actividades se coordinen de manera efectiva.
5. **Gestión visual:** El LPDS hace uso de herramientas visuales para comunicar el estado del proyecto de manera clara y transparente. La gestión visual permite que todos los participantes del proyecto puedan ver de un vistazo cómo avanza el trabajo, identificar problemas potenciales y tomar decisiones informadas de manera más rápida. Herramientas como los tableros de control y los diagramas visuales facilitan una mejor comunicación entre los miembros del equipo y agilizan el proceso de gestión.
6. **Mejora continua:** Al igual que en Lean Manufacturing, la mejora continua es uno de los pilares del LPDS. Durante la ejecución del proyecto, se busca constantemente identificar áreas de mejora y oportunidades para optimizar los procesos. Esta filosofía de mejora continua no solo se aplica a los aspectos técnicos de la construcción, sino también a la gestión del equipo y los recursos. La idea es que cada proyecto contribuya al aprendizaje organizacional, haciendo que los futuros proyectos sean aún más eficientes.

7. **Flexibilidad y adaptabilidad:** A diferencia de los enfoques tradicionales, que pueden ser rígidos y difíciles de ajustar una vez que el proyecto ha comenzado, el LPDS es lo suficientemente flexible como para adaptarse a los cambios y las condiciones imprevistas. Esta flexibilidad permite que el equipo responda de manera ágil a los desafíos que puedan surgir durante la ejecución del proyecto, minimizando los impactos negativos en los plazos y costos. La capacidad de adaptación es fundamental en la industria de la construcción, donde las condiciones del terreno, el clima o los imprevistos en el suministro de materiales pueden alterar significativamente el curso del proyecto.

### **Beneficios del Lean Project Delivery System (LPDS)**

El LPDS ha demostrado ser una herramienta poderosa en la mejora de la gestión de proyectos de construcción. Los beneficios más destacados de esta metodología incluyen:

- **Reducción de costos:** Al eliminar desperdicios y optimizar los procesos, el LPDS permite reducir los costos asociados a la ejecución de proyectos, lo que beneficia tanto a los contratistas como a los clientes.
- **Aumento de la calidad:** Al enfocarse en el valor para el cliente y en la mejora continua, el LPDS asegura que los proyectos cumplan con altos estándares de calidad, lo que resulta en productos finales más satisfactorios.
- **Mejora en los plazos de entrega:** Al optimizar los flujos de trabajo y asegurar la colaboración entre los actores, el LPDS permite cumplir con los plazos de entrega establecidos, evitando los retrasos comunes en los proyectos de construcción.
- **Mayor satisfacción del cliente:** Gracias a su enfoque en el valor y en la eliminación de desperdicios, el LPDS genera resultados que están más alineados con las expectativas del cliente, lo que se traduce en una mayor satisfacción.



## **2.2.3 Herramientas de la filosofía lean construction**

### **2.2.3.1 Productividad:**

La productividad ha sido un concepto ampliamente debatido en el ámbito de la construcción, y se han propuesto diversas definiciones para entenderla en términos prácticos y teóricos. En su esencia, la productividad se refiere a la medida de la eficiencia con la cual se gestionan los recursos (materiales, mano de obra, maquinaria, entre otros) para completar un proyecto dentro de un tiempo específico, cumpliendo con los estándares de calidad predefinidos. Según Botero Botero y Álvarez Milla (2004), la productividad puede interpretarse como un indicador de la capacidad de un sistema para gestionar estos recursos de manera óptima, garantizando que los proyectos se realicen según lo planificado.

Otra definición clave de productividad es la relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados para generarla. Este enfoque, comúnmente aceptado, sugiere que una mayor productividad se refleja en la capacidad de generar más producción con la misma cantidad de recursos, o bien, en la reducción del uso de recursos para obtener la misma cantidad de producción. En el sector de la construcción, esta definición es particularmente relevante, ya que las empresas buscan constantemente mejorar sus procesos para obtener más rendimiento con los mismos insumos.

### **Tipos de Actividades en la Construcción**

De acuerdo con estudios realizados sobre la ocupación del tiempo de los trabajadores en la construcción (Serpell, 2002), se ha clasificado el tiempo de trabajo de los obreros en tres tipos de actividades principales. Estas categorías permiten una visión más clara de cómo se distribuye el trabajo en una obra y cómo se puede mejorar la productividad al reducir el tiempo dedicado a actividades que no agregan valor.

- 1. Trabajo Productivo (TP):** El Trabajo Productivo (TP) se refiere a las actividades que contribuyen directamente a la producción de una unidad de construcción específica. Estas son las actividades que añaden valor al proceso constructivo y son esenciales para la finalización del proyecto. Ejemplos típicos de trabajo productivo incluyen el



vertido de concreto, la colocación de ladrillos, la instalación de cerámica, o la instalación de elementos estructurales y decorativos. Estas tareas son el núcleo del proceso de construcción, y su correcta ejecución determina en gran parte la eficiencia y la calidad del proyecto. La clave para aumentar la productividad radica en maximizar el tiempo dedicado a este tipo de actividades.

2. **Trabajo Contributivo (TC):** El Trabajo Contributivo (TC), también conocido como trabajo de apoyo, incluye aquellas actividades que son necesarias para facilitar el trabajo productivo, pero que no agregan valor directo a la unidad de construcción. Aunque no se consideran actividades productivas, son indispensables para que el trabajo productivo pueda realizarse. Ejemplos de trabajo contributivo incluyen recibir y dar instrucciones, revisar planos, preparar herramientas, y transportar materiales desde el almacén hasta la zona de trabajo. Estas actividades son vistas como pérdidas secundarias, ya que no generan valor tangible en la obra, pero son necesarias para garantizar que el trabajo productivo se realice de manera eficiente. Sin embargo, al ser consideradas como pérdidas secundarias, se busca minimizarlas para aumentar la productividad general del proyecto.
3. **Trabajo No Contributivo (TNC):** El Trabajo No Contributivo (TNC) incluye cualquier actividad que no se relaciona ni con el trabajo productivo ni con el trabajo contributivo, y por tanto, se considera una pérdida directa en términos de tiempo y recursos. Estas actividades son innecesarias y no agregan valor al proceso productivo, lo que significa que **deben ser eliminadas** o minimizadas al máximo para mejorar la eficiencia. Ejemplos comunes de trabajo no contributivo son los períodos de espera entre tareas, descansos no programados, tiempos muertos debido a la falta de materiales o coordinación, y el retrabajo (cuando se tiene que rehacer una tarea mal ejecutada). Estas actividades implican costos adicionales y retrasos, lo que impacta negativamente en la productividad del proyecto.

### Mejorando la Productividad en la Construcción



Para mejorar la productividad en la construcción, es fundamental identificar en qué tipo de actividades se está invirtiendo el tiempo de los trabajadores y reducir al mínimo el tiempo dedicado a actividades no contributarias. La **optimización del trabajo productivo** y la **minimización del trabajo contributivo** son esenciales para incrementar la eficiencia en el uso de los recursos.

- **Incrementar el Trabajo Productivo (TP):** Una mayor parte del tiempo de los trabajadores debería dedicarse a actividades que realmente generan valor. Para lograrlo, es necesario mejorar la planificación y asegurar que los trabajadores tengan acceso a los materiales, herramientas y las instrucciones necesarias en el momento justo, evitando tiempos de espera o retrasos en la ejecución de las tareas.
- **Reducir el Trabajo Contributivo (TC):** Aunque necesario, el trabajo contributivo puede reducirse mediante una mejor coordinación logística y un flujo continuo de materiales y recursos en el sitio de construcción. Por ejemplo, la implementación de sistemas de planificación colaborativa, como el Last Planner System (LPS), puede ayudar a minimizar los tiempos dedicados a la preparación, transporte de materiales, y coordinación, permitiendo que los trabajadores se concentren en el trabajo productivo.
- **Eliminar el Trabajo No Contributivo (TNC):** Eliminar las actividades que no agregan valor es fundamental para mejorar la productividad. Esto incluye la identificación de cuellos de botella, la mejora en la gestión de materiales y el uso eficiente del tiempo. El uso de Buffers en proyectos con alta variabilidad o impredecibles puede ayudar a gestionar mejor las incertidumbres y reducir los períodos de inactividad. Además, asegurar una correcta supervisión y control del trabajo puede reducir significativamente la necesidad de retrabajo, que es una de las principales fuentes de trabajo no contributivo.

### 2.2.3.2 Variabilidad

La variabilidad en los proyectos de construcción se refiere a la aparición de eventos que se desvían de lo planificado, lo que puede deberse tanto a factores internos como externos al sistema de construcción. Esta variabilidad es inherente a todos los proyectos, ya que es prácticamente imposible prever y controlar todos los eventos que pueden influir en la ejecución de un proyecto de construcción. A medida que los proyectos se vuelven más complejos, rápidos, o se desarrollan en ubicaciones geográficas desafiantes, la variabilidad tiende a aumentar, afectando la predictibilidad y la confiabilidad de los planes originales.

Uno de los factores que hace que la variabilidad sea especialmente crítica en los proyectos de construcción es la gran cantidad de actividades interrelacionadas que ocurren simultáneamente. La naturaleza aleatoria de los eventos inesperados impide prever con exactitud cuándo y cómo afectarán al proyecto. Esto significa que, aunque se puedan anticipar ciertos imprevistos o contingencias, es difícil predecir su naturaleza exacta o su momento de ocurrencia. Como resultado, la planificación de proyectos debe incluir estrategias para manejar estos imprevistos, ya que ignorar la variabilidad puede aumentar considerablemente el impacto de estos eventos sobre los plazos y los costos del proyecto.

En el contexto de los proyectos de construcción, la variabilidad genera un desafío significativo debido a la interdependencia entre las diferentes actividades. Aunque la confiabilidad de una actividad individual puede ser elevada (por ejemplo, del 95%), cuando se considera un número considerable de actividades predecesoras que deben completarse en secuencia o en paralelo, la probabilidad de que todas ellas se ejecuten según lo planificado disminuye rápidamente. De hecho, cuando se toman en cuenta 50 actividades predecesoras, la confiabilidad global del sistema puede reducirse hasta un 8%, lo que refleja el gran riesgo que supone la acumulación de incertidumbres y variabilidades a lo largo del proyecto. (GUZMÁN TEJEDA, 2014)

#### **Factores de la Variabilidad en los Proyectos de Construcción**

La variabilidad en la construcción puede ser generada por una combinación de factores internos y externos, todos los cuales tienen el potencial de alterar los plazos, los costos y la calidad del proyecto. Algunos de estos factores incluyen:

1. **Condiciones del sitio:** El terreno en el que se ejecuta el proyecto puede presentar variaciones inesperadas, como problemas de drenaje, geología inestable, o descubrimientos arqueológicos, lo que afecta directamente las actividades planeadas.
2. **Clima y condiciones meteorológicas:** Las condiciones climáticas, como lluvias intensas, vientos fuertes o temperaturas extremas, pueden interrumpir los trabajos en curso, generando retrasos significativos.
3. **Disponibilidad de materiales:** Los problemas en la cadena de suministro o la falta de disponibilidad de materiales en el momento adecuado pueden detener o ralentizar actividades críticas dentro del proyecto.
4. **Mano de obra:** La disponibilidad y el desempeño de los trabajadores pueden variar, especialmente en proyectos que dependen de múltiples subcontratistas. La falta de coordinación entre equipos o la falta de personal capacitado puede aumentar la variabilidad en la ejecución.
5. **Cambios en el diseño o especificaciones:** Las modificaciones al diseño o a los requisitos del cliente durante la ejecución del proyecto pueden generar interrupciones en los flujos de trabajo previstos, lo que aumenta la variabilidad.
6. **Factores regulatorios:** Cambios en la normativa local o retrasos en la obtención de permisos pueden impactar el cronograma original del proyecto.

### **Impacto de la Variabilidad en los Proyectos de Construcción**

La variabilidad afecta el desempeño de un proyecto de diversas maneras, siendo el tiempo, los costos y la calidad los principales parámetros afectados. Cuando no se gestionan adecuadamente los imprevistos y la variabilidad en general, los proyectos pueden experimentar:



- **Retrasos en el cronograma:** Las actividades no concluyen a tiempo, lo que afecta el flujo de trabajo de las siguientes fases, desencadenando una reacción en cadena de retrasos que puede desalinearse todo el proyecto.
- **Incremento de costos:** Los retrasos o los cambios imprevistos a menudo implican costos adicionales en mano de obra, materiales y equipos, lo que puede aumentar considerablemente el presupuesto final.
- **Problemas de calidad:** En algunos casos, la presión por cumplir con los plazos establecidos, aun cuando hay retrasos imprevistos, puede llevar a una ejecución apresurada de las tareas, comprometiendo la calidad de la obra final.
- **Menor confiabilidad del proyecto:** Como se mencionó, incluso con una alta confiabilidad en las actividades individuales, el número de predecesoras aumenta la probabilidad de que ocurra un evento imprevisto. Este fenómeno de acumulación de variabilidad hace que los cronogramas sean mucho menos confiables a medida que se amplía el número de tareas que dependen unas de otras.

### Estrategias para Manejar la Variabilidad en Proyectos de Construcción

Dado que la variabilidad no puede eliminarse por completo, es fundamental implementar estrategias para mitigar su impacto. Algunas de las estrategias más efectivas incluyen:

1. **Buffers:** Los Buffers son márgenes de seguridad que se pueden agregar en áreas donde la variabilidad es esperada, permitiendo que los retrasos o problemas no afecten gravemente el proyecto. Los **Buffers de tiempo** o **de recursos** proporcionan una reserva para enfrentar los imprevistos sin alterar significativamente el cronograma.
2. **Last Planner System (LPS):** El **Last Planner System** es una herramienta colaborativa de planificación que ayuda a mejorar la confiabilidad de las actividades a corto plazo. Al promover la participación de todos los involucrados en el proceso de

- planificación, permite reducir la incertidumbre y asegurar que las actividades se ejecuten con éxito en el tiempo previsto.
3. **Planificación basada en el flujo continuo:** Mantener un enfoque en los flujos de trabajo, en lugar de solo en las actividades individuales, permite identificar cuellos de botella y puntos críticos donde la variabilidad puede causar interrupciones importantes. Esta estrategia facilita una mejor coordinación y uso de los recursos disponibles.
  4. **Análisis de riesgos:** Antes de iniciar un proyecto, es esencial realizar un análisis exhaustivo de los riesgos potenciales que pueden generar variabilidad, identificando las áreas más propensas a problemas y desarrollando planes de contingencia adecuados.
  5. **Mejora continua y retroalimentación:** Implementar un enfoque de **mejora continua** en la gestión de proyectos permite a los equipos aprender de los errores y mejorar en tiempo real. Recoger datos sobre la variabilidad y su impacto durante el desarrollo del proyecto facilita la toma de decisiones informadas y permite ajustar la planificación según sea necesario.

### 2.2.3.3 Sectorización

El término sectorización en el contexto de la construcción se refiere al proceso de dividir una actividad o tarea grande en segmentos más pequeños o sectores, con el fin de hacer que el trabajo sea más manejable y garantizar un flujo continuo de trabajo entre los diferentes sectores. Este enfoque busca optimizar la organización del trabajo, permitiendo una ejecución más eficiente y coordinada de las tareas. Cada sector debe ser de tamaño razonable en cuanto a la cantidad de trabajo, de modo que pueda ser completado en un tiempo razonable, generalmente en un solo día, lo que facilita la planificación y el seguimiento del progreso del proyecto.

La sectorización está relacionada con la teoría de lotes de producción y lotes de transferencia, la cual propone que, al dividir el trabajo en unidades más pequeñas (lotes), los recursos se pueden transferir de manera más fluida a las siguientes actividades del

proceso constructivo (lotes de transferencia). Esto permite que el flujo de trabajo en el sitio de construcción se optimice, evitando interrupciones y tiempos muertos entre actividades, lo que resulta en un uso más eficiente de los recursos. Al gestionar correctamente los sectores y los lotes de transferencia, se puede reducir el tiempo de inactividad de las cuadrillas y asegurar que los materiales y herramientas lleguen al lugar correcto en el momento adecuado.

### **Beneficios de la Sectorización**

1. **Flujo Continuo de Trabajo:** Al dividir las actividades en sectores de tamaño manejable, es posible mantener un flujo continuo entre ellos, minimizando las interrupciones en la secuencia de trabajo. Esto significa que, una vez que un sector es completado, el equipo puede moverse rápidamente al siguiente sector, manteniendo un ritmo constante en todo el proyecto.
2. **Mejor Utilización de Recursos:** La sectorización permite una mejor gestión de los recursos, como la mano de obra, los materiales y las herramientas, al distribuirlos de manera más equilibrada a lo largo del proyecto. De esta manera, se evita la sobrecarga de recursos en una sola área, lo que podría causar congestión y reducir la productividad, o la falta de recursos en otra, lo que generaría demoras.
3. **Lotes de Transferencia:** Este concepto implica que, al completar un sector, el trabajo puede ser transferido inmediatamente al siguiente proceso o actividad. La **sincronización** entre los sectores permite que los lotes de transferencia se muevan de manera más eficiente entre las diferentes fases del proyecto, lo que contribuye a una mayor fluidez en el trabajo y minimiza los tiempos de espera.
4. **Curva de Aprendizaje y Rendimiento:** La sectorización también facilita la **separación de las cuadrillas** según su especialidad, lo que permite aprovechar mejor la curva de aprendizaje de cada equipo. A medida que los equipos se especializan en su trabajo dentro de los sectores, mejoran su rendimiento y pueden ejecutar las tareas con mayor rapidez y precisión. Esto conduce a un **incremento de**



la **productividad** a medida que las cuadrillas se familiarizan con el trabajo en los sectores y logran optimizar sus métodos de trabajo.

### El Tren de Trabajo

Un concepto clave asociado a la sectorización es el **tren de trabajo**, que se refiere a la secuencia organizada en la que las cuadrillas o equipos de trabajo se mueven de un sector a otro, realizando tareas especializadas de manera eficiente y coordinada. La idea es que cada cuadrilla avance a través de los sectores como un "tren", sin detenerse ni interrumpir el flujo de trabajo. Este enfoque asegura que cada equipo de trabajo esté siempre activo y productivo, reduciendo los tiempos de inactividad y los retrasos en la ejecución de las tareas.

Al aplicar el tren de trabajo, las cuadrillas especializadas completan su parte del trabajo en un sector y luego se trasladan al siguiente, mientras que otro equipo especializado ingresa al sector recién liberado para realizar su parte del trabajo. Este enfoque secuencial garantiza que los sectores estén siempre en proceso de construcción, evitando los cuellos de botella que pueden ocurrir cuando las actividades no están bien coordinadas.

### Optimización de Flujos en la Construcción

La sectorización no solo facilita la planificación y organización del trabajo, sino que también optimiza los flujos de recursos en el sitio de construcción. Al dividir el trabajo en sectores más pequeños y manejables, es más fácil coordinar la llegada de materiales, la asignación de herramientas y equipos, y la programación de la mano de obra. Esto permite que los recursos fluyan de manera más eficiente y oportuna, evitando sobrecargas o carencias en determinadas áreas.

En lugar de gestionar un proyecto como un todo monolítico, la sectorización permite una gestión más granular, donde se puede supervisar y ajustar cada sector de manera independiente. Este enfoque también facilita la identificación temprana de problemas o retrasos en un sector específico, lo que permite tomar medidas correctivas antes de que afecten a todo el proyecto.

#### 2.2.3.4 Tren de actividades

El concepto de tren de actividades en la construcción es una adaptación del modelo de líneas de producción empleado en las fábricas, donde el producto progresa de manera secuencial a través de varias estaciones, siendo transformado en cada una. En las fábricas, el producto físico se traslada de una estación a otra en un flujo continuo. Sin embargo, en la construcción, dado que el producto (el edificio o infraestructura) no puede moverse de una estación a otra, se ideó el tren de actividades, que adapta este enfoque a las características propias del sector de la construcción.

En este modelo, son las cuadrillas de trabajo las que se desplazan secuencialmente a través de los sectores definidos durante el proceso de sectorización. Cada cuadrilla de trabajo se especializa en una actividad o tarea específica, y avanzan de un sector a otro conforme completan su trabajo. El objetivo principal de este enfoque es asegurar un flujo de trabajo continuo y ordenado, minimizando tiempos muertos o interrupciones. Al seguir el tren de actividades, las cuadrillas se distribuyen por los diferentes sectores de forma escalonada, permitiendo que cada sector avance de manera coordinada y sin sobrecargar ningún recurso o equipo.

#### Principales Ventajas de los Trenes de Trabajo en la Construcción

El enfoque del tren de actividades presenta una serie de ventajas clave que lo hacen atractivo para mejorar la eficiencia y productividad en los proyectos de construcción. Algunas de las más importantes son:

1. **Incrementa la productividad:** La implementación de trenes de actividades ayuda a aumentar la **productividad** general del proyecto. Al permitir que las cuadrillas trabajen en sectores específicos de forma escalonada, se minimizan las interferencias entre equipos y se evitan tiempos de inactividad. Cada cuadrilla sabe exactamente cuándo y dónde debe realizar su trabajo, lo que maximiza el uso del tiempo y los recursos disponibles.
2. **Mejora la curva de aprendizaje:** El tren de actividades permite que las cuadrillas se especialicen en tareas específicas dentro de los sectores, lo que acelera la **curva de**



**aprendizaje.** A medida que los trabajadores se familiarizan con las tareas asignadas y las repiten en diferentes sectores, se vuelven más eficientes y rápidos, lo que mejora la calidad del trabajo y reduce el tiempo de ejecución. Este enfoque favorece la especialización y permite que las cuadrillas optimicen su rendimiento a medida que avanza el proyecto.

3. **Previsibilidad en avances y costos:** Con el tren de actividades, se puede **predecir con precisión** cuánto se avanzará y gastará en un día. Al tener un flujo de trabajo constante y organizado, los gerentes de proyecto pueden planificar mejor los recursos y materiales necesarios para cada jornada, evitando desperdicios o faltantes. Esta previsibilidad es esencial para el control de costos y la optimización del cronograma de trabajo.
4. **Control del avance diario:** Este enfoque también facilita el control del **avance diario** del proyecto. Al conocer la ubicación y el trabajo que realizará cada cuadrilla, es posible anticipar con exactitud el progreso que se alcanzará en un día determinado. Esto permite a los equipos de gestión del proyecto monitorear el cumplimiento de los plazos y realizar ajustes rápidos si es necesario, asegurando que el proyecto se mantenga dentro del cronograma previsto.
5. **Reducción del trabajo rehecho:** Una de las mayores fuentes de ineficiencia en los proyectos de construcción es el **retrabajo**, que se genera cuando una tarea se realiza de manera incorrecta o incompleta y debe ser repetida. Al utilizar trenes de actividades, se minimizan los errores y se mejora la **calidad** del trabajo, ya que cada cuadrilla está enfocada en tareas específicas y el flujo de trabajo es más ordenado. Esto reduce la cantidad de retrabajos y, por lo tanto, los costos y el tiempo adicional asociados a corregir errores.

#### **Funcionamiento del Tren de Actividades**

El tren de actividades se organiza de manera secuencial y escalonada, lo que significa que cada cuadrilla de trabajo se mueve de un sector a otro una vez que ha completado su tarea asignada. Este enfoque crea un flujo constante de trabajo en el sitio

de construcción, donde siempre hay actividades en curso en diferentes sectores, lo que evita interrupciones y asegura que los recursos estén siendo utilizados de manera eficiente.

- **Sectorización:** El sitio de construcción se divide en sectores o zonas manejables, donde se llevan a cabo las diferentes actividades. Estos sectores deben tener un tamaño que permita a las cuadrillas completar el trabajo en un tiempo definido, como un día, para asegurar un avance constante.
- **Secuencialidad:** Las cuadrillas de trabajo están especializadas en tareas específicas, como el armado de estructuras, la instalación de sistemas eléctricos, la colocación de revestimientos, etc. Cada cuadrilla avanza secuencialmente a través de los sectores una vez que ha terminado su tarea, permitiendo que el sector liberado sea ocupado por la siguiente cuadrilla.
- **Coordinación:** Para que el tren de actividades funcione correctamente, es esencial una buena coordinación entre los equipos y una planificación detallada. Es fundamental que los tiempos estén sincronizados, de manera que las cuadrillas puedan realizar sus tareas sin retrasos ni superposiciones. La coordinación también implica asegurar que los materiales y herramientas estén disponibles en el sector adecuado cuando se necesiten.

#### **2.2.3.5 Buffers**

La planificación y programación en los proyectos de construcción son elementos fundamentales para garantizar el éxito de cualquier proyecto, ya que determinan la secuencia, el ritmo y la duración de todos los procesos constructivos. Una planificación eficaz no solo ayuda a cumplir con los plazos y a controlar los costos, sino que también mejora la calidad del trabajo y minimiza los retrasos. Sin embargo, las técnicas tradicionales de programación no han abordado de manera adecuada la naturaleza variable de los proyectos de construcción, lo que ha resultado en demoras, incrementos de costos y, en muchos casos, trabajo rehacer. Esta naturaleza variable, derivada de

factores como la incertidumbre en la disponibilidad de materiales, problemas logísticos y las condiciones climáticas, genera desafíos considerables en la ejecución de las obras.

La metodología Lean Construction, y específicamente el sistema Last Planner, ha demostrado ser eficaz para reducir significativamente los efectos de la variabilidad en los proyectos. Last Planner fomenta la planificación colaborativa y el compromiso de los actores clave, lo que mejora la confiabilidad en el cumplimiento de las actividades. Sin embargo, a pesar de los beneficios que aporta esta herramienta, aún persiste una variabilidad que escapa al control del Last Planner, especialmente cuando los problemas surgen de factores externos o imprevistos que son difíciles de anticipar.

Para abordar esta variabilidad incontrolable, se propone el uso de buffers como medida complementaria. Los buffers son reservas o amortiguadores que actúan como una barrera protectora contra las interrupciones o contratiempos que pueden ocurrir durante la ejecución de un proyecto de construcción. Estos buffers se diseñan para mitigar el impacto de la variabilidad, asegurando que el proyecto pueda continuar incluso cuando se presentan imprevistos, sin afectar de manera significativa el cronograma o el costo del proyecto.

### **Tipos de Buffers en la Construcción**

Existen tres tipos principales de buffers que se utilizan en la industria de la construcción para hacer frente a la variabilidad:

- **Buffer de Inventario:** El buffer de inventario es una práctica común en los proyectos de construcción y se refiere a mantener un excedente de materiales o equipos en el sitio de construcción. Esta reserva se utiliza para evitar interrupciones en el flujo de trabajo debido a retrasos en las entregas de los proveedores, un problema frecuente en el sector. La falta de fiabilidad de los proveedores o problemas en la cadena de suministro pueden generar escasez de materiales, lo que retrasa la ejecución de las actividades. Al mantener un buffer de inventario, los equipos de trabajo pueden continuar con sus tareas sin interrupciones, ya que los materiales estarán disponibles incluso si se producen retrasos en las entregas planificadas.



- **Buffer de Tiempo:** El buffer de tiempo es una reserva adicional de tiempo que se introduce en la programación del proyecto para absorber posibles contratiempos. Al establecer un margen de tiempo adicional para ciertas actividades, los planificadores pueden manejar imprevistos sin comprometer el plazo general del proyecto. El buffer de tiempo es particularmente útil para actividades críticas o aquellas que dependen de factores inciertos, como las condiciones climáticas. Este margen temporal adicional permite que los equipos puedan recuperarse de retrasos sin exceder el plazo establecido inicialmente. No obstante, es importante gestionar estos buffers de manera eficiente para evitar caer en el uso excesivo de márgenes de tiempo innecesarios.
- **Buffer de Capacidad:** El buffer de capacidad implica mantener ciertos componentes no críticos del proyecto sin ejecutar durante la programación regular, de manera que estos trabajos puedan llevarse a cabo en momentos en que se necesite liberar espacio para otras actividades. Este tipo de buffer se utiliza, por ejemplo, cuando se necesita espacio de trabajo adicional para el personal debido a la falta de avance en otras áreas o cuando se requiere almacenamiento temporal de materiales. El buffer de capacidad es flexible, ya que puede ajustarse según las necesidades cambiantes del proyecto, y permite reorganizar el sitio de trabajo de manera que los recursos estén disponibles en el momento adecuado.

### 2.2.3.6 Last planner System

El Last Planner System (LPS) es una herramienta clave dentro de la filosofía Lean Construction, diseñada específicamente para mejorar la planificación y el control de la producción en proyectos de construcción. Su enfoque innovador aborda algunos de los principales desafíos que enfrentan los proyectos de construcción tradicionales, como la falta de una planificación sistemática, la poca atención a la planificación a largo plazo y la ausencia de mediciones de desempeño y análisis de errores. El LPS se integra dentro del Lean Project Delivery System (LPDS), en la etapa de control de producción, y



comprende varias subherramientas que mejoran la gestión y el flujo de trabajo en el sitio de construcción. Entre estas herramientas se incluyen la planificación maestra, la planificación por fases, el lookahead, el plan semanal, el porcentaje de cumplimiento del plan y el análisis de causas de incumplimiento.

### **Principios Fundamentales del Last Planner System**

El LPS, desarrollado por Herman Glenn Ballard y Gregory A. Howell en 1994, se basa en los principios de la Lean Production adaptados al entorno de la construcción. Estos autores observaron una serie de problemas recurrentes en la planificación y ejecución de proyectos de construcción, lo que les llevó a crear este sistema para enfrentarlos. Según Ballard y Howell, los problemas principales que el LPS pretende abordar son:

1. La planificación no se concibe como un sistema: Tradicionalmente, la planificación en la construcción se basa únicamente en la experiencia del profesional a cargo, sin seguir un enfoque sistemático. Esto puede resultar en inconsistencias y dificultades para coordinar y prever el avance real del proyecto.
2. La gestión se enfoca en el corto plazo, descuidando el largo plazo: Los proyectos de construcción suelen estar centrados en la ejecución inmediata de las tareas, lo que deja de lado la planificación a largo plazo, una parte crucial para garantizar el éxito y la fluidez del proyecto a lo largo del tiempo.
3. No se hacen mediciones del desempeño obtenido: En muchos casos, no se mide el desempeño real del proyecto, lo que impide la identificación de áreas problemáticas y la adopción de medidas correctivas en el momento adecuado.
4. No se analizan los errores de programación ni las causas que los originan: Los errores en la programación y planificación suelen ser abordados de manera reactiva, sin una reflexión profunda sobre las causas que los originan. Esto limita la posibilidad de mejora continua, que es uno de los principios clave de la filosofía Lean.

### **Función del Último Planificador en el Last Planner System**

El concepto de "Last Planner" o último planificador se refiere a la persona o grupo de personas encargadas de asignar el trabajo en el nivel operativo más cercano a la ejecución. Este equipo es responsable de traducir los planes y estrategias en acciones concretas que los trabajadores de campo puedan llevar a cabo. En otras palabras, el último planificador se encarga de que la planificación realizada a nivel gerencial se transmita y ejecute efectivamente en el sitio de construcción.

Una de las funciones clave del último planificador es asegurarse de que lo que se quiere hacer coincida con lo que se puede hacer, y que finalmente ambas se conviertan en lo que se va a hacer. Esta conexión entre la planificación y la ejecución real es fundamental para evitar problemas como retrasos, malentendidos o falta de coordinación en el sitio de trabajo.

### **Herramientas del Last Planner System**

El LPS incluye varias subherramientas y fases que ayudan a garantizar la correcta planificación y ejecución en el proyecto. Estas herramientas están diseñadas para trabajar de manera integrada, de modo que el equipo de construcción pueda responder de manera ágil a los cambios, minimizar los riesgos y asegurar el cumplimiento de los plazos y la calidad esperada.

1. **Planificación Maestra:** Esta herramienta establece los objetivos a largo plazo del proyecto y define las actividades clave que deben completarse para cumplir con esos objetivos. La planificación maestra se centra en garantizar que el proyecto se mantenga en curso desde una perspectiva global y que las actividades críticas se desarrollen según lo planificado.
2. **Planificación por Fases:** Dentro del marco de la planificación maestra, la planificación por fases desglosa el proyecto en fases más pequeñas y manejables. Esto permite identificar las interdependencias entre las diferentes actividades y coordinar mejor los recursos a medida que se avanza de una fase a otra.
3. **Lookahead (Planificación a Corto Plazo):** El lookahead es una herramienta que se enfoca en las próximas semanas del proyecto, y su objetivo es asegurarse de que las

- actividades previstas sean realizables en el corto plazo. Aquí, se revisan los recursos disponibles, la preparación del sitio y la alineación entre lo planeado y lo que se puede ejecutar realmente.
4. Plan Semanal: El plan semanal establece las tareas que se llevarán a cabo en una semana específica, asegurando que las actividades estén alineadas con el lookahead y que se asignen los recursos y equipos necesarios para completarlas. Este plan detallado ayuda a garantizar que el trabajo avance según lo previsto y a detectar problemas de manera temprana.
  5. Porcentaje de Cumplimiento del Plan (PPC): El PPC es una métrica que mide la eficiencia en la ejecución del plan semanal. Este porcentaje refleja qué porcentaje de las tareas planificadas para una semana fueron completadas con éxito. Un PPC bajo indica que existen problemas en la planificación o en la ejecución, lo que justifica la necesidad de realizar ajustes para mejorar el rendimiento.
  6. Análisis de Causas de Incumplimiento: Cuando las actividades no se completan según lo planeado, el LPS incluye una etapa de análisis de las causas de incumplimiento. Esto permite identificar por qué algunas tareas no pudieron completarse y cómo se pueden evitar estos problemas en el futuro. Este análisis es fundamental para implementar el ciclo de mejora continua, uno de los principios centrales de Lean Construction.

### **Beneficios del Last Planner System**

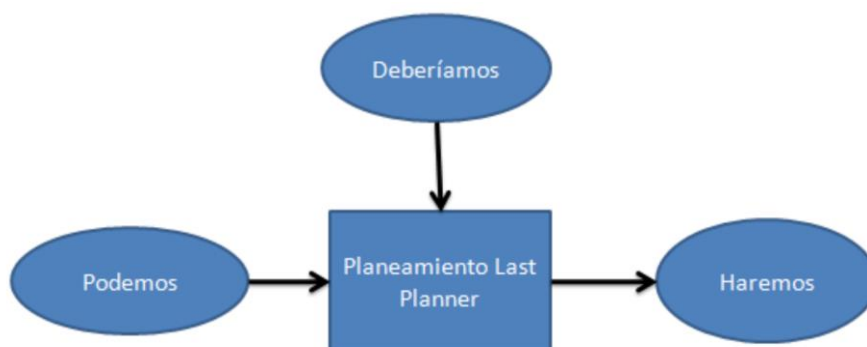
La implementación del **Last Planner System** en proyectos de construcción ofrece una serie de beneficios importantes:

- Mayor confiabilidad en la planificación: Al conectar lo que se quiere hacer con lo que realmente se puede hacer, el LPS reduce la incertidumbre en la ejecución y mejora la precisión de la planificación.
- Mejora continua: Al medir el rendimiento y analizar las causas de los incumplimientos, el LPS promueve la mejora continua en la ejecución del proyecto, lo que permite que el equipo aprenda de los errores y mejore progresivamente.

- Reducción de la variabilidad: El LPS ayuda a minimizar la variabilidad en el proyecto, ya que asegura que las tareas solo se planifiquen cuando existen las condiciones para completarlas.
- Mejora en la comunicación y colaboración: Al involucrar a todos los actores relevantes en la planificación y ejecución, el LPS fomenta la colaboración y mejora la comunicación entre los equipos.

### Figura 2

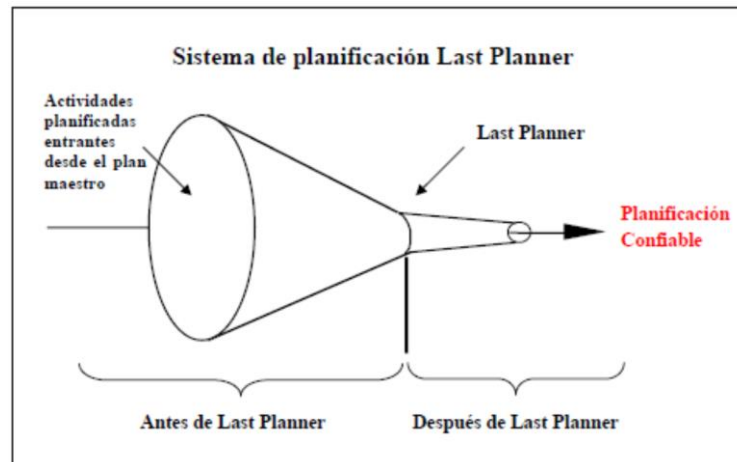
*Formulación de la asignación en el planeamiento*



Ballard (1994) sostiene que los enfoques tradicionales de gestión de proyectos en la industria de la construcción dan prioridad a la planificación y la presupuestación, pero que esta inversión inicial en planificación se convierte rápidamente en un esfuerzo de control a medida que avanza el proyecto. En un mundo perfecto, todo iría según lo previsto. Sin embargo, como es habitual, los planes a menudo se desvían de las proyecciones originales realizadas el primer día de trabajo, lo que pone en marcha una reacción en cadena que tiene un impacto perjudicial en lo que viene después. Debido a esto, una gran parte del proyecto tendrá que reprogramarse porque las limitaciones de tiempo se están volviendo más estrictas. Hay mucha presión adicional para terminar el proyecto rápidamente debido a la planificación general, y eso hace que el precio del personal y el equipo suban. Según Campero y Alarcón (2008), cumplir con las fechas establecidas para la tarea se vuelve extremadamente ineficiente debido a la gran cantidad de recursos necesarios.

**Figura 3**

*Formulación de la asignación en el planeamiento*



Para asegurar que el Last Planner pudiera funcionar tanto como una herramienta de programación como de control, Ballard incorporó el PPC (porcentaje de cumplimiento del plan) al modelo. Esta integración permitió monitorear la calidad de la planificación operativa, evaluar la confiabilidad del proceso de programación y determinar si los cronogramas semanales se cumplían o no. En su artículo original sobre el Last Planner, Ballard presentó un enfoque que ilustra cómo el Last Planner participa en la planificación del proyecto, promoviendo mejoras y ajustes continuos en el proceso de planificación, lo que a su vez impulsa el progreso del proyecto (Guzmán Tejeda, 2014).

**Figura 4**

*Esquema Last Planner*



El último planificador es responsable de asegurar que la programación a largo plazo se ejecute conforme a lo planificado. Para ello, comienza desglosando el cronograma en una versión a mediano plazo conocida como "lookahead", que abarca entre 3 y 5 semanas. En esta fase se identifican y analizan las restricciones del programa. Posteriormente, el cronograma se reduce a una versión más corta, conocida como planificación semanal. En esta etapa, solo se incluyen las actividades que han superado las restricciones del lookahead, lo que garantiza que la programación semanal no se vea afectada por ningún impedimento. (CASTILLO, Guío, 2001).

### 2.2.3.7 Planificación maestra

Los hitos clave de un proyecto, como su inicio, entrega al cliente, adquisición de componentes a largo plazo, movilización en el sitio, diseño final y obtención de licencias, se detallan en el cronograma maestro. Este cronograma es frecuentemente utilizado por clientes, contratistas y otros miembros del equipo del proyecto como base para los acuerdos contractuales. Es fundamental que la ejecución de este cronograma se ajuste al rendimiento real en el sitio, ya que constituye el pilar del sistema Last Planner y sirve para generar los cronogramas de mediano y corto plazo. Según un glosario de 2016 del Lean Construction Institute, los eventos críticos y la planificación deben alinearse con el desempeño en campo.

Líneas de equilibrio: En la década de 1940, durante la Segunda Guerra Mundial, un equipo dirigido por George E. Fouch en Goodyear Tire & Rubber Company desarrolló el sistema de Balance Lines para monitorear la producción. Este sistema fue introducido en el sector de la construcción, con la primera aplicación registrada por Lumsden en 1998. Existen diversas metodologías de gestión de proyectos, como CPM, PDM, PERT y LDB, que proporcionan distintos niveles de detalle y tipos de información. Estos métodos permiten comprender mejor la ruta crítica, es decir, el conjunto de actividades que determinan la duración total del proyecto. En proyectos repetitivos, como la construcción de unidades residenciales que requieren el mismo tipo de mano de obra durante todo el



proceso, la Línea de Balance es una herramienta de planificación muy útil, ya que representa cada actividad como una única línea (LORIA ARCILA, 2010).

### **2.2.3.8 Phase plan o Pull plan (Pull Planning)**

Un enfoque de la gestión de proyectos conocido como planificación "pull" prioriza la finalización de las tareas en respuesta a las necesidades de las actividades posteriores en lugar de generar resultados innecesarios. Cada fase del proyecto se planifica meticulosamente en detalle según este método, con todas las actividades, sus dependencias y recursos enumerados. Esto garantiza que el proyecto siga por buen camino y que se cumplan los hitos. Con la participación de todos, este procedimiento se lleva a cabo de manera colaborativa, lo que aumenta la eficiencia y la coordinación del proyecto.

Para crear un plan más completo que el amplio cronograma de trabajo, se emplea la programación por fases. Los hitos se definen en cada paso crítico del proyecto. Con este enfoque, podemos ver cómo se alcanzó cada hito, cómo trabajaron juntos los expertos y de qué era responsable cada gerente. Todos los miembros del equipo están obligados a cumplir con los objetivos y los plazos establecidos en el plan de fases. Al utilizar tácticas "pull" (completar solo las actividades necesarias para la siguiente actividad) y trabajar hacia atrás desde la fecha de entrega, la planificación por fases permite la concentración de tareas que agregan valor al tiempo que limita la sobreproducción y el exceso resultante de trabajo en curso. Informa ALARCÍN CÁRDENAS (2000).

### **2.2.3.9 Look Ahead Plan**

El "Look Ahead Plan" o Planificación Anticipada es una herramienta utilizada en la gestión de proyectos, especialmente en la construcción, que se enfoca en anticipar y planificar las actividades futuras a corto plazo. Consiste en identificar y programar las tareas que se realizarán en las próximas semanas o meses, con el fin de mantener una visión clara y anticipada del progreso del proyecto. El objetivo principal es asegurar que



los recursos necesarios estén disponibles y que las actividades se ejecuten de manera eficiente y sin interrupciones.

### **2.2.4 Rendimiento de mano de obra**

#### **2.2.4.1 Mano de obra**

El término "productividad" puede significar una de dos cosas: la relación entre la producción y los insumos en una determinada actividad o industria, o el grado en que se gestionan eficazmente los recursos para terminar un producto y alcanzar los objetivos predeterminados. En la industria de la construcción, la productividad es clave para aprovechar al máximo los recursos disponibles durante la ejecución de la obra, lo que a su vez permite obtener más producción con los mismos o menos insumos y menos tiempo dedicado a cada actividad (Rodríguez Suárez, 2015).

La suma de todos los materiales, recursos (equipos y herramientas incluidos) y horas de trabajo necesarias para completar una determinada actividad son los principales componentes del costo directo en los proyectos de construcción civil. El nivel de eficiencia de los trabajadores involucrados en la realización del proyecto es un componente clave de la productividad total, ya que afecta a la calidad de la ejecución del trabajo y, en consecuencia, a la eficacia del proyecto en su conjunto (SUÁREZ RODRÍGUEZ, 2015).

La elaboración del plan financiero, la predicción de ventas, el cálculo del presupuesto y la programación son elementos esenciales dentro del proceso de planificación de los proyectos de construcción civil. La reducción de los desperdicios en obra y la mitigación de las pérdidas económicas requieren un seguimiento minucioso y preciso de estos procesos. Para minimizar los costos y el tiempo de ejecución del proyecto, es vital incluir el desempeño de la fuerza laboral tanto en la planificación presupuestaria como en la ejecución y programación de las obras (Rodríguez Suárez, 2015).

### 2.2.4.2 Rendimiento de mano de obra

Cuando un grupo de personas con distintas habilidades trabaja en conjunto para completar una tarea, se denomina eficiencia laboral. Las medidas del lugar de trabajo pueden utilizarse para medir este indicador, que está fuertemente ligado al progreso o porcentaje de ejecución del proyecto. Estas métricas pueden cambiar dependiendo de cosas como el nivel de experiencia de los trabajadores, la naturaleza de su lugar de trabajo y otras circunstancias personales. ROJAS MONTOYA (2014) afirma que...

El término "eficiencia laboral" se utiliza para describir la velocidad a la que una cuadrilla completa una tarea determinada, expresada en unidades de medida (um). La eficiencia de una cuadrilla puede determinarse dividiendo su producción total de trabajo por su consumo total de recursos humanos, medido en horas-hombre (hH). Hispano-Covarrubias (2011).

El desempeño de un trabajador o equipo en el trabajo se define como la cantidad de trabajo realizado en una determinada actividad dentro de un período de tiempo específico para alcanzar una meta predeterminada. En 2013, Oliva Mazariegos

**Tabla 2**

*Categorías de eficiencia en la productividad laboral.*

EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD	RANGO
Muy baja	10 – 40 %
Baja	41 – 60 %
Normal (Promedio)	61 – 80 %
Muy buena	81 – 90 %
Excelente	91 – 100 %

Debido al efecto dominó que tiene sobre otros sectores, la industria de la construcción es vital para todas las economías. La construcción se convierte en un KPI por ello. La comunicación horizontal entre la dirección y los trabajadores es crucial para generar confianza y motivación entre los empleados. Esto se debe a que los factores que influyen en el rendimiento son aquellos que tienen un impacto inmediato en la finalización de las tareas. El trabajo humano sigue siendo crucial en el negocio de la construcción, a pesar



de los recientes avances en tecnología y gestión de la producción. (NAVALLAS LABAT, 2010).

**Tabla 3**

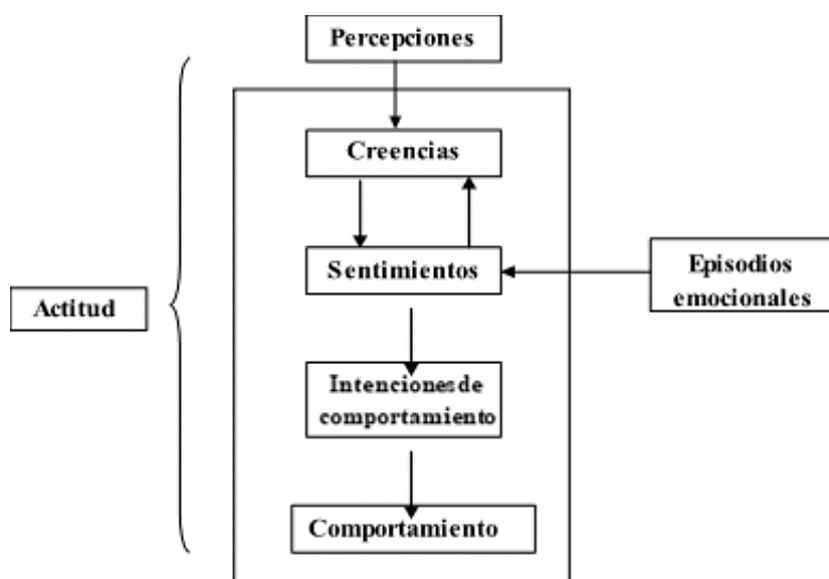
*Variables que afectan la productividad y consumo de mano de obra.*

Nº	FACTOR
1	Economía general
2	Aspectos laborales
3	Clima
4	Actividad
5	Equipamiento
6	Supervisión
7	Trabajador

Cuando se trata de prevenir problemas como el absentismo, la rotación de personal y la baja productividad, la motivación y la satisfacción de los empleados en el lugar de trabajo son variables cruciales a tener en cuenta. Es habitual descubrir el uso de términos como satisfacción laboral, motivación, compromiso organizacional, moral laboral y calidad de vida laboral de forma indistinta en campos como la administración de empresas, la sociología organizacional y la psicología del trabajo. Se trata de una práctica muy beneficiosa para la comunicación en el lugar de trabajo. Muchos de los elementos que pueden afectar al rendimiento de los empleados están bajo el control de la gestión de proyectos. Hay muchos aspectos diferentes que pueden afectar al rendimiento de los empleados. El rendimiento es una frase que se utiliza para describir la cantidad de trabajo que un individuo normal es capaz de realizar en circunstancias normales de salud.

**Figura 5**

*Esquema de la relación actitud-comportamiento.*



### 2.2.4.3 Rendimientos y consumos de mano de obra

Los rendimientos y consumos de mano de obra son términos utilizados en la gestión de proyectos y la planificación de actividades relacionadas con la mano de obra. Aquí hay una explicación detallada:

- ❖ **Rendimientos de mano de obra:** Se refiere a la cantidad de trabajo que se espera que un trabajador realice en un período de tiempo específico. Estos rendimientos pueden variar según el tipo de trabajo, la experiencia del trabajador, las condiciones del sitio y otros factores. Por ejemplo, en la construcción, los rendimientos de mano de obra pueden medirse en términos de metros cuadrados de pared pintada por hora, metros cúbicos de concreto vertido por día, etc.
- ❖ **Consumos de mano de obra:** Se refiere a la cantidad de mano de obra necesaria para completar una tarea específica o producir una unidad de producto. Este consumo puede variar según la eficiencia del trabajador, la complejidad de la tarea y otros factores. Por ejemplo, en la fabricación de productos, el consumo de mano de obra puede medirse en horas-hombre por unidad producida.



- ❖ **Importancia en la gestión de proyectos:** Tener estimaciones precisas de los rendimientos y consumos de mano de obra es crucial para la planificación y el control de proyectos. Permite a los gerentes de proyectos asignar recursos de manera eficiente, estimar costos laborales con precisión y programar actividades de manera realista.
- ❖ **Factores que influyen:** Varios factores pueden influir en los rendimientos y consumos de mano de obra, incluida la habilidad y experiencia de los trabajadores, la disponibilidad de herramientas y equipos adecuados, las condiciones del sitio de trabajo, el clima, entre otros.
- ❖ **Medición y seguimiento:** Los rendimientos y consumos de mano de obra se pueden medir y rastrear a lo largo del proyecto para evaluar el desempeño real en comparación con las estimaciones iniciales. Esto ayuda a identificar desviaciones y tomar medidas correctivas según sea necesario para garantizar que el proyecto se complete dentro del tiempo y el presupuesto previstos.

## 2.3 Marco Conceptual.

### 2.3.1 *Actividad*

Se refiere a una tarea específica que debe llevarse a cabo como parte del proyecto. Las actividades son elementos fundamentales en la descomposición del trabajo necesario para completar un proyecto y se organizan en una secuencia lógica para lograr los objetivos del proyecto en su totalidad.

### 2.3.2 *Eficiencia*

La eficiencia se refiere a la capacidad de realizar una tarea, actividad o proceso de manera óptima, maximizando la relación entre los recursos utilizados y los resultados obtenidos. En otras palabras, la eficiencia implica hacer las cosas de la mejor manera



posible, minimizando el desperdicio de recursos y maximizando la producción o los resultados deseados.

### **2.3.3 Eficacia**

La eficacia se refiere a la capacidad de lograr los objetivos deseados o producir los resultados esperados. Es la medida en la que una tarea, actividad o proceso cumple con su propósito previsto y alcanza los resultados planificados. La eficacia se centra en "hacer las cosas correctas" en lugar de simplemente "hacer las cosas bien".

### **2.3.4 Rendimiento de mano de obra.**

El rendimiento de mano de obra se refiere a la cantidad de trabajo que un trabajador puede realizar en un período de tiempo específico, generalmente expresado en términos de cantidad de trabajo completado por unidad de tiempo, como horas, días, semanas, etc. Es una medida de la eficiencia y productividad de los trabajadores en la realización de tareas o actividades específicas.

### **2.3.5 Consumo de mano de obra**

El rendimiento de mano de obra se refiere a la cantidad de trabajo que un trabajador puede realizar en un período de tiempo específico, generalmente expresado en términos de cantidad de trabajo completado por unidad de tiempo, como horas, días, semanas, etc. Es una medida de la eficiencia y productividad de los trabajadores en la realización de tareas o actividades específicas.



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Diseño de la Investigación

El diseño no experimental es un método de investigación que se caracteriza por la observación y análisis de fenómenos tal como ocurren en su contexto natural, sin la manipulación deliberada de variables. (Hernandez & Baptista, 2014). El método de investigación seleccionado para este estudio es de carácter no experimental. Esto significa que no se modificarán intencionalmente los factores bajo estudio, sino que se observarán las variables en su estado natural durante su ejecución.

#### 3.2 Método de la Investigación

Según Tamayo y Tamayo (2012), el método científico es un enfoque estructurado que se utiliza para plantear preguntas científicas, verificar hipótesis y aplicar técnicas de investigación. Este método fue empleado como una estrategia ordenada, comenzando con la identificación del problema, seguido de la formulación de preguntas de investigación, la definición de los objetivos del estudio, la determinación y medición de variables, la organización de datos, la presentación de resultados y, finalmente, la elaboración de conclusiones fundamentadas en el análisis completo del estudio.



### **3.3 Nivel y tipo de la investigación**

#### **3.3.1 Nivel de la Investigación**

El grado de investigación es una medida de cuán a fondo se estudia un tema o fenómeno de estudio, según Arias (2012). Una relación de causa y efecto entre las variables en estudio es una característica definitoria de la investigación de nivel explicativo. Por lo tanto, en este tipo de investigación, se plantean hipótesis para ver si existe una relación causal entre las tres variables. En su libro, Arias y Covinos (2021) lo afirman en la página 72. Dado que no se realizaron cambios deliberados en las variables a lo largo del desarrollo, la investigación puede describirse como descriptiva. Más bien, la investigación se propuso examinar las múltiples facetas de la aplicación del método Lean Construction a un proyecto de construcción de viviendas en Azángaro.

#### **3.3.2 Tipo de la investigación**

(Hernandez & Baptista, 2014), la investigación aplicada es arrojar luz sobre problemas reales en un determinado campo de estudio y proporcionar soluciones que puedan ponerse en práctica. Debido a su base observacional y la profundidad del análisis aplicado a las variables examinadas, el estudio es de naturaleza descriptiva. El objetivo de esta investigación es catalogar las características de las prácticas de Lean Construction y las formas en que impactan en los proyectos de edificación.

### **3.4 Población y Muestra**

#### **3.4.1 Población**

De acuerdo con (Hernandez & Baptista, 2014, pág. 165) la frase "universo" o "población" denota cualquier conjunto con propiedades iguales, entendido como fuente de información. En este estudio se utilizará la población resultante de las iniciativas de remodelación y modernización implementadas en una vivienda tradicional de la ciudad de Azángaro.

**Figura 6**

*Mapa de ubicación.*



### **3.4.2 Muestra**

La población objetivo se divide en grupos más pequeños, denominados muestras, para fines de recopilación de datos. Antes del análisis, es esencial delimitar con precisión este subconjunto particular de la población objetivo, asegurándose de que represente de manera auténtica a la población completa. (Hernandez & Baptista, 2014, pág. 173). Esta fase corresponde a la construcción de una casa convencional, ya que es el enfoque de estudio en el presente trabajo de investigación.



### 3.5 Técnicas e instrumentos de investigación para la recolección de datos

#### 3.5.1 Técnicas de recolección de datos

Son herramientas esenciales que permiten implementar de manera práctica y operativa los métodos y enfoques desarrollados en el ámbito de la metodología de la investigación. Según Hernández y Duana (2020, p. 51), estas técnicas funcionan como medios clave para llevar a cabo el proceso metódico, facilitando la recolección y análisis de datos de manera sistemática y controlada. A través de su uso, se garantiza que los procedimientos de investigación sigan un enfoque organizado, permitiendo la validación de hipótesis y la obtención de resultados confiables.

Con respecto a las técnicas específicas, Hernández, Fernández y Baptista (2015) describen la observación y confiable. Este método permite una comprensión directa y detallada de los fenómenos en estudio, basándose en el análisis de acciones y reacciones que se pueden observar sin intermediarios. En el contexto de esta investigación, se utilizan diversas técnicas para analizar la productividad y los métodos de trabajo, entre las que destacan:

- ❑ **Observación directa:** Implica el análisis inmediato de los comportamientos y tareas en el lugar de trabajo, permitiendo identificar patrones de eficiencia o áreas de mejora en tiempo real.
- ❑ **Control de rendimientos:** Esta técnica se enfoca en medir y evaluar el rendimiento de los trabajadores, registrando métricas precisas que permiten establecer comparaciones y generar insights sobre la productividad.
- ❑ **Aplicación de Análisis de Restricciones:** Consiste en identificar y abordar los cuellos de botella o limitaciones que afectan el flujo de trabajo, permitiendo optimizar el uso de recursos y mejorar el desempeño en el proceso constructivo.
- ❑ **Estimación del Diagrama de Flujo:** Se usa para visualizar y analizar la secuencia de tareas en los procesos, lo cual facilita la identificación de etapas críticas y permite

la mejora en la organización de los pasos necesarios para completar cada fase del proyecto.

- ❑ **Aplicación de la Carta Balance:** Esta herramienta permite la planificación equilibrada de tareas y recursos, distribuyendo de forma equitativa las cargas de trabajo para maximizar la eficiencia del equipo y minimizar los tiempos de inactividad.

### 3.5.2 Instrumentos de recolección de datos investigación

Son herramientas diseñadas específicamente para medir, evaluar y analizar circunstancias o fenómenos de manera empírica, es decir, basándose en la observación y recolección directa de datos. Según Hernández y Duana (2020, p. 52), la construcción de estos instrumentos es fundamental, ya que permite que el investigador obtenga información precisa y relevante para sus objetivos de estudio. Sin embargo, para que estos instrumentos sean verdaderamente efectivos y puedan respaldar los hallazgos de una investigación, es crucial que se sometan a un proceso de validación riguroso. La validez de un instrumento garantiza que los datos recolectados sean fiables, coherentes y representen adecuadamente la realidad del fenómeno estudiado, lo cual permite extraer conclusiones fundamentadas y precisas.

Entre los instrumentos empleados en esta investigación para evaluar el rendimiento y la eficiencia en la productividad de la mano de obra en la construcción se encuentran:

- ❑ **Fichas de recolección de datos de campo:** Estas fichas son formatos estructurados donde se registran datos observacionales y otros detalles directamente desde el lugar de estudio. Permiten documentar aspectos específicos del contexto en tiempo real, lo cual es esencial para captar variables que podrían pasar desapercibidas en una evaluación teórica. Estas fichas facilitan el acceso a información detallada y contextualizada sobre el desempeño en el trabajo.
- ❑ **Fichas de análisis de restricciones:** Se utilizan para identificar y documentar los obstáculos o limitaciones que pueden afectar el flujo de trabajo o la eficiencia en el

proceso. Estas fichas ayudan a registrar y clasificar restricciones, como problemas de recursos, limitaciones técnicas o interferencias operativas, permitiendo al investigador evaluar y proponer soluciones para optimizar la productividad.

- ❑ **Diagramas de flujo:** Esta herramienta visual se emplea para representar la secuencia de pasos en un proceso de trabajo, facilitando el análisis de cada etapa y la identificación de posibles ineficiencias o áreas de mejora. Los diagramas de flujo permiten una comprensión clara de cómo se organizan y ejecutan las tareas, lo cual es fundamental para el análisis de procesos en el ámbito de la construcción.
- ❑ **Carta Balance:** Es una técnica gráfica que permite planificar y equilibrar las cargas de trabajo entre los diferentes miembros o equipos en una construcción, optimizando así los tiempos de ejecución. La carta balance contribuye a reducir tiempos de inactividad, distribuir tareas de forma equitativa y mejorar el rendimiento general del equipo, registrando con precisión la asignación de recursos y el tiempo invertido en cada actividad.
- ❑ **Software de análisis de datos:** Las herramientas de software son fundamentales para procesar y analizar grandes volúmenes de datos de manera precisa y eficiente. Estas plataformas permiten aplicar técnicas estadísticas avanzadas, visualizar tendencias y patrones, y generar reportes detallados que respaldan el análisis empírico. El software también facilita la comparación de datos y la presentación de resultados de manera comprensible, siendo una herramienta imprescindible para una investigación fundamentada en datos.

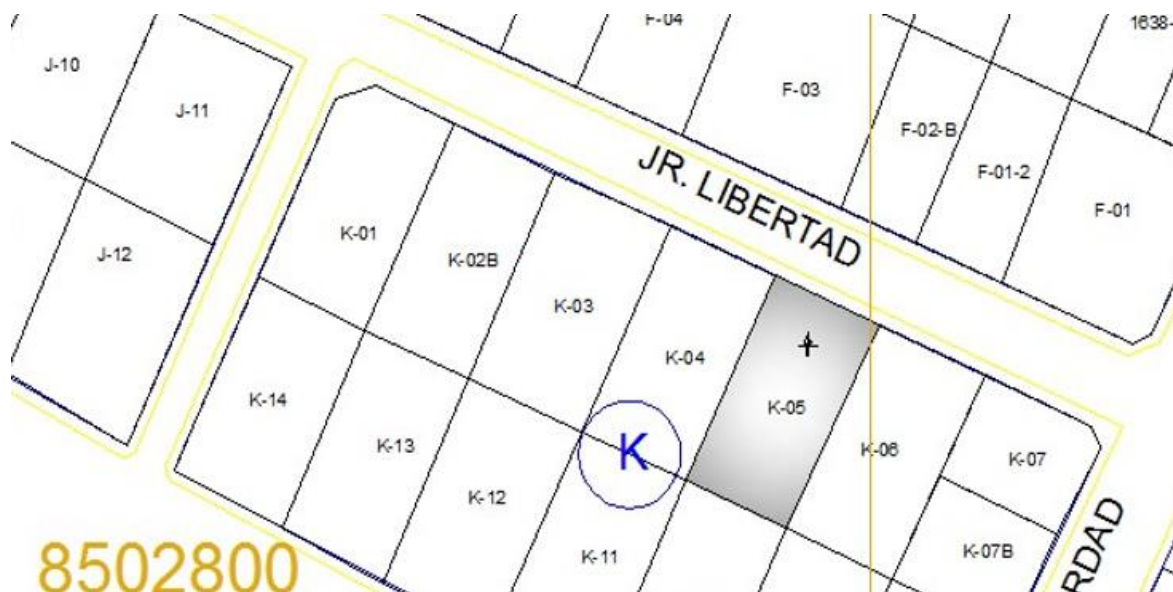
### 3.6 Procedimiento para la recolección de datos

#### 3.6.1 Desarrollo de plan de investigación

El proyecto que sigue se localiza en una casa en la ciudad de Azángaro, en el departamento de Puno. Tanto la construcción como la reconstrucción de la vivienda se llevaron a cabo en este lugar.

**Figura 7**

*Ubicación de la vivienda.*



El diseño estructural del proyecto en cuestión implica la construcción de una casa de dos pisos (planta baja, planta alta y azotea), que incluirá escaleras, sala, comedor, baños, instalaciones eléctricas, entre otros elementos necesarios para cumplir con los estándares establecidos para una vivienda unifamiliar.

Según lo establecido en la programación arquitectónica:

- ❖ Se incluirá una sala de estar.
- ❖ Habrá un comedor.
- ❖ Se designará un área para lavandería.
- ❖ Contará con dos baños.
- ❖ Se dispondrá de un garaje.
- ❖ Se contemplará un estudio.
- ❖ Se destinarán cuatro dormitorios.

**Figura 8**

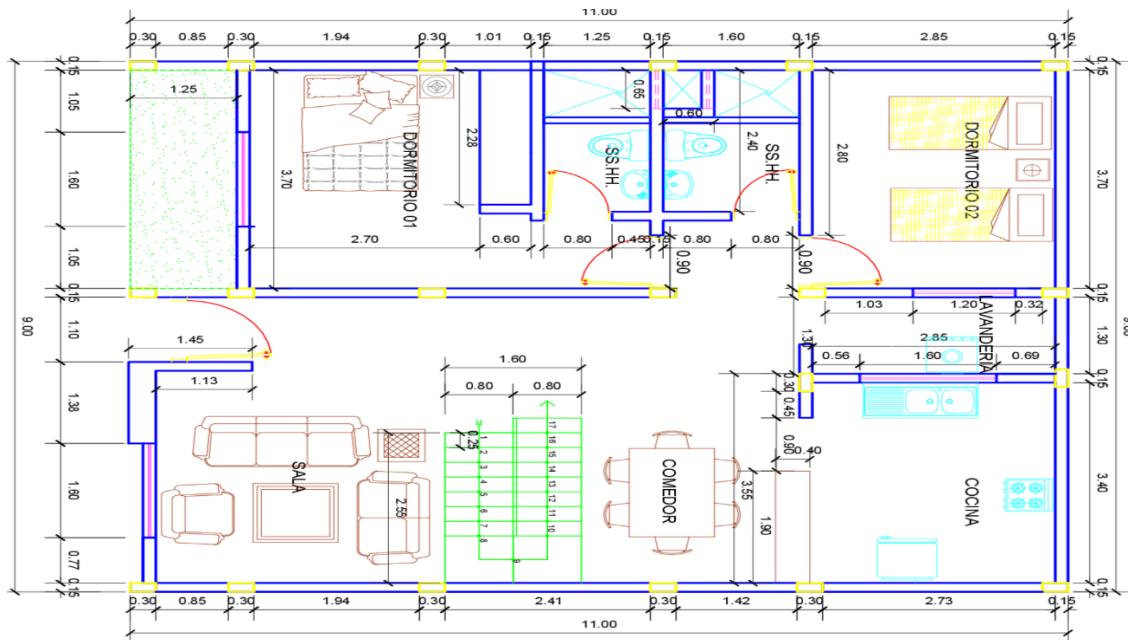
*Obras Preliminares*



**Organización del espacio habitacional:**

**Figura 9**

*Planificación de la vivienda.*



**Situación de la obra previa a la implementación de la metodología**

**Figura 10***Obra en ejecución*

La imagen ilustra una ausencia de un método que pueda mejorar el control de calidad durante la realización de las tareas, así como una supervisión deficiente de la calidad del trabajo y de su ejecución adecuada. La necesidad de rehacer estas tareas resultará en pérdidas de tiempo y, en última instancia, en pérdidas financieras.

**Partidas a Observar en el Proceso Constructivo:** Para evaluar y garantizar la calidad en cada fase de construcción, se observarán cuidadosamente las siguientes partidas: encofrados, desencofrados, concreto y aceros. Cada una de estas partidas desempeña un papel crucial en la integridad y estabilidad de la estructura final, por lo que se aplicarán técnicas de control y procedimientos específicos para asegurar el cumplimiento de los estándares de diseño y seguridad.

**Aceros:** La colocación del acero estructural exige precisión para cumplir con los requisitos del diseño estructural. Los aceros deben instalarse siguiendo rigurosamente los diámetros especificados en los planos de diseño, ya que cada diámetro responde a cálculos de resistencia estructural. En el proceso de posicionamiento, se debe mantener el cumplimiento exacto de las dimensiones y recubrimientos especificados, lo cual es esencial para asegurar la protección del acero y la durabilidad de la estructura. Durante el vertido del concreto, es fundamental que el acero esté firmemente asegurado para



evitar desplazamientos que puedan comprometer la estabilidad de la estructura. Este control en la colocación también ayuda a prevenir deformaciones o movimientos que excedan las tolerancias permitidas.

**Encofrados:** La construcción industrial asume la responsabilidad de diseñar, construir y mantener el encofrado, así como sus estructuras de soporte. En este proceso, es importante considerar la durabilidad y resistencia de los materiales, especialmente si el encofrado está destinado a ser reutilizado en otras fases de construcción. Para asegurar una correcta resistencia del concreto, el desmontaje del encofrado solo se realizará de acuerdo con el cronograma de la obra o una vez que el concreto haya alcanzado la resistencia especificada en el diseño estructural. Este procedimiento es clave para garantizar la estabilidad de la estructura y la integridad de las superficies de concreto, manteniéndolas libres de daños o alteraciones.

**Desencofrados:** El desencofrado es el proceso de retirar las estructuras temporales que soportan los elementos de concreto mientras alcanzan la resistencia necesaria. Este paso se lleva a cabo solo cuando el concreto ha adquirido la capacidad de soportar su propio peso, así como cualquier carga adicional que se pueda aplicar en esa fase de la obra. La liberación de las superficies de concreto permite continuar con el acabado y facilita la reutilización del encofrado en otras áreas o proyectos. Para evitar daños en las superficies, el desencofrado debe realizarse con cuidado y en el momento adecuado, siguiendo las especificaciones de resistencia.

**Concreto (210 kg/cm<sup>2</sup>):** La preparación y aplicación del concreto se basarán en un diseño de mezcla que garantiza una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Durante la colocación del concreto, se utilizarán vibradores para eliminar posibles huecos y asegurar una distribución uniforme de la mezcla, evitando así vacíos que podrían afectar la integridad de los elementos estructurales. Este proceso es esencial para lograr una estructura densa y homogénea que cumpla con los requisitos de diseño y seguridad.



### 3.7 Procesamiento y análisis de datos

Los datos recolectados serán sometidos a un análisis exhaustivo empleando una amplia gama de herramientas y técnicas que permitirán una interpretación clara y detallada de los resultados. Entre las herramientas principales se incluyen tablas, gráficos y cálculos estadísticos. Las tablas permitirán organizar los datos en formatos comprensibles, facilitando la comparación y el análisis de tendencias específicas. Los gráficos, por su parte, serán utilizados para visualizar patrones y relaciones en los datos, lo cual es esencial para una interpretación intuitiva y rápida de los resultados. Los cálculos estadísticos se aplicarán con el fin de determinar promedios, desviaciones, y otros indicadores de variabilidad que revelen la consistencia y fiabilidad de los datos obtenidos. Este procedimiento de análisis se llevará a cabo con el propósito de asegurar que los resultados sean tanto precisos como confiables, siguiendo criterios rigurosos propios de la metodología científica. Para lograr esto, se utilizarán métodos experimentales validados que permitirán una recopilación de datos exacta y sin sesgos, mientras que los procedimientos de análisis incluirán técnicas de verificación para confirmar la autenticidad de los resultados. Estos métodos no solo fortalecerán la robustez de los datos, sino que también facilitarán la replicabilidad del estudio, proporcionando un marco de análisis confiable que garantiza que las conclusiones derivadas sean representativas y sostenibles en contextos similares.

En conjunto, el uso de estas herramientas y métodos permitirá una interpretación completa y matizada de los datos, respaldando la validez de los hallazgos y asegurando que cada aspecto del análisis contribuya a una conclusión sólida y fundamentada en evidencia.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Resultados.

##### 4.1.1 Resultados sobre el efecto de la carta balance sobre la productividad de la mano de obra en la construcción de viviendas en Azángaro.

La clasificación de las tareas como productivas, que contribuyen o que no contribuyen es fundamental para una evaluación adecuada del diagrama de equilibrio. El objetivo principal es distribuir eficazmente el tiempo de la tripulación, de forma colectiva o individual, para identificar las regiones de bajo rendimiento. Esto permitirá la ejecución de mejoras o soluciones derivadas de los datos recopilados de las muestras.

#### A. Tarea productivos, contributarios y no contributarios (encofrado de zapatas)

Resultado de la muestra (carta balance):

**Tabla 4**

*Trabajo productivo*

COD.	TRABAJO PRODUCTIVO
1	Colocación de barrotes en muros
2	Colocación de largueros en muros
3	Colocación de planchas o tablones
4	Colocación de accesorios en muros
5	Colocación de alineadores
6	Colocación de puntales

Tabla 5

*Trabajo contributivo*

<b>COD.</b>	<b>TRABAJO CONTRIBUTORIO</b>
11	Retiro de accesorios en muros
12	Recibir/dar instrucciones
13	Retiro de alineador
14	Transporte de material
15	Retiro de planchas o tablonos
16	Búsqueda de accesorios
17	Retiro de barotes
18	Retiro de largueros
19	Limpieza
20	Lectura de planos

Tabla 6

*Trabajo no contributivo*

<b>COD.</b>	<b>TRABAJO NO CONTRIBUTORIO</b>
21	Viaje improductivo
22	Esperas
23	Trabajo rehecho
24	Tiempo ocioso

**Distribución de los obreros**

El equipo designado para realizar el encofrado de las zapatas estuvo compuesto por 0.1 capataz, 2 oficiales, 2 operarios y 2 peones, quienes asumirán la responsabilidad de esta fase de la construcción.

Tabla 7

*Equipo de trabajo*

<b>Cant.</b>	<b>Actividad</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cod.</b>
1		QUISPE MAMANI JOSE	Capataz
2		QUENAYA AMANQUI JUAN	Oficial
3		HUAMANI ZELA MAURO	Oficial
4	Encofrado	CASTRO NINA ROSSEL	Operario
5		ARAPA HUANCA ELMER	Operario
6		LLANOS BUENTURA ALBERTO	Peón
7		HALANOCA HUANCA ELVIS	Peón

### Resultado (carta balance)

El día 12 de noviembre de 2023 se obtuvieron treinta muestras de cada aparato durante un intervalo de un minuto. Estas muestras fueron recolectadas en varias tareas ejecutadas por los trabajadores a lo largo de la construcción del encofrado de la zapata.

**Tabla 8**

*Carta balance en encofrados*

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

La tabla exhibe las variadas conductas en cuanto a rendimiento durante los 30 minutos analizados. También se evidencian los progresos individuales de cada trabajador a lo largo de este periodo.

**Tabla 9**

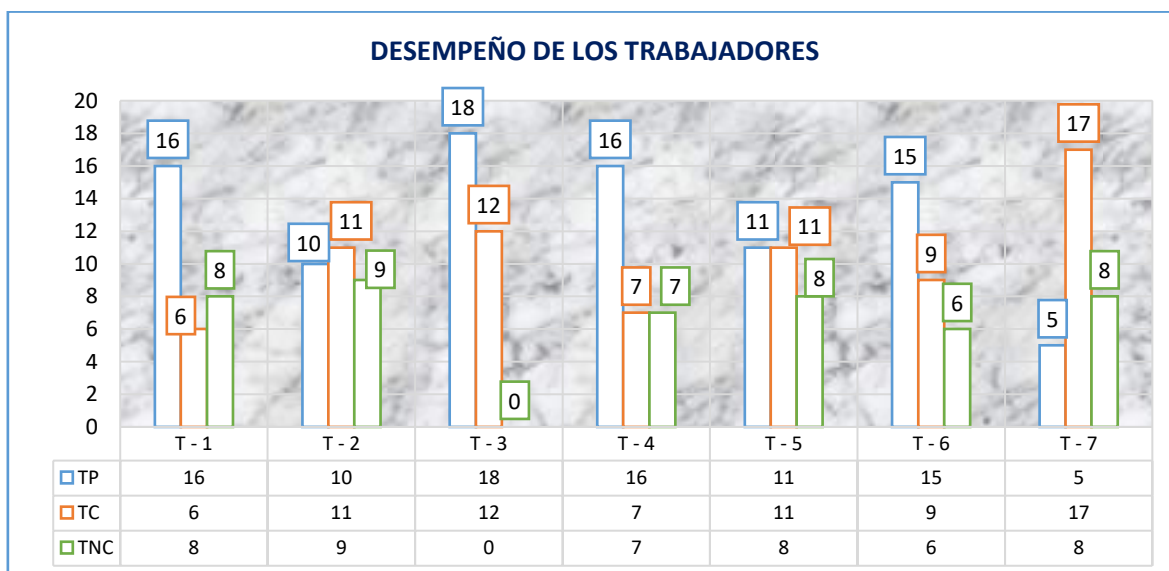
*Puntuación según a la carta balance*

Descripción	T - 1	T - 2	T - 3	T - 4	T - 5	T - 6	T - 7	Σ	%
<b>TP</b>	16	10	18	16	11	15	5	<b>91</b>	<b>43.33</b>
<b>TC</b>	6	11	12	7	11	9	17	<b>73</b>	<b>34.76</b>
<b>TNC</b>	8	9	0	7	8	6	8	<b>46</b>	<b>21.90</b>

La tabla muestra los puntos obtenidos por cada obrero en la partida de encofrado de zapatas de la vivienda, así como la suma total de sus actividades y los porcentajes de desempeño correspondientes.

**Figura 11**

*Desempeño de los trabajadores.*



La figura ilustra una visión más detallada de las contribuciones en eficiencia realizadas por cada trabajador según lo indicado en la carta balance.

**Tabla 10**

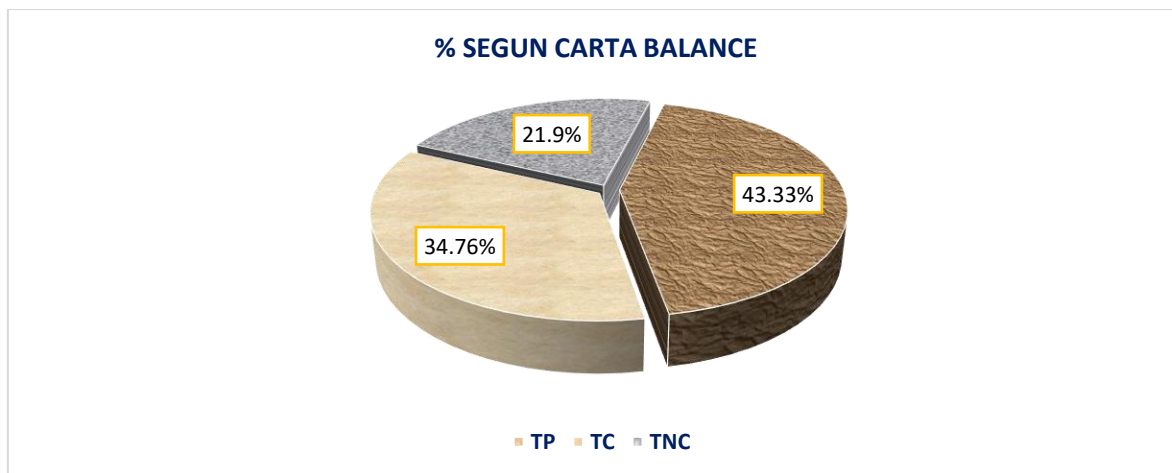
*% según a la carta balance.*

Descrip.	Porcentajes
TP	43.33%
TC	34.76%
TNC	21.90%

Los datos en la tabla reflejan los porcentajes derivados de los rendimientos obtenidos, siguiendo el formato previamente especificado.

**Figura 12**

*% del desempeño a nivel global.*



Se presenta de manera integral el rendimiento de los obreros, así como los períodos de tiempo perdido y los trabajos realizados con eficacia. Las cuadrillas lograron porcentajes que estuvieron ligeramente por debajo de lo previsto.

**Tabla 11**

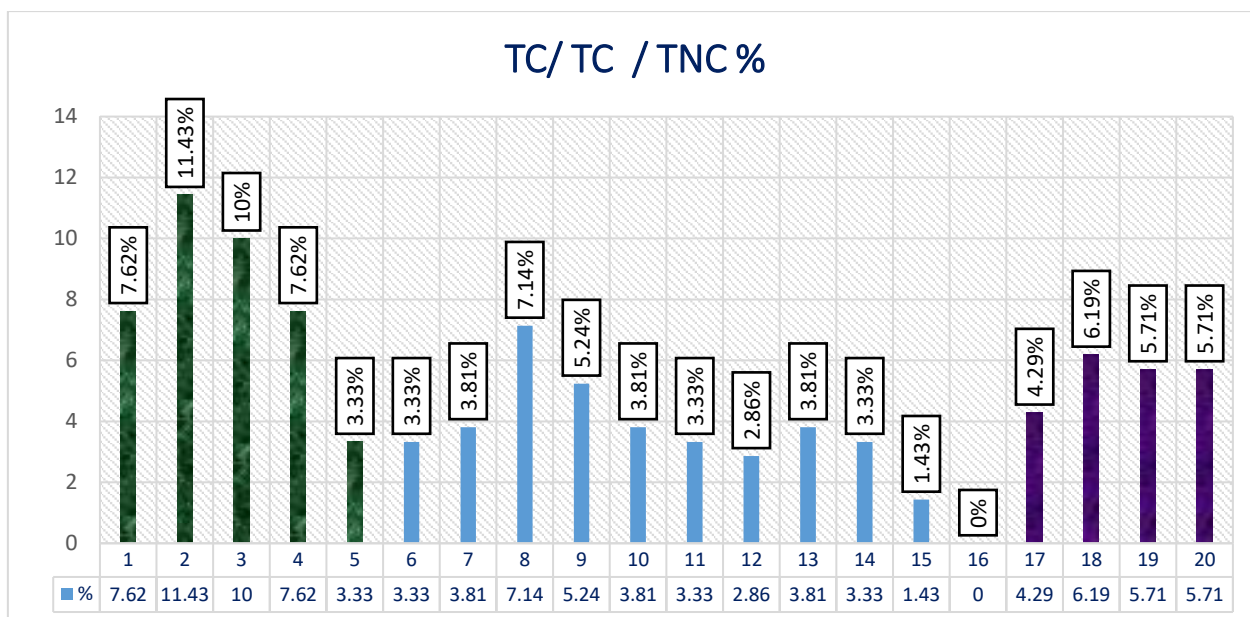
*Cuantificación de los trabajos.*

COD.	O - I	O - II	O - III	O - IV	O - V	O - VI	O - VII	Total	%
1	0	4	4	4	0	4	0	16	7.62%
2	3	3	6	2	5	5	0	24	11.43%
3	2	3	3	4	3	4	2	21	10.00%
4	5	0	3	2	3	0	3	16	7.62%
5	3	0	0	2	0	2	0	7	3.33%
6	3	0	2	2	0	0	0	7	3.33%
11	1	0	4	0	1	0	2	8	3.81%
12	4	0	0	1	4	2	4	15	7.14%
13	0	0	0	1	3	2	5	11	5.24%
14	1	1	2	1	1	0	2	8	3.81%
15	0	2	3	1	0	1	0	7	3.33%
16	0	2	1	1	0	2	0	6	2.86%
17	0	2	2	1	0	1	2	8	3.81%
18	0	1	0	1	2	1	2	7	3.33%
19	0	3	0	0	0	0	0	3	1.43%
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
21	0	1	0	2	1	2	3	9	4.29%
22	3	2	0	2	2	1	3	13	6.19%
23	3	2	0	2	3	0	2	12	5.71%
24	2	4	0	1	2	3	0	12	5.71%
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>210</b>	<b>100.00%</b>

La tabla proporciona un desglose más detallado de los progresos y los resultados obtenidos según la carta balance. Además, muestra los % individuales de las tareas realizadas.

**Figura 13**

% de tareas realizadas



Los porcentajes obtenidos no alcanzaron el nivel ideal necesario para el progreso requerido, sin embargo, tampoco fueron deficientes. Se observa también un alto índice de tiempo perdido durante la ejecución de las tareas.

### B. Tareas productivos, contributarios y no contributarios (acero en zapatas)

**Tabla 12**

Trabajo productivo

COD.	TRABAJO PRODUCTIVO
1	Distribución de acero de refuerzo
2	Comprobación del empinamiento del acero
3	Comprobación del recubrimiento adecuado

Tabla 13

*Trabajo contributivo*

COD.	TRABAJO CONTRIBUTIVO
11	Toma de medidas
12	Desarmado de acero
13	Doblado de acero
14	Transporte de material
15	Armado de andamios
16	Colocado de arnés
17	Instrucciones
18	Dar instrucciones

Tabla 14

*Trabajo no contributivo*

COD.	TRABAJO NO CONTRIBUTIVO
21	Trabajos rehechos
22	Ir a los servicios
23	Usar el celular
24	Esperas

**Distribución de los obreros**

El equipo designado para la construcción de los aceros de las zapatas estuvo conformado por 0.1 capataz, 2 oficiales, 2 operarios y 2 peones, quienes serán responsables de esta fase de la construcción.

Tabla 15

*Equipo de trabajo*

Cant.	Actividad	Nombre	Cod.
1		QUISPE MAMANI JOSE	Capataz
2		QUENAYA AMANQUI JUAN	Oficial
3		HUAMANI ZELA MAURO	Oficial
4	Acero	CASTRO NINA ROSSEL	Operario
5		ARAPA HUANCA ELMER	Operario
6		LLANOS BUENTURA ALBERTO	Peón
7		HALANOCA HUANCA ELVIS	Peón

**Resultado (carta balance)**

Se recolectaron 30 muestras de cada equipo con lapso de tiempo de 1 minuto. Estas muestras fueron obtenidas de varias actividades llevadas a cabo por los trabajadores durante la instalación de los aceros.

**Tabla 16**

*Carta balance en aceros*

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

La tabla muestra los distintos rendimientos y avances individuales de cada trabajador durante los 30 minutos analizados.

**Tabla 17**

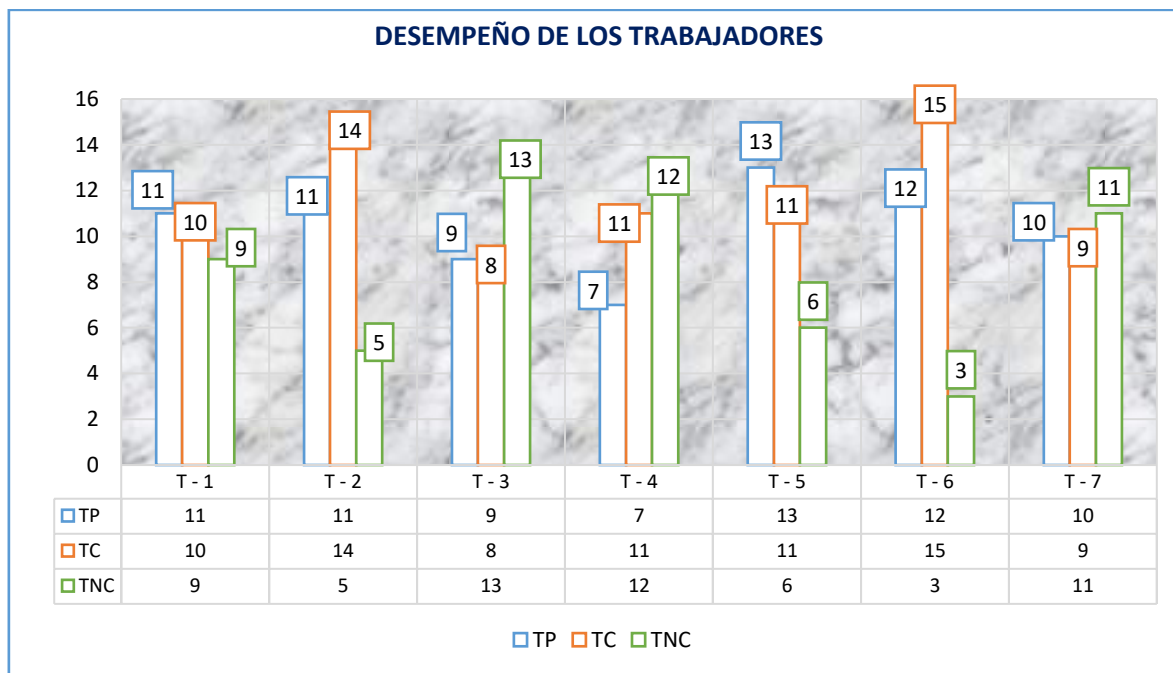
*Puntuación según a la carta balance*

Descripción	T - 1	T - 2	T - 3	T - 4	T - 5	T - 6	T - 7	Σ	%
TP	11	11	9	7	13	12	10	<b>73</b>	<b>34.76</b>
TC	10	14	8	11	11	15	9	<b>78</b>	<b>37.14</b>
TNC	9	5	13	12	6	3	11	<b>59</b>	<b>28.10</b>

La recopilación de puntos alcanzada por obrero en partida de acero en zapatas de la vivienda, asimismo la sumatorio de sus actividades y los porcentajes de desempeño.

**Figura 14**

*Desempeño de los trabajadores.*



La figura ilustra una visión más detallada de las contribuciones en eficiencia realizadas por cada trabajador según lo indicado en la carta balance.

**Tabla 18**

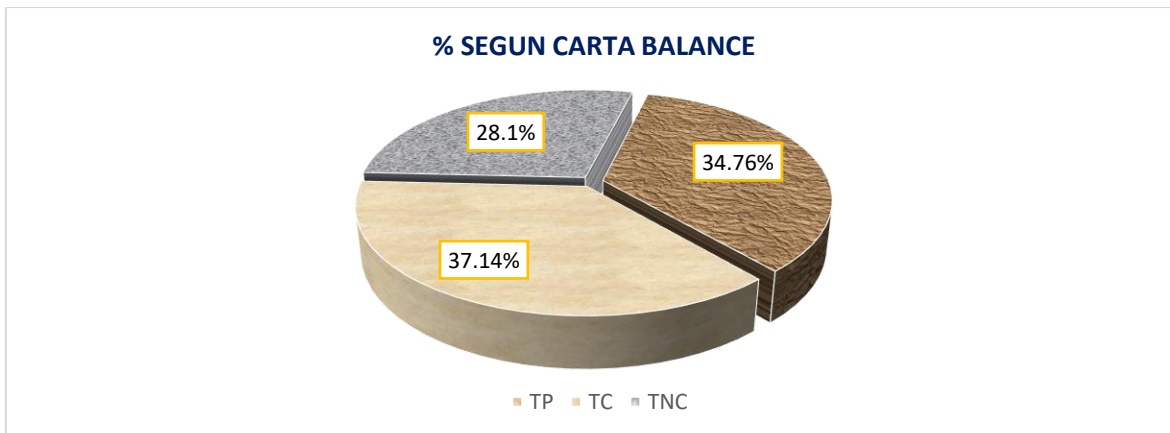
*% según carta balance.*

Descrip.	%
TP	34.76%
TC	37.14%
TNC	28.10%

Los datos presentados en la tabla representan los porcentajes obtenidos a partir de los rendimientos mostrados conforme al formato previamente mencionado.

**Figura 15**

*% del desempeño a nivel global.*



A continuación, se presenta un gráfico que muestra de manera global el rendimiento de los obreros, así como los períodos de tiempo perdido y los trabajos realizados con eficacia. Las cuadrillas alcanzaron porcentajes que estuvieron ligeramente por debajo de lo esperado.

**Tabla 19**

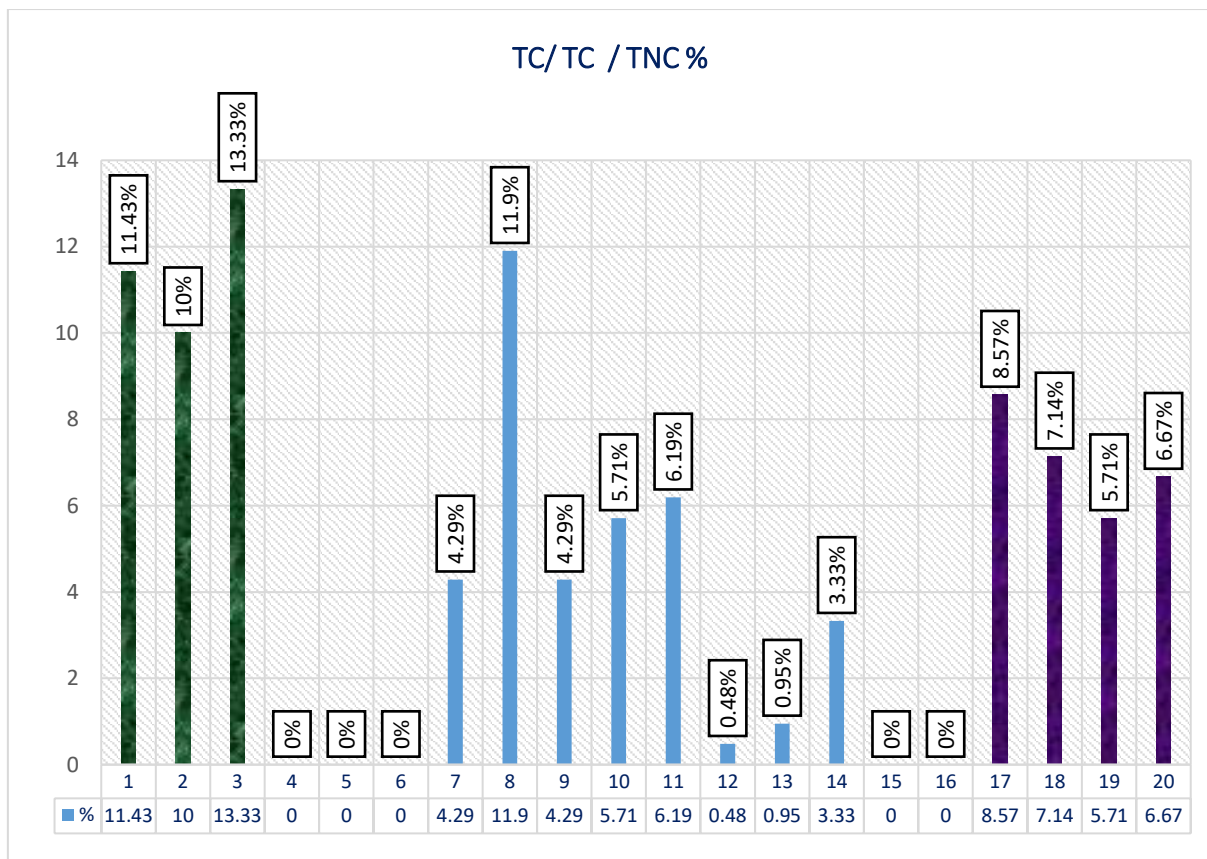
*Cuantificación de los trabajos.*

COD.	O - I	O - II	O - III	O - IV	O - V	O - VI	O - VII	Total	%
1	0	3	4	2	7	5	3	24	11.43%
2	6	6	2	0	3	2	2	21	10.00%
3	5	2	3	5	3	5	5	28	13.33%
11	0	3	0	0	3	3	0	9	4.29%
12	2	6	3	4	4	3	3	25	11.90%
13	2	0	0	2	2	0	3	9	4.29%
14	1	0	2	3	1	2	3	12	5.71%
15	3	2	3	2	0	3	0	13	6.19%
16	1	0	0	0	0	0	0	1	0.48%
17	0	0	0	0	0	2	0	2	0.95%
18	1	3	0	0	1	2	0	7	3.33%
21	3	2	7	0	4	1	1	18	8.57%
22	2	1	2	4	0	0	6	15	7.14%
23	0	0	4	5	0	2	1	12	5.71%
24	4	2	0	3	2	0	3	14	6.67%
<b>Total</b>	30	30	30	30	30	30	30	210	100.00%

La tabla proporciona un desglose más detallado de los progresos y los resultados obtenidos según la carta balance. Además, muestra los % individuales de las tareas realizadas.

**Figura 16**

% de tareas realizados



Los porcentajes obtenidos no alcanzaron el nivel ideal necesario para el progreso requerido, sin embargo, tampoco fueron deficientes. Se observa también un alto índice de tiempo perdido durante la ejecución de las tareas.

### C. Tareas productivas, contributarios y no contributarios (Concreto en zapatas)

Resultado de la muestra (carta balance)

**Tabla 20**

*Trabajo productivo*

COD.	T. PRODUCTIVO
1	Puesta del concreto
2	Vibrado de concreto

Tabla 21

*Trabajo contributivo*

COD.	T. CONTRIBUTORIO
11	Preparación del concreto
12	Traslado del concreto
13	Verificación de nivel de vaciado
14	Transporte de materiales
15	Armado de andamios
16	Colocado de arnés
17	Recibir Instrucciones
18	Dar instrucciones

Tabla 22

*Trabajo no contributivo*

COD.	T. NO CONTRIBUTORIO
21	Trabajos rehechos
22	Ir a los servicios
23	Usar el celular
24	Esperas

**Distribución de los obreros**

El equipo para la construcción en concreto de zapatas incluyó 0.1 capataz, 2 oficiales, 2 operarios y 2 peones, responsables de esta etapa.

Tabla 23

*Equipo de trabajo*

Cant.	Actividad	Nombre	Cod.
1		QUISPE MAMANI JOSE	Capataz
2		QUENAYA AMANQUI JUAN	Oficial
3		HUAMANI ZELA MAURO	Oficial
4	Concreto	CASTRO NINA ROSSEL	Operario
5		ARAPA HUANCA ELMER	Operario
6		LLANOS BUENTURA ALBERTO	Peón
7		HALANOCA HUANCA ELVIS	Peón

**Resultado (carta balance)**

Se tomaron 30 muestras de cada equipo en transcurso de 1 minuto. Estas muestras fueron obtenidas de diversas acciones llevadas a cabo por los trabajadores durante el proceso de vertido del concreto.

**Tabla 24**

*Carta balance en concreto*

<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>	<b>7</b>
1	1	1	15	1	1	11	11
2	1	1	15	1	1	11	11
3	1	1	15	1	1	11	11
4	18	15	21	17	24	11	11
5	18	14	21	17	24	12	21
6	15	14	21	17	24	2	21
7	15	14	15	16	24	2	21
8	15	15	15	16	1	17	17
9	18	15	12	17	1	17	17
10	18	11	12	17	1	17	11
11	13	11	14	2	1	17	11
12	13	21	14	2	1	17	14
13	11	21	2	12	1	11	14
14	11	21	2	12	1	16	14
15	12	21	2	12	1	16	16
16	12	13	23	12	12	16	16
17	2	13	23	12	12	11	16
18	2	17	23	1	12	11	15
19	2	17	23	1	1	11	15
20	2	22	12	1	1	18	15
21	2	1	1	1	1	18	16
22	22	1	1	1	1	18	16
23	21	1	1	11	1	12	16
24	23	1	12	1	17	12	1
25	23	2	12	22	17	18	1
26	22	11	12	22	17	18	1
27	22	11	16	22	24	18	2
28	24	11	16	22	24	2	2
29	24	2	24	22	24	1	2
30	12	2	24	22	24	1	2

La tabla ilustra diversos comportamientos en cuanto a rendimiento durante los 30 minutos analizados, mostrando también los avances individuales de los trabajadores a lo largo del tiempo.

**Tabla 25**

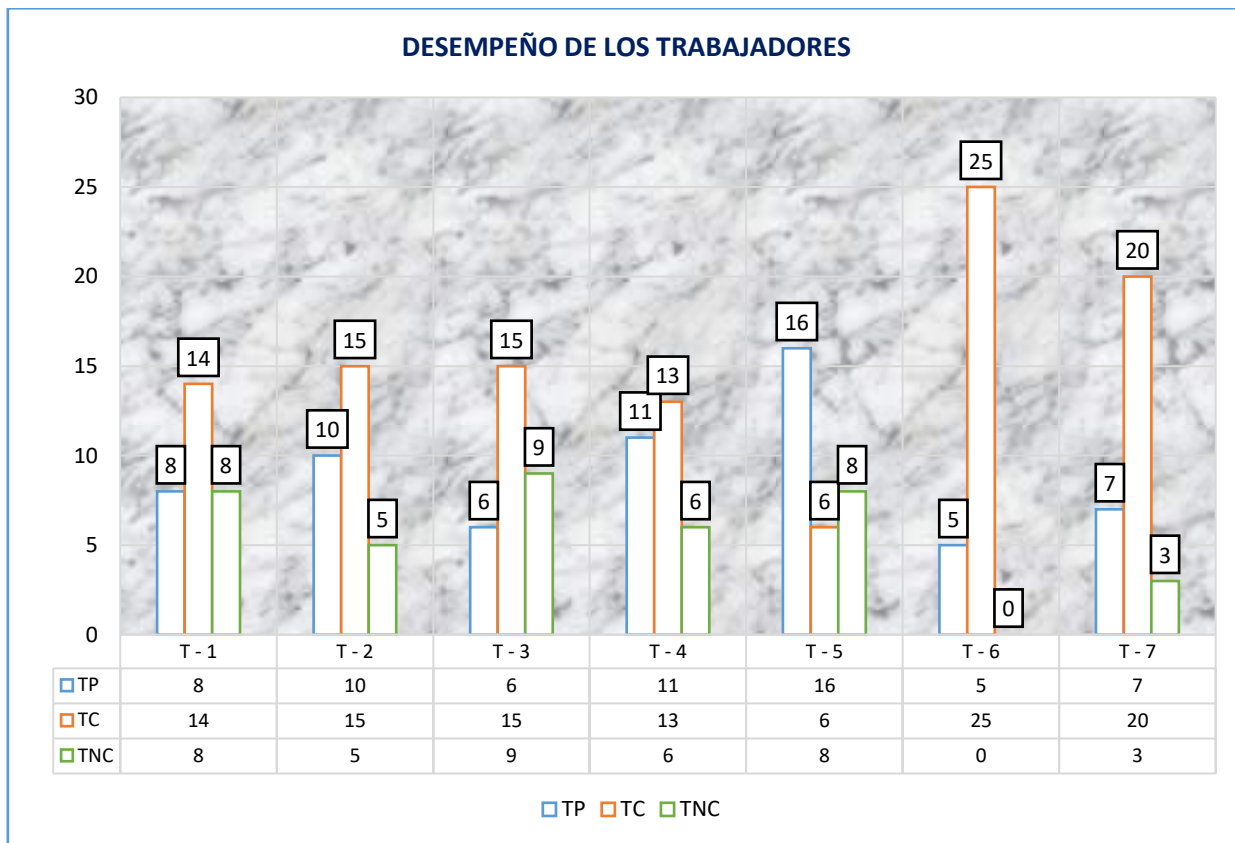
*Puntuación según a la carta balance*

<b>Descripción</b>	<b>T - 1</b>	<b>T - 2</b>	<b>T - 3</b>	<b>T - 4</b>	<b>T - 5</b>	<b>T - 6</b>	<b>T - 7</b>	<b>Σ</b>	<b>%</b>
<b>TP</b>	8	10	6	11	16	5	7	<b>63</b>	<b>30.00</b>
<b>TC</b>	14	15	15	13	6	25	20	<b>108</b>	<b>51.43</b>
<b>TNC</b>	8	5	9	6	8	0	3	<b>39</b>	<b>18.57</b>

La recopilación de puntos alcanzada por obrero en partida de concreto de zapatas de vivienda, asimismo la sumatorio de sus actividades y los porcentajes de desempeño.

**Figura 17**

*Desempeño de los trabajadores.*



La figura ilustra una visión más detallada de las contribuciones en eficiencia realizadas por cada trabajador según lo indicado en la carta balance.

**Tabla 26**

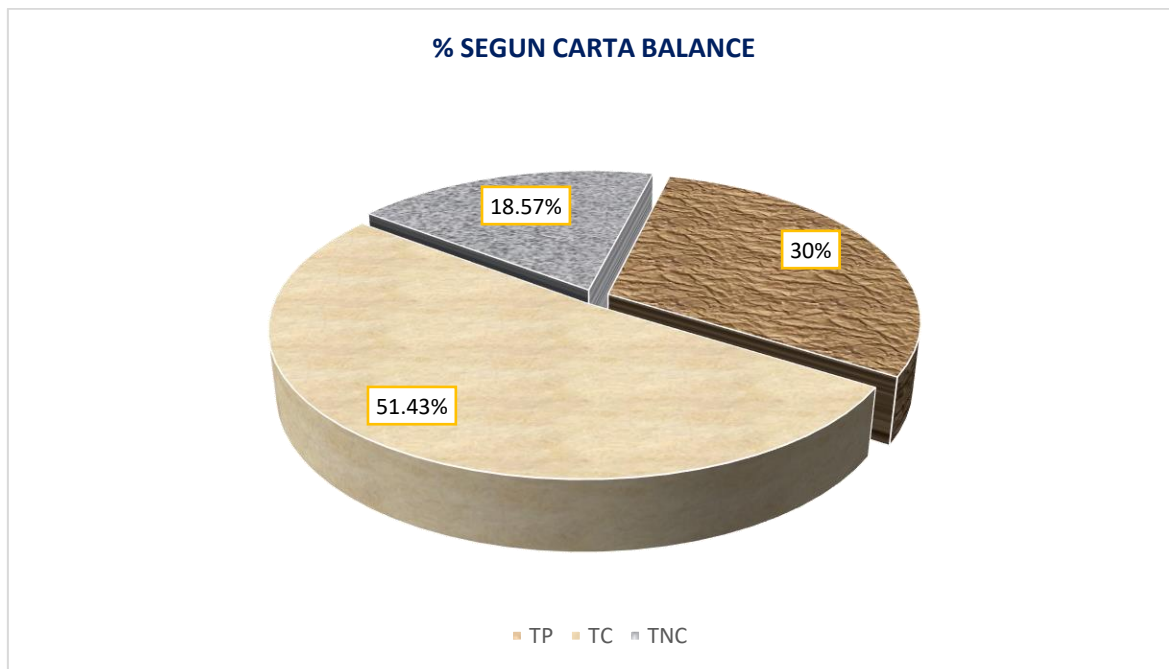
*% según la carta balance*

Descrip.	%
TP	30.00%
TC	51.43%
TNC	18.57%

Los datos en la tabla representan los porcentajes obtenidos a partir de los rendimientos registrados, según el formato previamente especificado.

**Figura 18**

% del desempeño a nivel global.



La muestra de manera global el rendimiento de los obreros, así como los períodos de tiempo perdido y los trabajos realizados con eficacia. Las cuadrillas alcanzaron porcentajes que estuvieron ligeramente por debajo de lo esperado.

**Tabla 27**

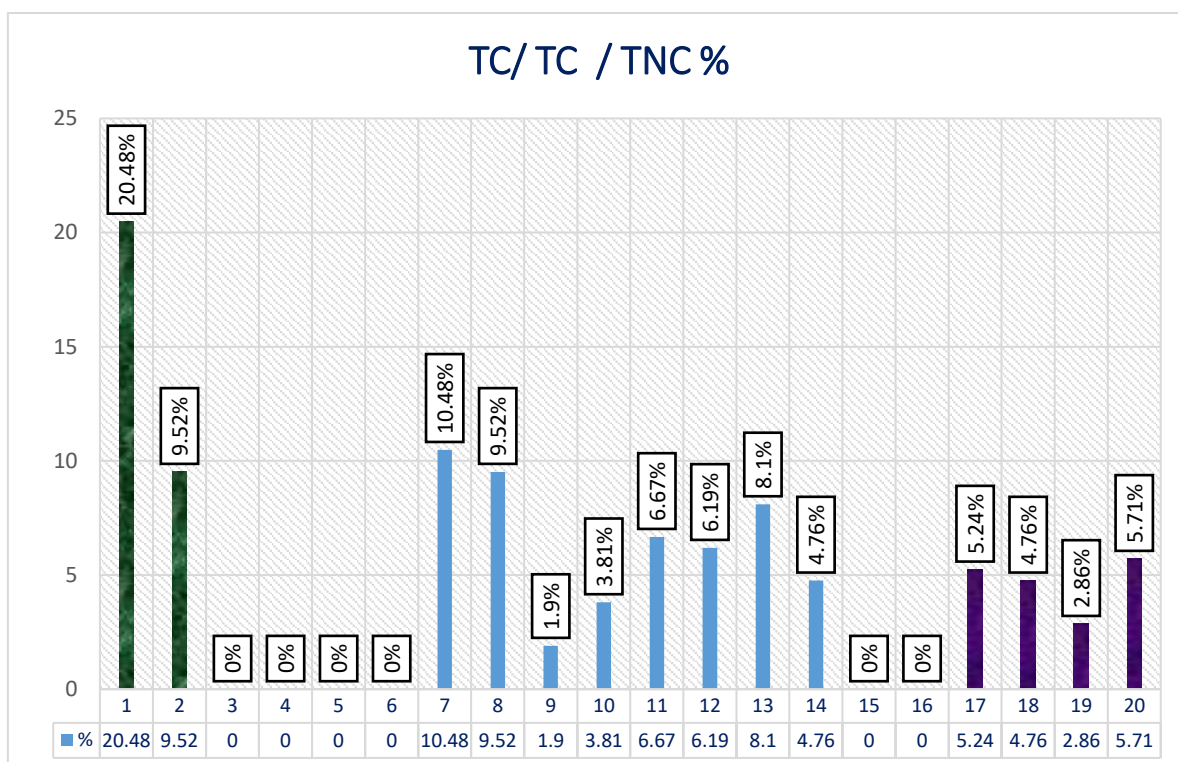
*Cuantificación de los trabajos.*

COD.	O - I	O - II	O - III	O - IV	O - V	O - VI	O - VII	Total	%
1	0	3	4	2	7	5	3	43	20.48%
2	6	6	2	0	3	2	2	20	9.52%
11	5	2	3	5	3	5	5	22	10.48%
12	0	0	0	0	0	0	0	20	9.52%
13	0	0	0	0	0	0	0	4	1.90%
14	0	0	0	0	0	0	0	8	3.81%
15	0	3	0	0	3	3	0	14	6.67%
16	2	6	3	4	4	3	3	13	6.19%
17	2	0	0	2	2	0	3	17	8.10%
18	1	0	2	3	1	2	3	10	4.76%
21	3	2	3	2	0	3	0	11	5.24%
22	1	0	0	0	0	0	0	10	4.76%
23	0	0	0	0	0	2	0	6	2.86%
24	1	3	0	0	1	2	0	12	5.71%
<b>Total</b>	30	30	30	30	30	30	30	210	100.00%

La tabla proporciona un desglose más detallado de los progresos y los resultados obtenidos según la carta balance. Además, muestra los porcentajes individuales de las tareas realizadas.

**Figura 19**

*% de los trabajos realizados*



Los porcentajes obtenidos no cumplieron con el nivel óptimo necesario para el avance requerido, aunque tampoco fueron insatisfactorios. Además, se evidenció un alto porcentaje de tiempo perdido durante la realización de las tareas.

#### **D. Trabajos productivos, contributarios y no contributarios (acero en columnas)**

El asignar el tiempo de las cuadrillas, ya sea de manera colectiva o individual, para identificar actividades y trabajos específicos en los que la producción es deficiente, lo que agilizará la propuesta de mejoras o soluciones derivadas de los datos adquiridos de las muestras.

**Tabla 28***Trabajo productivo*

<b>COD.</b>	<b>T.0 PRODUCTIVO</b>
1	Colocación de acero de refuerzo
2	Verificación de colocación de estribos
3	Verificación de aplomo

**Tabla 29***Trabajo contributivo*

<b>COD.</b>	<b>T. CONTRIBUTORIO</b>
11	Toma de medidas
12	Desarme del acero
13	Adecuación del acero
14	Transporte de material
15	Armado de andamios
16	Colocado de arnés
17	Recibir Instrucciones
18	Dar instrucciones

**Tabla 30***Trabajo no contributivo*

<b>COD.</b>	<b>T. NO CONTRIBUTORIO</b>
21	Trabajos rehechos
22	Ir a los servicios
23	Usar el celular
24	Esperas

**Distribución de los obreros**

El equipo para la construcción en acero de columnas incluye 0.1 capataz, 2 oficiales, 2 operarios y 2 peones, responsables de esta etapa.

**Tabla 31**

*Equipo de trabajo*

Cant.	Actividad	Nombre	Cod.
1		QUISPE MAMANI JOSE	Capataz
2		QUENAYA AMANQUI JUAN	Oficial
3		HUAMANI ZELA MAURO	Oficial
4	Acero	CASTRO NINA ROSSEL	Operario
5		ARAPA HUANCA ELMER	Operario
6		LLANOS BUENTURA ALBERTO	Peón
7		HALANOCA HUANCA ELVIS	Peón

**Resultado (carta balance)**

Se tomaron 30 muestras de cada equipo en tiempo 1 minuto. Las muestras fueron obtenidas de diversas acciones llevadas por los trabajadores durante el proceso de vertido del concreto.

**Tabla 32**

*Carta balance en acero*

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

La tabla ilustra diversos comportamientos en cuanto a rendimiento durante los 30 minutos analizados, mostrando también los avances individuales de los trabajadores a lo largo del tiempo.

**Tabla 33**

*Puntuación según a la carta balance*

Descripción	T - 1	T - 2	T - 3	T - 4	T - 5	T - 6	T - 7	Σ	%
<b>TP</b>	14	9	5	11	9	10	6	<b>64</b>	<b>30.48</b>
<b>TC</b>	13	14	16	12	13	13	19	<b>100</b>	<b>47.62</b>
<b>TNC</b>	3	7	9	7	8	7	5	<b>46</b>	<b>21.90</b>

La recopilación de puntos alcanzada por cada obrero la partida de acero en columna de la vivienda, asimismo la sumatorio de sus actividades y los porcentajes de desempeño.

**Figura 20**

*Desempeño de los trabajadores.*



La figura ilustra una visión más detallada de las contribuciones en eficiencia realizadas por cada trabajador según lo indicado en la carta balance.

**Tabla 34**

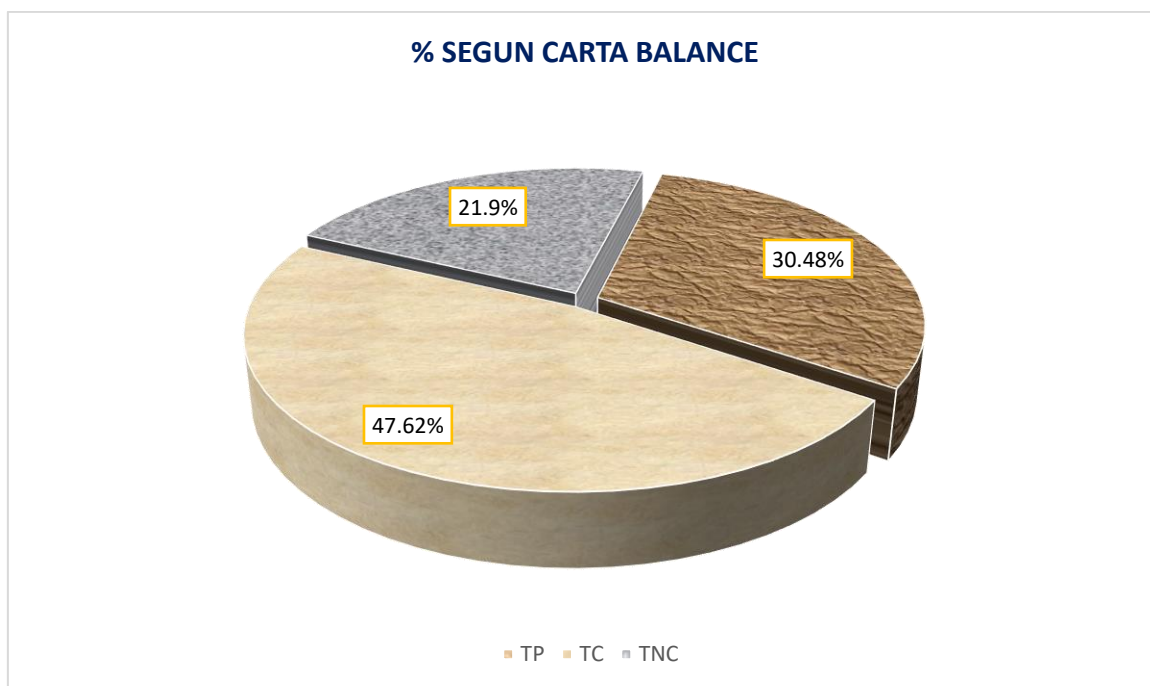
*% según la carta balance*

Descrip.	%
TP	30.48%
TC	47.62%
TNC	21.90%

La tabla muestra los porcentajes obtenidos según los rendimientos registrados en el formato mencionado.

**Figura 21**

*% del desempeño a nivel global.*



A continuación, se presenta un gráfico que muestra de manera global el rendimiento de los obreros, así como los períodos de tiempo perdido y los trabajos realizados con eficacia. Las cuadrillas alcanzaron porcentajes que estuvieron ligeramente por debajo de lo esperado.

**Tabla 35**

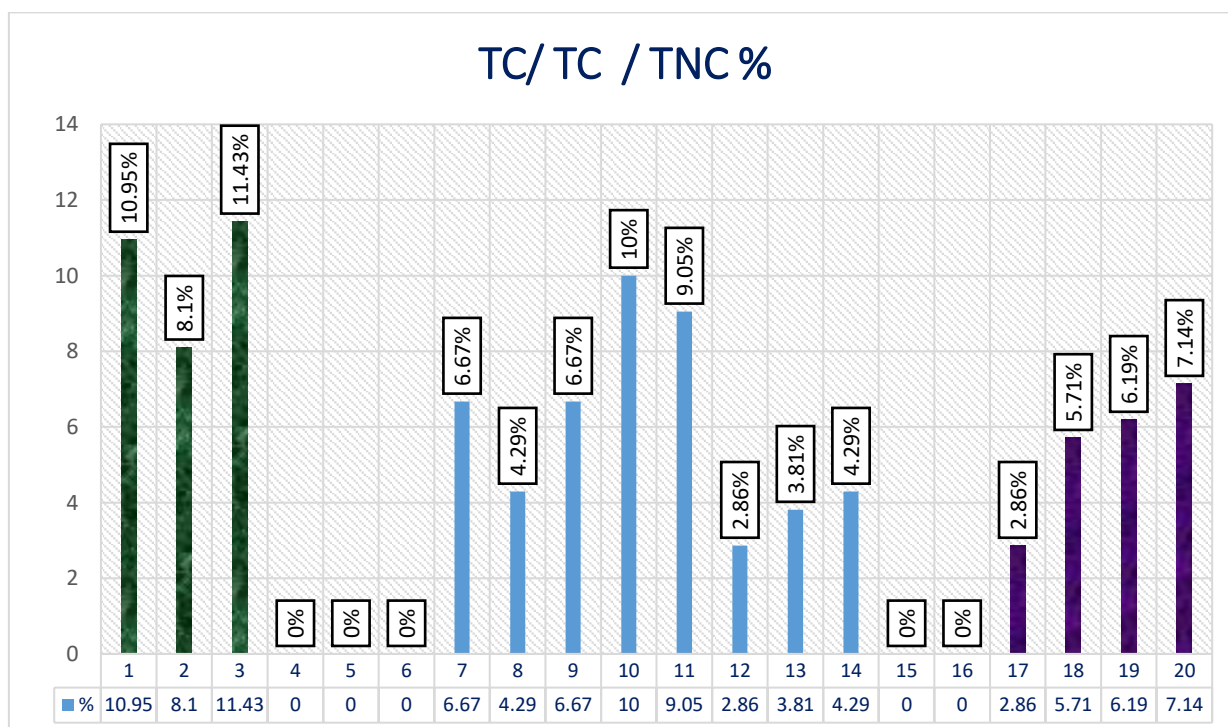
Cuantificación de los trabajos.

COD.	O - I	O - II	O - III	O - IV	O - V	O - VI	O - VII	Total	%
1	6	2	0	6	3	3	3	23	10.95%
2	2	2	5	5	0	3	0	17	8.10%
3	6	5	0	0	6	4	3	24	11.43%
11	1	3	0	0	2	2	6	14	6.67%
12	3	3	0	3	0	0	0	9	4.29%
13	0	3	0	2	0	4	5	14	6.67%
14	0	3	3	7	4	0	4	21	10.00%
15	3	2	5	0	3	5	1	19	9.05%
16	0	0	3	0	3	0	0	6	2.86%
17	2	0	2	0	1	0	3	8	3.81%
18	4	0	3	0	0	2	0	9	4.29%
21	0	0	4	2	0	0	0	6	2.86%
22	0	0	0	5	4	3	0	12	5.71%
23	3	5	5	0	0	0	0	13	6.19%
24	0	2	0	0	4	4	5	15	7.14%
<b>Total</b>	30	30	30	30	30	30	30	210	100.00%

La tabla proporciona un desglose más detallado de los progresos y los resultados obtenidos según la carta balance. Además, muestra los porcentajes individuales de las tareas realizadas.

**Figura 22**

% de los trabajos realizados



Los porcentajes obtenidos no cumplieron con el nivel óptimo necesario para el avance requerido, aunque tampoco fueron insatisfactorios. Además, se evidenció un alto porcentaje de tiempo perdido durante la realización de las tareas.

### E. Trabajos productivos, contributarios y no contributarios (encofrados en columnas)

El objetivo principal es asignar el tiempo de las tripulaciones para identificar actividades con producción deficiente.

**Tabla 36**

*Trabajo productivo*

COD.	T. PRODUCTIVO
1	Colocado de panel
2	Aplomado y nivelado de panel
3	Alineamiento horizontal del panel

**Tabla 37**

*Trabajo contributivo*

COD.	T. CONTRIBUTORIO
11	Toma de medidas
12	Desarme del panel
13	Limpieza y colocado de desmoldante
14	Transporte de material
15	Armado de andamios
16	Colocado de arnés
17	Recibir Instrucciones
18	Dar instrucciones

**Tabla 38**

*Trabajo no contributivo*

COD.	T. NO CONTRIBUTORIO
21	Trabajos rehechos
22	Ir a los servicios
23	Usar el celular
24	Esperas

### Organización de los obreros



El equipo de encofrado de columnas incluye 0.1 capataz, 2 oficiales, 2 operarios y 2 peones, encargados.

**Tabla 39**

*Equipo de trabajo*

Cant.	Actividad	Nombre	Cod.
1	Encofrado	QUISPE MAMANI JOSE	Capataz
2	Encofrado	QUENAYA AMANQUI JUAN	Oficial
3	Encofrado	HUAMANI ZELA MAURO	Oficial
4	Encofrado	CASTRO NINA ROSSEL	Operario
5	Encofrado	ARAPA HUANCA ELMER	Operario
6	Encofrado	LLANOS BUENTURA ALBERTO	Peón
7	Encofrado	HALANOCA HUANCA ELVIS	Peón

**Resultado (carta balance)**

Se tomaron 30 muestras por equipo en intervalos de 1 minuto, registrando diversas acciones de los trabajadores durante el vertido de concreto.

**Tabla 40**

*Carta balance en encofrados*

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

<b>25</b>	1	24	14	2	23	2	15
<b>26</b>	1	24	14	22	23	22	11
<b>27</b>	21	1	14	21	11	22	11
<b>28</b>	22	1	14	21	1	22	3
<b>29</b>	22	24	14	21	1	22	3
<b>30</b>	23	24	14	22	11	1	3

La tabla ilustra diversos comportamientos en cuanto a rendimiento durante los 30 minutos analizados, mostrando también los avances individuales de los trabajadores a lo largo del tiempo.

**Tabla 41**

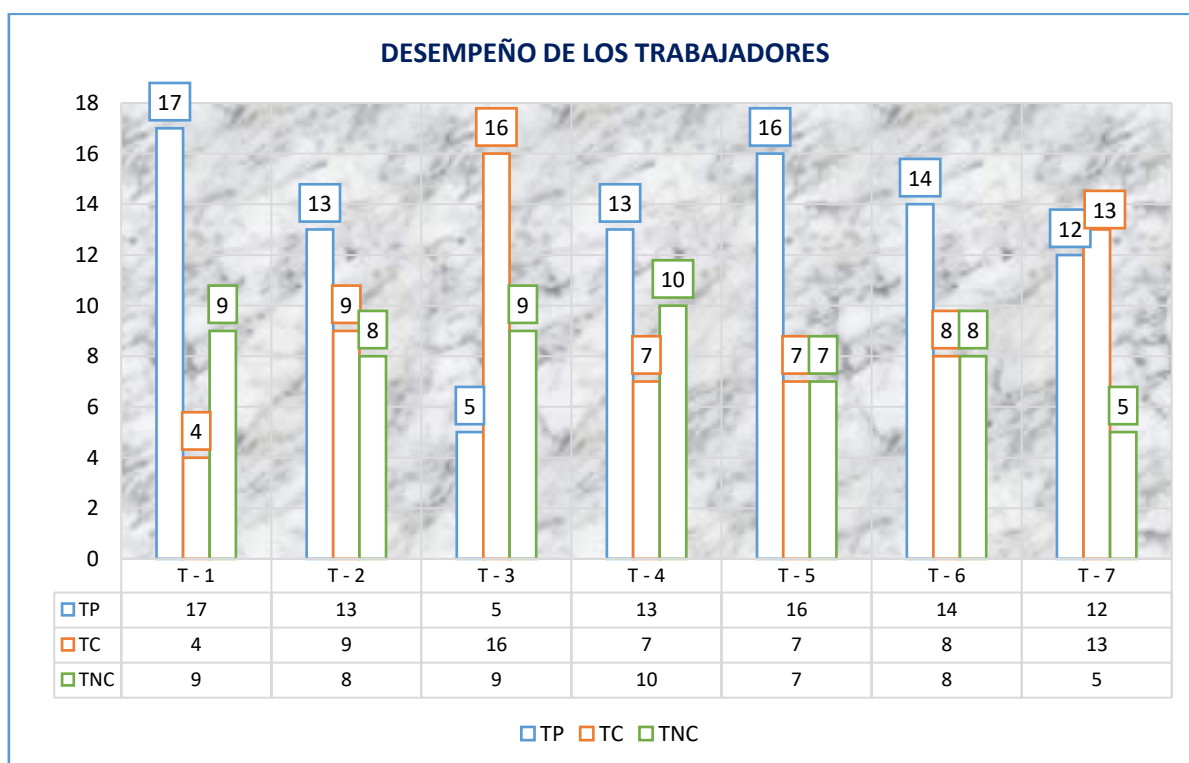
*Puntuación según a la carta balance*

Descripción	T - 1	T - 2	T - 3	T - 4	T - 5	T - 6	T - 7	Σ	%
<b>TP</b>	17	13	5	13	16	14	12	<b>90</b>	<b>42.86</b>
<b>TC</b>	4	9	16	7	7	8	13	<b>64</b>	<b>30.48</b>
<b>TNC</b>	9	8	9	10	7	8	5	<b>56</b>	<b>26.67</b>

Recolección de puntos de cada obrero en el encofrado de columnas, con la suma de actividades y porcentajes de desempeño.

**Figura 23**

*Desempeño de los trabajadores.*



La figura ilustra una visión más detallada de las contribuciones en eficiencia realizadas por cada trabajador según lo indicado en la carta balance.

**Tabla 42**

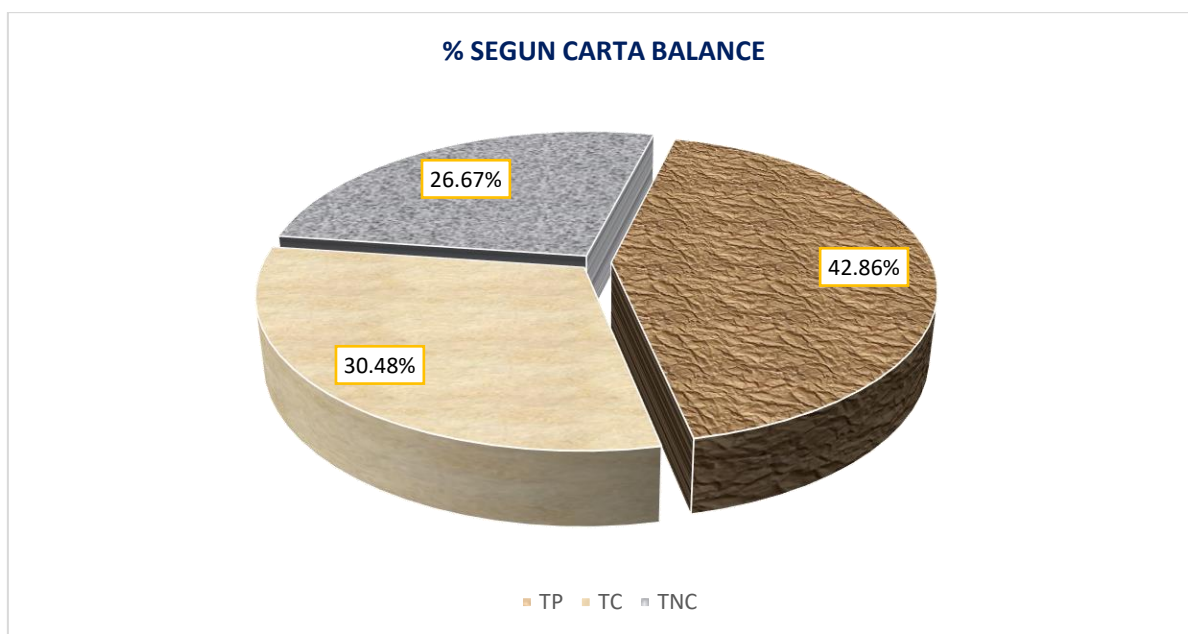
*% según a la carta balance*

Descrip.	%
TP	42.86%
TC	30.48%
TNC	26.67%

Recolección de puntos de cada obrero en el encofrado de columnas, con la suma de actividades y porcentajes de desempeño.

**Figura 24**

*% del desempeño a nivel global.*



A continuación, se presenta un gráfico que muestra de manera global el rendimiento de los obreros, así como los períodos de tiempo perdido y los trabajos realizados con eficacia. Las cuadrillas alcanzaron porcentajes que estuvieron ligeramente por debajo de lo esperado.

**Tabla 43**

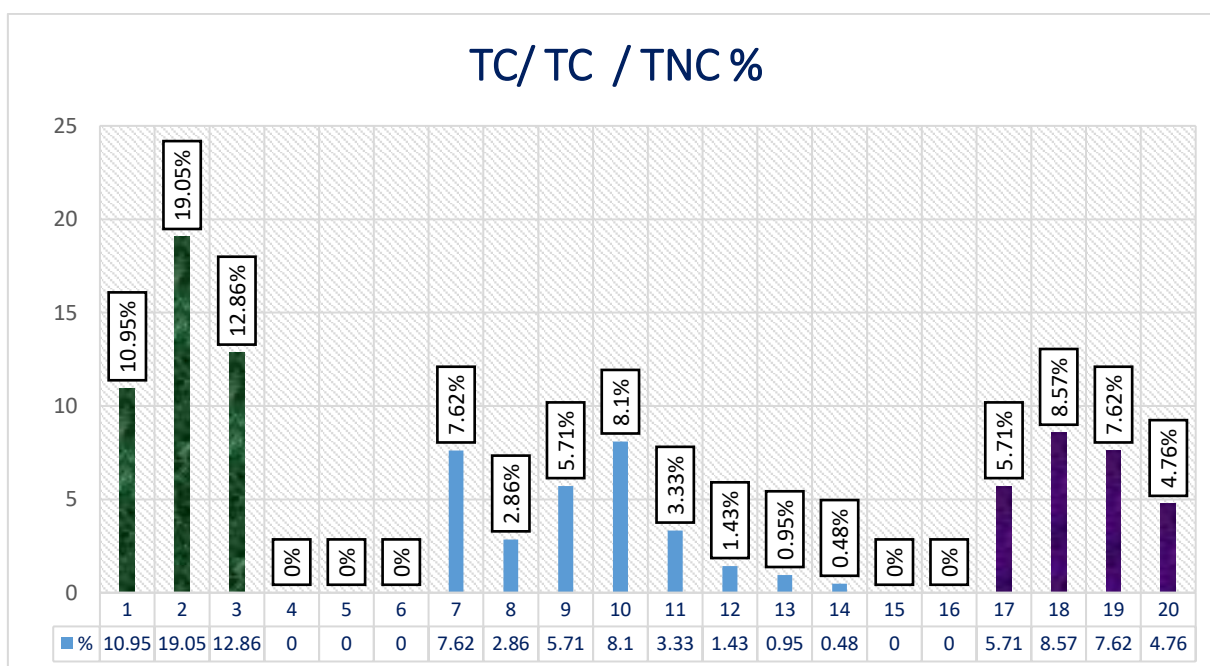
*Cuantificación de los trabajos.*

COD.	O - I	O - II	O - III	O - IV	O - V	O - VI	O - VII	Total	%
1	6	4	0	4	8	1	0	23	10.95%
2	8	0	5	9	6	8	4	40	19.05%
3	3	9	0	0	2	5	8	27	12.86%
11	3	0	2	0	2	5	4	16	7.62%
12	0	0	0	0	0	3	3	6	2.86%
13	0	6	3	3	0	0	0	12	5.71%
14	0	0	6	4	5	0	2	17	8.10%
15	0	0	3	0	0	0	4	7	3.33%
16	0	3	0	0	0	0	0	3	1.43%
17	0	0	2	0	0	0	0	2	0.95%
18	1	0	0	0	0	0	0	1	0.48%
21	1	4	4	3	0	0	0	12	5.71%
22	5	0	0	4	5	4	0	18	8.57%
23	3	0	5	0	2	4	2	16	7.62%
24	0	4	0	3	0	0	3	10	4.76%
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>210</b>	<b>100.00%</b>

La tabla proporciona un desglose más detallado de los progresos y los resultados obtenidos según la carta balance. Además, muestra los % individuales de las tareas realizadas.

**Figura 25**

*% de las tareas realizadas.*



Los porcentajes obtenidos no cumplieron con el nivel óptimo necesario para el avance requerido, aunque tampoco fueron insatisfactorios. Además, se evidenció un alto porcentaje de tiempo perdido durante la realización de las tareas.

#### F. Trabajos productivos, contributarios y no contributarios (concreto en columnas)

**Tabla 44**

*Trabajo productivo*

COD.	T. PRODUCTIVO
1	Colocado de concreto
2	Vibrado de concreto

**Tabla 45**

*Trabajo contributivo*

COD.	T. CONTRIBUTORIO
11	Alistado del concreto
12	Traslado del concreto
13	Verificación de nivel de vaciado
14	Transporte de materiales
15	Armado de andamios
16	Colocado de arnés
17	Recibir Instrucciones
18	Dar instrucciones

**Tabla 46**

*Trabajo no contributivo*

COD.	T. NO CONTRIBUTORIO
21	Trabajos rehechos
22	Ir a los servicios
23	Usar el celular
24	Esperas

#### Organización de peón

Equipo para la construcción de concreto en columnas incluye 0.1 capataz, 2 oficiales, 2 operarios y 2 peones, encargados.

**Tabla 47**

*Equipo de trabajo*

Cant.	Actividad	Nombre	Cod.
1	Concreto	QUISPE MAMANI JOSE	Capataz
2	Concreto	QUENAYA AMANQUI JUAN	Oficial
3	Concreto	HUAMANI ZELA MAURO	Oficial
4	Concreto	CASTRO NINA ROSSEL	Operario
5	Concreto	ARAPA HUANCA ELMER	Operario
6	Concreto	LLANOS BUENTURA ALBERTO	Peón
7	Concreto	HALANOCA HUANCA ELVIS	Peón

**Resultado (carta balance)**

Se tomaron 30 muestras de cada equipo con retraso 1 minuto. Muestras fueron obtenidas de diversas acciones llevadas a cabo por trabajadores durante el proceso de vertido del concreto.

**Tabla 48**

*Carta balance en concreto*

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



<b>24</b>	11	16	16	24	24	18	13
<b>25</b>	11	24	23	24	17	22	13
<b>26</b>	11	24	23	12	17	22	11
<b>27</b>	23	22	21	12	2	15	11
<b>28</b>	23	24	21	2	2	15	2
<b>29</b>	23	24	21	2	2	18	2
<b>30</b>	23	24	22	2	2	15	21

La tabla ilustra diversos comportamientos en cuanto a rendimiento durante los 30 minutos analizados, mostrando también los avances individuales de los trabajadores a lo largo del tiempo.

**Tabla 49**

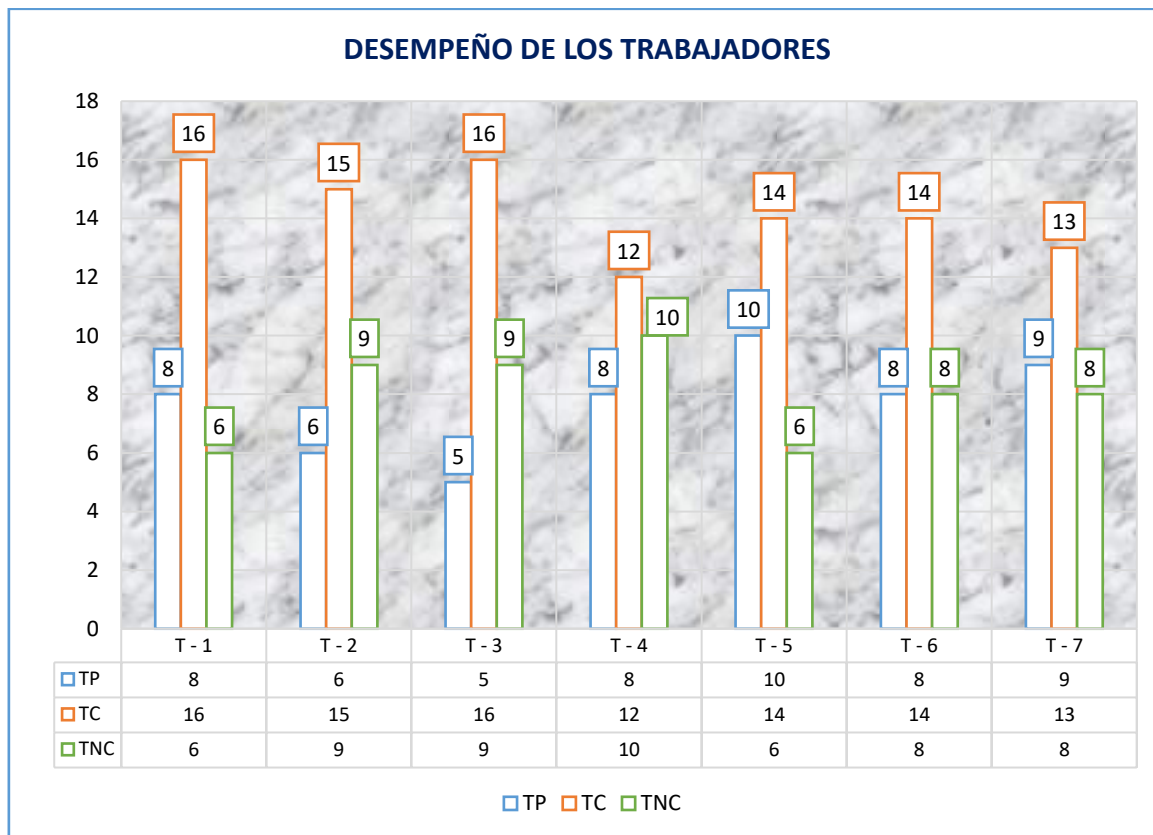
*Puntuación según a la carta balance*

Descripción	T - 1	T - 2	T - 3	T - 4	T - 5	T - 6	T - 7	$\Sigma$	%
<b>TP</b>	8	6	5	8	10	8	9	<b>54</b>	<b>25.71</b>
<b>TC</b>	16	15	16	12	14	14	13	<b>100</b>	<b>47.62</b>
<b>TNC</b>	6	9	9	10	6	8	8	<b>56</b>	<b>26.67</b>

La tabla muestra los puntos acumulados por cada obrero de partida de concreto en columnas de la vivienda, junto con la suma de sus actividades y los porcentajes de desempeño.

**Figura 26**

*Desempeño de los trabajadores.*



La figura ilustra una visión más detallada de las contribuciones en eficiencia realizadas por cada trabajador según lo indicado en la CB.

**Tabla 50**

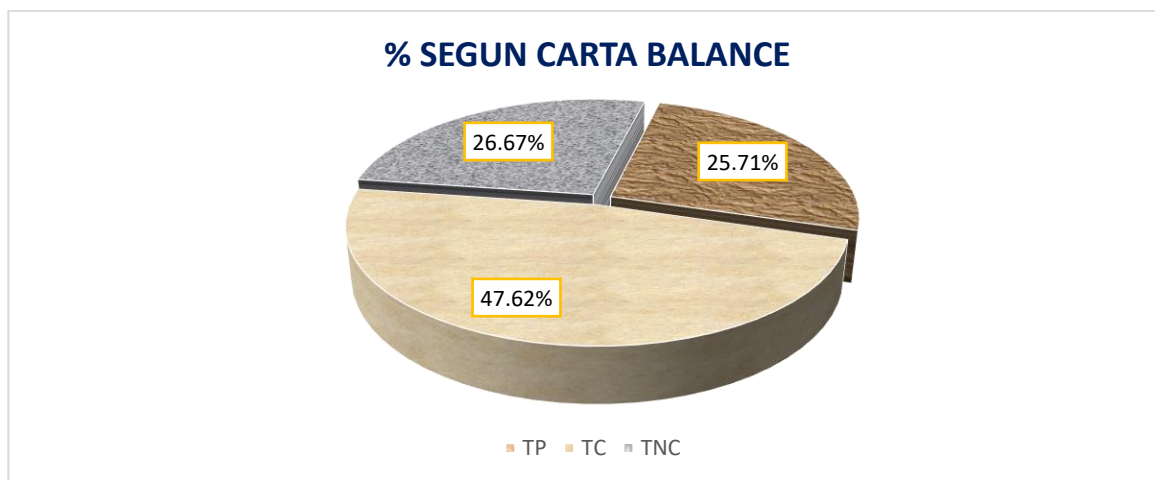
*% según la balance*

Descrip.	%
TP	25.71%
TC	47.62%
TNC	26.67%

La tabla muestra los porcentajes derivados de los rendimientos registrados, siguiendo el formato previamente especificado.

**Figura 27**

*% del desempeño a nivel global.*



A continuación, se presenta un gráfico que muestra de manera global el rendimiento de los obreros, así como los períodos de tiempo perdido y los trabajos realizados con eficacia. Las cuadrillas alcanzaron porcentajes que estuvieron ligeramente por debajo de lo esperado.

**Tabla 51**

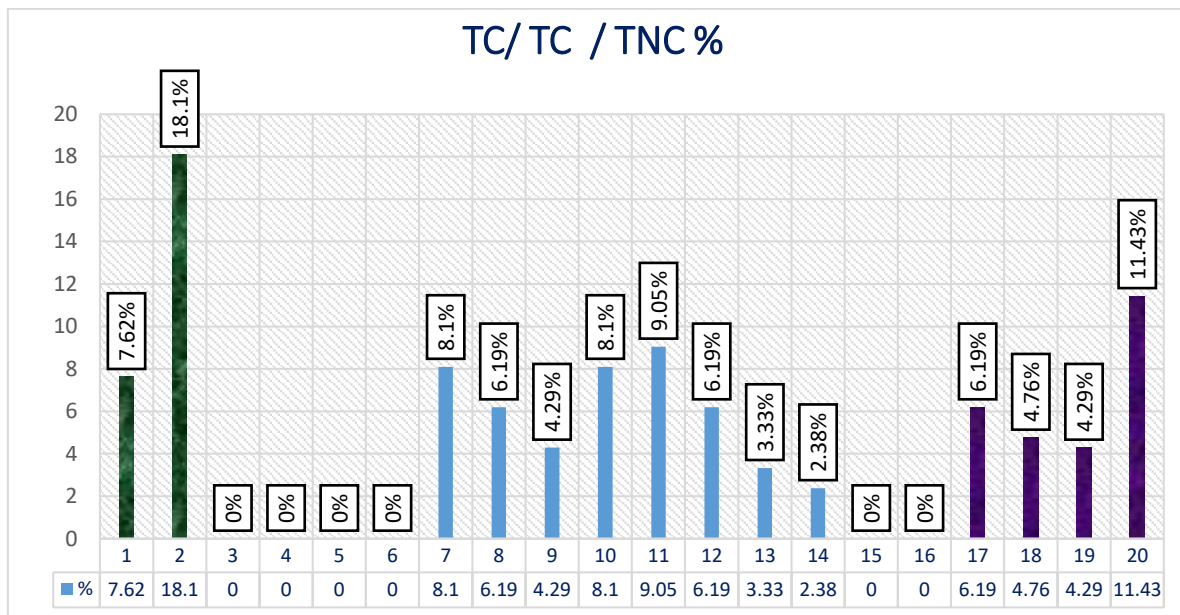
*Cuantificación de los trabajos.*

COD.	O - I	O - II	O - III	O - IV	O - V	O - VI	O - VII	Total	%
1	3	2	0	5	4	2	0	16	7.62%
2	5	4	5	3	6	6	9	38	18.10%
11	6	0	3	3	0	3	2	17	8.10%
12	0	4	1	6	0	0	2	13	6.19%
13	0	4	0	0	2	0	3	9	4.29%
14	3	2	0	3	4	0	5	17	8.10%
15	2	2	8	0	1	5	1	19	9.05%
16	3	1	4	0	2	3	0	13	6.19%
17	2	0	0	0	5	0	0	7	3.33%
18	0	2	0	0	0	3	0	5	2.38%
21	2	1	3	5	1	0	1	13	6.19%
22	0	1	1	0	3	2	3	10	4.76%
23	4	0	2	1	0	0	2	9	4.29%
24	0	7	3	4	2	6	2	24	11.43%
<b>Total</b>	30	30	30	30	30	30	30	210	100.00%

La tabla proporciona un desglose más detallado de los progresos y los resultados obtenidos según la carta balance. Además, muestra los porcentajes individuales de las tareas realizadas.

**Figura 28**

% de los trabajos realizados.



Los porcentajes obtenidos no alcanzaron el nivel óptimo para el avance requerido y mostraron un alto porcentaje de tiempo perdido en las tareas.

### G. Trabajos productivos, contributarios y no contributarios (Encofrados de vigas)

Para una evaluación precisa del gráfico de balance, es fundamental categorizar las tareas en productivas, contribuyentes o no contribuyentes. El propósito central es asignar el tiempo de las cuadrillas, tanto de manera colectiva como individual, para identificar aquellas actividades y tareas específicas donde se observa una baja productividad.

**Tabla 52**

*Trabajo productivo*

COD.	T. PRODUCTIVO
1	Colocado de base de viga
2	Vibrado de encofrado de friso
3	Nivelado de encofrado

Tabla 53

*Trabajo contributivo*

COD.	T. CONTRIBUTORIO
11	Toma de medidas
12	Despiece de panel
13	Limpieza y colocado del molde
14	Transporte de materiales
15	Armado de andamios
16	Colocado de arnés
17	Recibir Instrucciones
18	Dar instrucciones

Tabla 54

*Trabajo no contributivo*

COD.	T. NO CONTRIBUTORIO
21	Trabajos rehechos
22	Ir a los servicios
23	Usar el celular
24	Esperas

**Planificación de obrero**

El equipo designado para realizar el encofrado de las vigas estuvo compuesto por 0.1 capataz, 2 oficiales, 2 operarios y 2 peones, encargados de esta fase de la construcción.

Tabla 55

*Equipo de trabajo*

Cant.	tarea	Nombre	Cod.
1		QUISPE MAMANI JOSE	Capataz
2		QUENAYA AMANQUI JUAN	Oficial
3		HUAMANI ZELA MAURO	Oficial
4	Encofrados	CASTRO NINA ROSSEL	Operario
5		ARAPA HUANCA ELMER	Operario
6		LLANOS BUENTURA ALBERTO	Peón
7		HALANOCA HUANCA ELVIS	Peón

**Resultado**

Se recopilaron 30 muestras por cada equipo en intervalos de un minuto, registrando diversas acciones realizadas por los trabajadores durante el vertido de concreto.

**Tabla 56**

*Carta balance en encofrados*

<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>	<b>7</b>
1	17	1	11	14	2	3	1
2	17	1	11	14	2	3	1
3	21	1	11	14	2	3	1
4	11	1	11	14	2	3	11
5	11	13	2	14	2	3	11
6	11	13	2	17	2	13	23
7	3	13	2	17	2	13	23
8	3	13	2	17	2	13	12
9	3	2	14	17	2	22	12
10	3	2	14	16	2	22	12
11	1	2	14	16	23	22	3
12	1	2	14	16	23	22	3
13	1	3	14	16	23	12	3
14	1	15	18	16	2	12	3
15	15	15	18	15	2	12	12
16	15	15	18	15	2	11	12
17	15	15	15	15	2	11	12
18	24	15	15	15	2	11	24
19	24	15	15	15	2	11	24
20	24	17	12	16	2	3	24
21	14	17	12	16	2	3	18
22	14	17	12	24	21	17	18
23	14	21	23	24	21	17	18
24	11	21	23	22	21	17	12
25	11	21	23	22	21	3	12
26	21	2	23	21	21	3	14
27	22	2	2	21	21	3	14
28	23	23	2	2	11	12	11
29	24	13	2	2	11	12	11
30	23	23	2	2	11	12	11

La tabla muestra distintos patrones de rendimiento observados durante los 30 minutos analizados, reflejando también el progreso individual de cada trabajador a lo largo del periodo.

**Tabla 57**

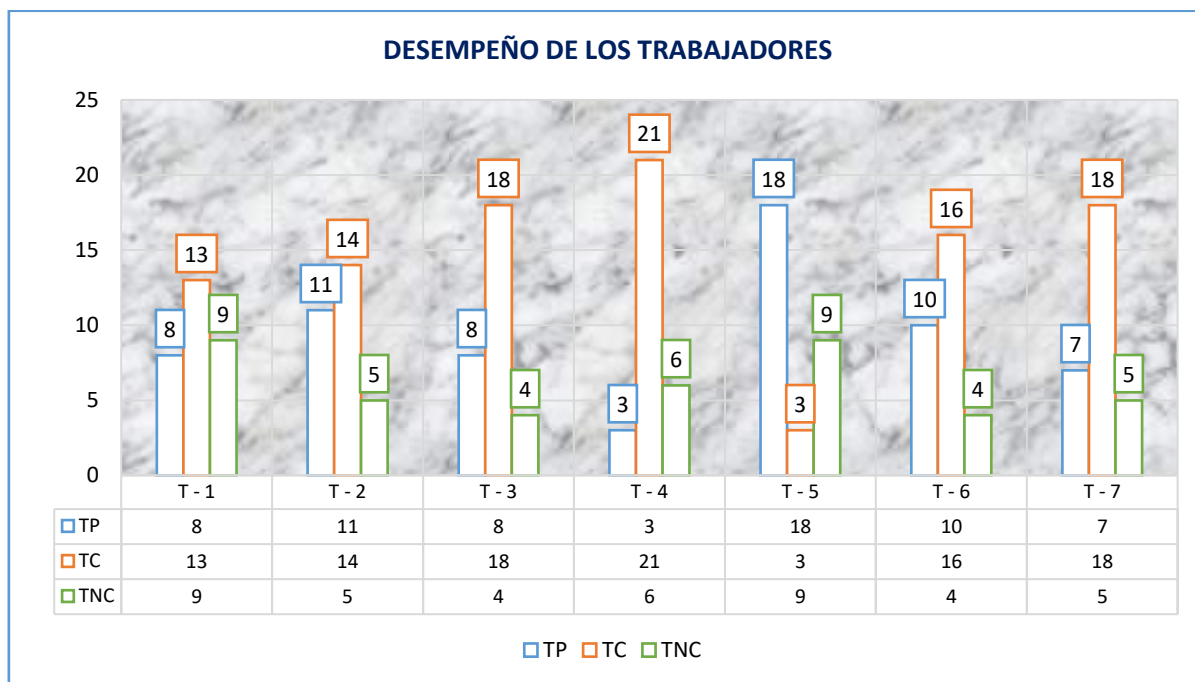
*Puntuación según a la carta balance*

<b>Descripción</b>	<b>T - 1</b>	<b>T - 2</b>	<b>T - 3</b>	<b>T - 4</b>	<b>T - 5</b>	<b>T - 6</b>	<b>T - 7</b>	<b>Σ</b>	<b>%</b>
<b>TP</b>	8	11	8	3	18	10	7	<b>65</b>	<b>30.95</b>
<b>TC</b>	13	14	18	21	3	16	18	<b>103</b>	<b>49.05</b>
<b>TNC</b>	9	5	4	6	9	4	5	<b>42</b>	<b>20.00</b>

La tabla presenta los puntos obtenidos por cada obrero en la partida de encofrado de vigas de la vivienda, junto con el total de sus actividades y los porcentajes correspondientes de desempeño.

**Figura 29**

*Desempeño de los trabajadores.*



La figura ilustra una visión más detallada de las contribuciones en eficiencia realizadas por cada trabajador según lo indicado.

**Tabla 58**

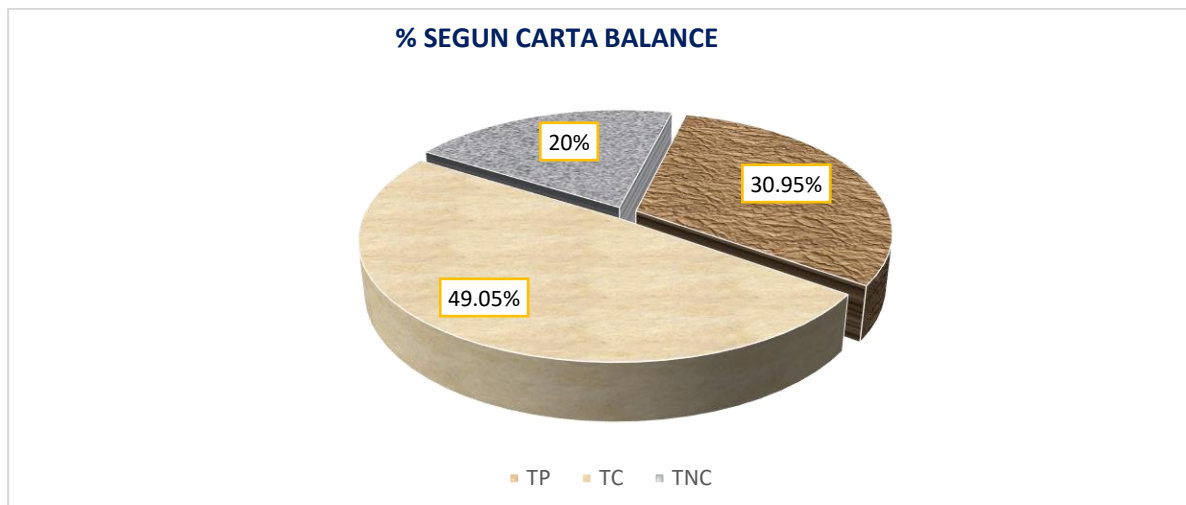
*% según la carta balance*

Descrip.	Porcentajes
TP	30.95%
TC	49.05%
TNC	20.00%

Los datos de la tabla reflejan los porcentajes calculados con base en los rendimientos registrados, siguiendo el formato previamente indicado.

**Figura 30**

*% del desempeño a nivel global.*



Se muestra de manera global el rendimiento de los obreros, así como los períodos de tiempo perdido y los trabajos realizados con eficacia. Las cuadrillas alcanzaron porcentajes que estuvieron ligeramente por debajo de lo esperado.

**Tabla 59**

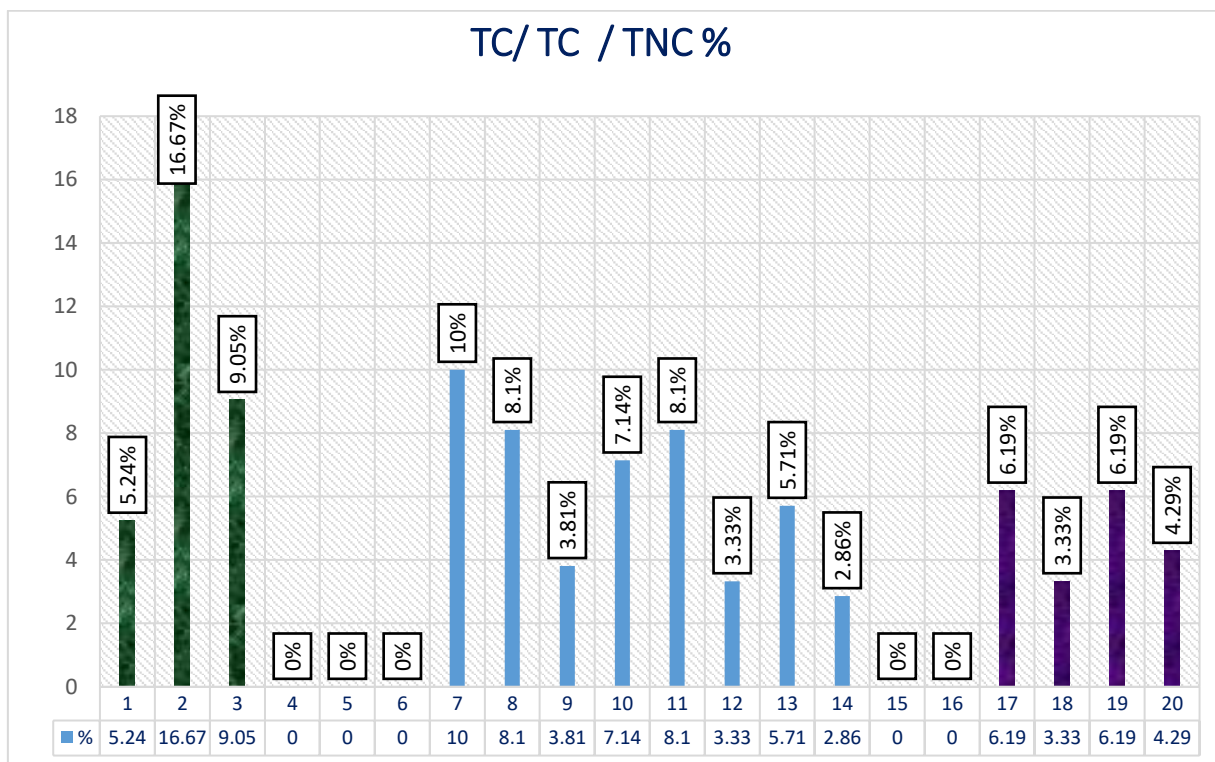
*Cuantificación de los trabajos.*

COD.	O - I	O - II	O - III	O - IV	O - V	O - VI	O - VII	Total	%
1	4	4	0	0	0	0	3	11	5.24%
2	0	6	8	3	18	0	0	35	16.67%
3	4	1	0	0	0	10	4	19	9.05%
11	5	0	4	0	3	4	5	21	10.00%
12	0	0	3	0	0	6	8	17	8.10%
13	0	5	0	0	0	3	0	8	3.81%
14	3	0	5	5	0	0	2	15	7.14%
15	3	6	3	5	0	0	0	17	8.10%
16	0	0	0	7	0	0	0	7	3.33%
17	2	3	0	4	0	3	0	12	5.71%
18	0	0	3	0	0	0	3	6	2.86%
21	2	3	0	2	6	0	0	13	6.19%
22	1	0	0	2	0	4	0	7	3.33%
23	2	2	4	0	3	0	2	13	6.19%
24	4	0	0	2	0	0	3	9	4.29%
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>210</b>	<b>100.00%</b>

La tabla proporciona un desglose más detallado de los progresos y los resultados obtenidos según la carta balance. Además, muestra los % individuales de actividades realizadas.

**Figura 31**

*% de tareas realizadas.*



Los porcentajes alcanzados no lograron el nivel óptimo necesario para el progreso esperado, aunque tampoco resultaron insatisfactorios. Asimismo, se observó un considerable porcentaje de tiempo improductivo durante la ejecución de las tareas.

### H. Trabajos productivos, contributarios y no contributarios (Acero de vigas)

La prioridad principal es asignar al equipo el tiempo necesario, tanto de forma individual como en grupos pequeños, para identificar aquellas tareas y actividades que no están generando los resultados esperados.

**Tabla 60***Trabajo productivo*

<b>COD.</b>	<b>T. PRODUCTIVO</b>
1	Colocado de acero
2	Verificación de puesta de acero
3	Verificación de aplomo

**Tabla 61***Trabajo contributivo*

<b>COD.</b>	<b>T. CONTRIBUTORIO</b>
11	Toma de medidas
12	Despiece de acero
13	Doblado de acero
14	Transporte de materiales
15	Armado de andamios
16	Colocado de arnés
17	Recibir Instrucciones
18	Dar instrucciones

**Tabla 62***Trabajo no contributivo*

<b>COD.</b>	<b>T. NO CONTRIBUTORIO</b>
21	Trabajos rehechos
22	Ir a los servicios
23	Usar el celular
24	Esperas

**Planificación de obreros**

Encargado de la construcción en acero para las vigas estuvo conformado por 0.1 capataz, 2 oficiales, 2 operarios y 2 peones, quienes asumirán la responsabilidad de esta fase del proyecto.

Tabla 63

*Equipo de trabajo*

Cant.	Actividad	Nombre	Cod.
1		QUISPE MAMANI JOSE	Capataz
2		QUENAYA AMANQUI JUAN	Oficial
3		HUAMANI ZELA MAURO	Oficial
4	Acero	CASTRO NINA ROSSEL	Operario
5		ARAPA HUANCA ELMER	Operario
6		LLANOS BUENTURA ALBERTO	Peón
7		HALANOCA HUANCA ELVIS	Peón

**Resultado (carta balance)**

Se tomaron 30 muestras de cada equipo. Estas muestras fueron obtenidas de diversas acciones llevadas a cabo por los trabajadores durante el proceso de vertido del concreto.

Tabla 64

*Carta balance en aceros*

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

La tabla ilustra diversos comportamientos en cuanto a rendimiento durante los 30 minutos analizados, mostrando también los avances individuales de los trabajadores a lo largo del tiempo.

**Tabla 65**

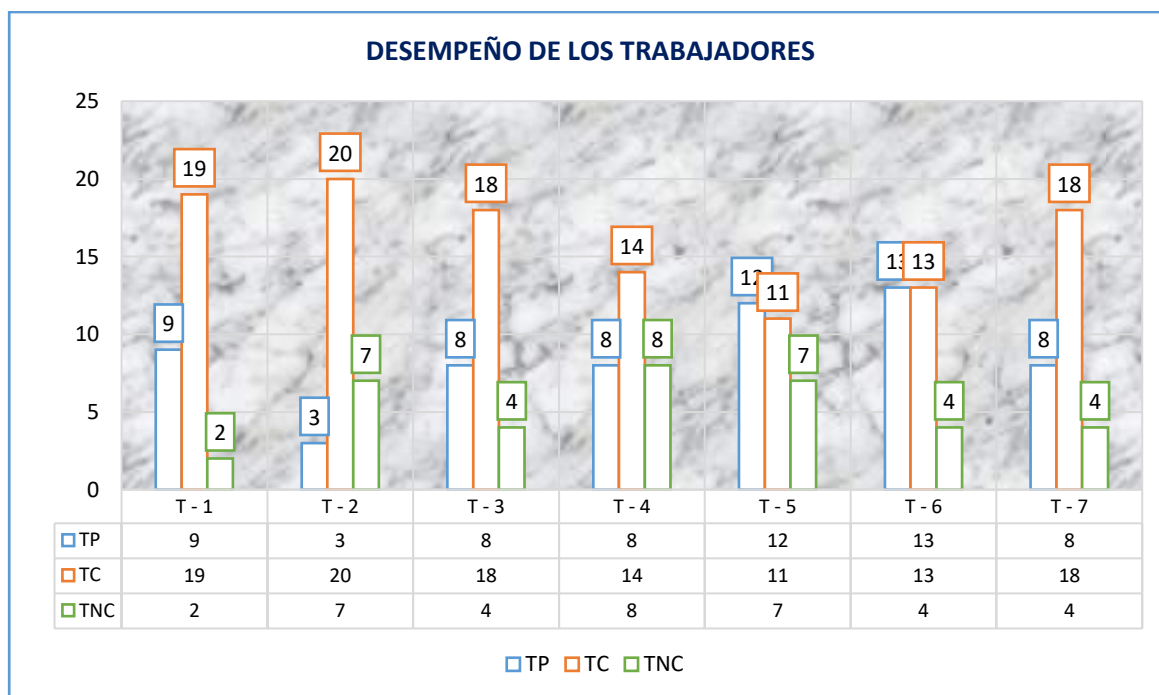
*Puntuación según a la carta balance*

Descripción	T - 1	T - 2	T - 3	T - 4	T - 5	T - 6	T - 7	Σ	%
<b>TP</b>	9	3	8	8	12	13	8	<b>61</b>	<b>29.05</b>
<b>TC</b>	19	20	18	14	11	13	18	<b>113</b>	<b>53.81</b>
<b>TNC</b>	2	7	4	8	7	4	4	<b>36</b>	<b>17.14</b>

La tabla ilustra la recopilación de puntos por cada obrero en la partida de acero en vigas de la vivienda, asimismo la sumatorio de sus actividades y los porcentajes de desempeño.

**Figura 32**

*Desempeño de los trabajadores.*



La figura ilustra una visión más detallada de las contribuciones en eficiencia realizadas por cada trabajador según lo indicado en la carta balance.

**Tabla 66**

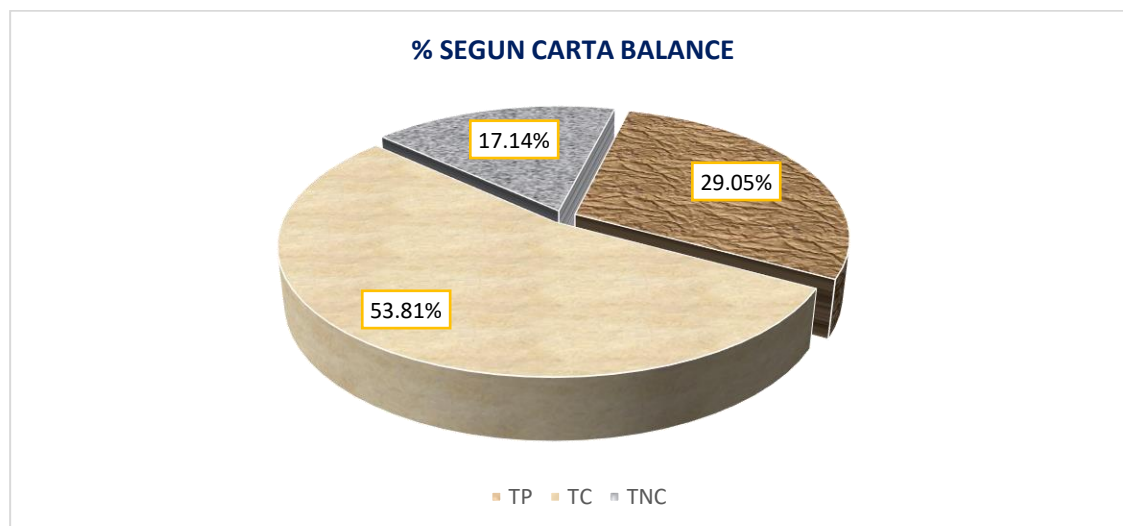
*% según la carta balance*

Descrip.	%
TP	29.05%
TC	53.81%
TNC	17.14%

La tabla muestra los porcentajes derivados de los rendimientos obtenidos, siguiendo el formato previamente establecido.

**Figura 33**

*% del desempeño a nivel global.*



A continuación, se presenta un gráfico que muestra de manera global el rendimiento de los obreros, así como los períodos de tiempo perdido y los trabajos realizados con eficacia. Las cuadrillas alcanzaron porcentajes que estuvieron ligeramente por debajo de lo esperado.

**Tabla 67**

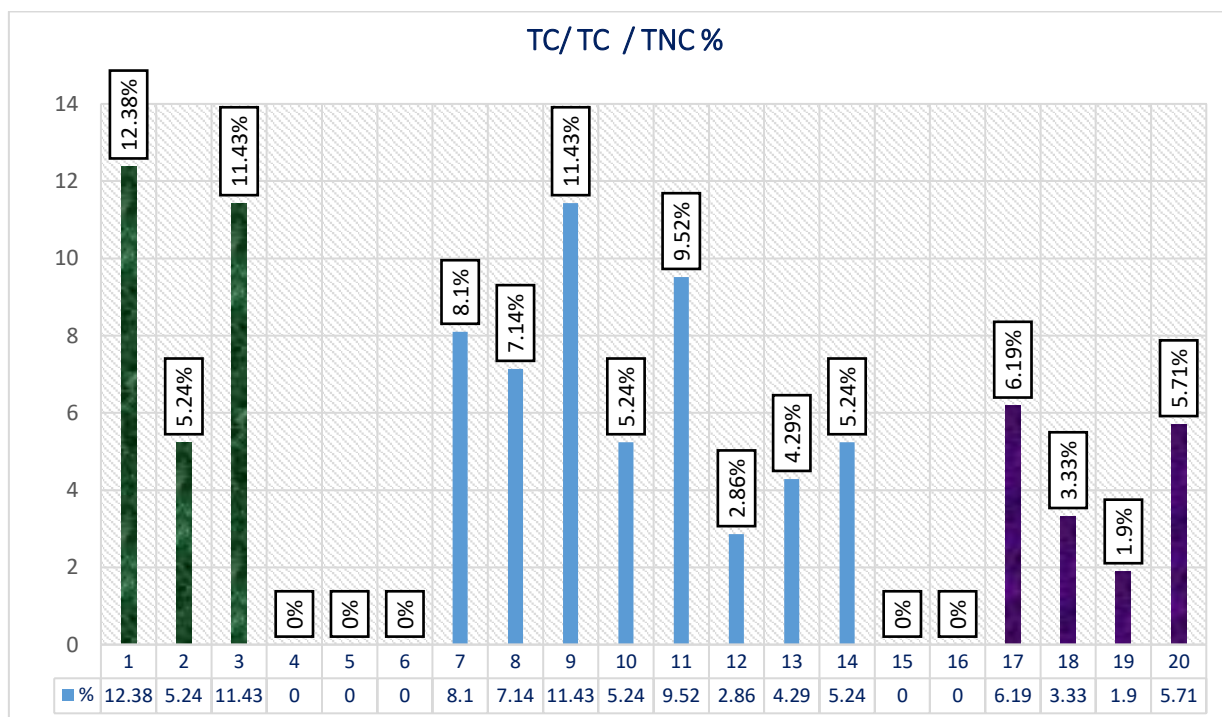
*Cuantificación de los trabajos.*

COD.	O - I	O - II	O - III	O - IV	O - V	O - VI	O - VII	Total	%
1	3	3	2	3	7	8	0	26	12.38%
2	2	0	0	2	0	3	4	11	5.24%
3	4	0	6	3	5	2	4	24	11.43%
11	3	3	3	0	4	0	4	17	8.10%
12	3	4	0	6	2	0	0	15	7.14%
13	0	4	11	4	2	0	3	24	11.43%
14	0	6	0	0	1	4	0	11	5.24%
15	8	0	0	0	0	7	5	20	9.52%
16	4	0	0	0	2	0	0	6	2.86%
17	0	3	0	0	0	0	6	9	4.29%
18	1	0	4	4	0	2	0	11	5.24%
21	2	2	0	3	4	2	0	13	6.19%
22	0	3	1	2	1	0	0	7	3.33%
23	0	0	1	1	2	0	0	4	1.90%
24	0	2	2	2	0	2	4	12	5.71%
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>210</b>	<b>100.00%</b>

La tabla proporciona un desglose más detallado de los progresos y los resultados obtenidos según la carta balance. Además, muestra los % individuales de tareas realizadas.

**Figura 34**

*% de tareas realizados.*



Los porcentajes obtenidos no alcanzaron el nivel óptimo necesario para el avance esperado, aunque tampoco resultaron insatisfactorios. Asimismo, se observó un considerable porcentaje de tiempo perdido durante la ejecución de las tareas.

### I. Trabajos productivos, contributarios y no contributarios (Concreto de vigas)

La asignación del tiempo de la tripulación, ya sea de manera colectiva o individual, nos permite identificar qué tareas y actividades tienen un rendimiento inferior al esperado.

**Tabla 68**

*Trabajo productivo*

COD.	T. PRODUCTIVO
1	Vaciado de concreto
2	Vibrado
3	Verificación de recubrimiento

**Tabla 69**

*Trabajo contributivo*

COD.	T. CONTRIBUTORIO
11	Movilización de vibradora
12	Transporte de materiales
13	Verificación de nivel de vaciado
14	Armado de andamios
15	Colocado de arnés
16	Recibir Instrucciones
17	Dar Instrucciones

**Tabla 70**

*Trabajo no contributivo*

COD.	T. NO CONTRIBUTORIO
21	Trabajos rehechos
22	Ir a los servicios
23	Usar el celular
24	Esperas

### Planificación de obreros



Equipo asignado para llevar a cabo la construcción en concreto en vigas consistió en 0.1 capataz, 2 oficiales, 2 operarios y 2 peones, serán encargados.

**Tabla 71**

*Equipo de trabajo*

Cant.	Actividad	Nombre	Cod.
1	Concreto	QUISPE MAMANI JOSE	Capataz
2	Concreto	QUENAYA AMANQUI JUAN	Oficial
3	Concreto	HUAMANI ZELA MAURO	Oficial
4	Concreto	CASTRO NINA ROSSEL	Operario
5	Concreto	ARAPA HUANCA ELMER	Operario
6	Concreto	LLANOS BUENTURA ALBERTO	Peón
7	Concreto	HALANOCA HUANCA ELVIS	Peón

**Resultado (carta balance)**

Se tomaron 30 muestras de cada equipo. Estas muestras fueron obtenidas de diversas acciones llevadas a cabo por los trabajadores durante el proceso de vertido del concreto.

**Tabla 72**

*Carta balance en concreto*

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

25	1	2	11	1	3	12	21
26	1	2	11	1	3	12	21
27	2	2	2	1	13	3	1
28	2	13	2	1	13	3	1
29	2	13	2	3	13	3	1
30	2	13	2	3	13	3	1

La tabla ilustra diversos comportamientos en cuanto a rendimiento durante los 30 minutos analizados, mostrando también los avances individuales de los trabajadores a lo largo del tiempo.

**Tabla 73**

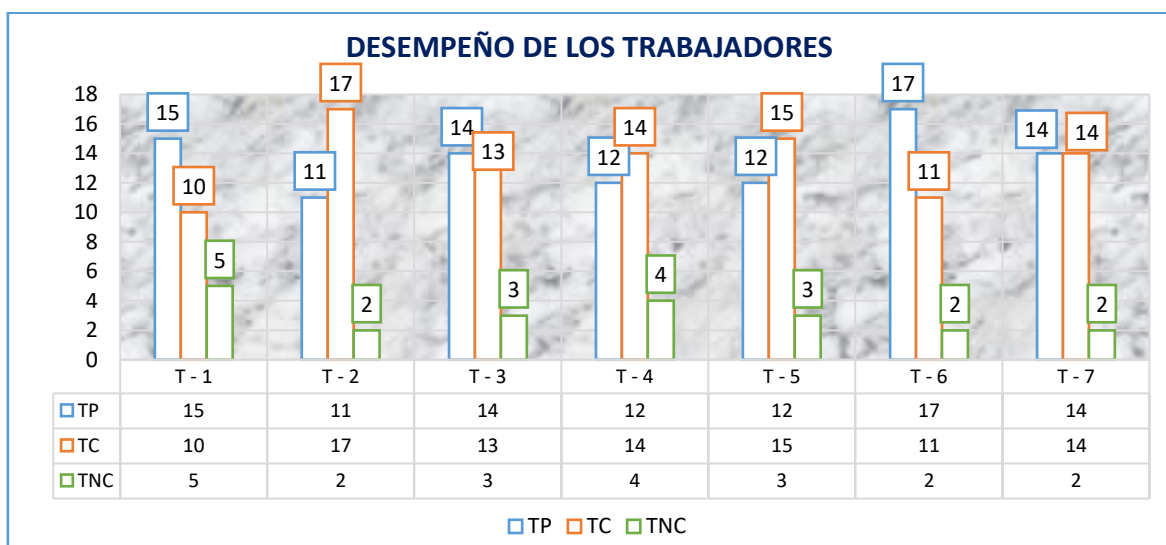
*Puntuación según a la carta balance*

Descripción	T - 1	T - 2	T - 3	T - 4	T - 5	T - 6	T - 7	Σ	%
TP	15	11	14	12	12	17	14	95	45.24
TC	10	17	13	14	15	11	14	94	44.76
TNC	5	2	3	4	3	2	2	21	10.00

La tabla ilustra recopilación de puntos obtenidos por cada obrero en partida de concreto en vigas de la vivienda, asimismo la sumatorio de sus actividades y los porcentajes de desempeño.

**Figura 35**

*Desempeño de los trabajadores.*



La figura ilustra una visión más detallada de las contribuciones en eficiencia realizadas por cada trabajador según lo indicado en la carta balance.

**Tabla 74**

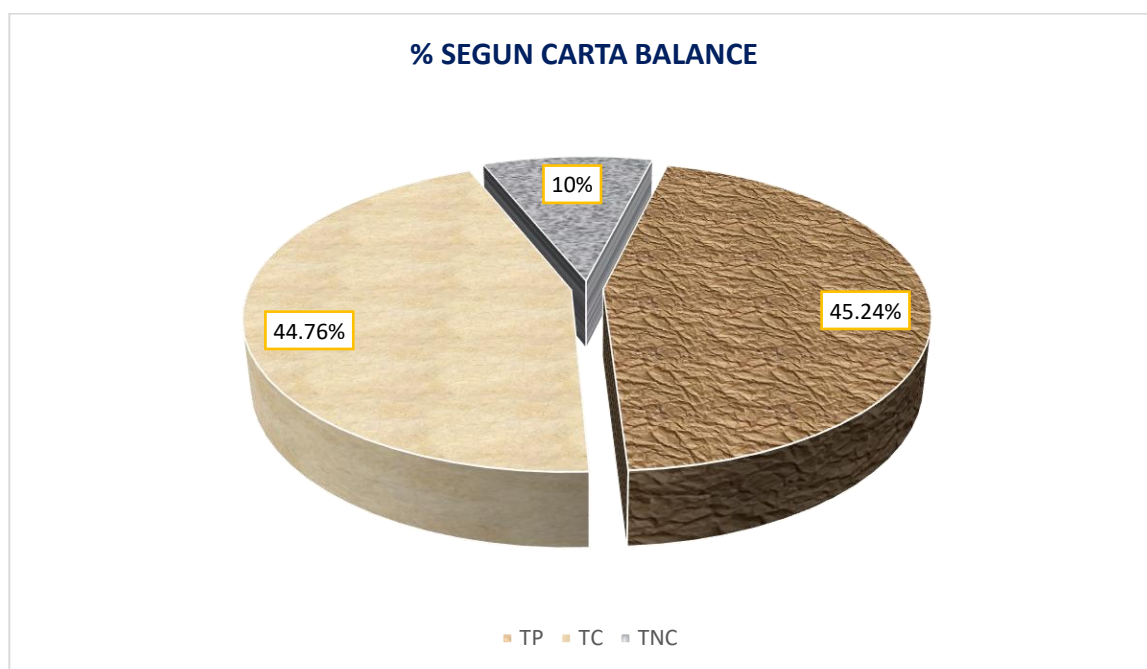
*% según la carta balance*

Descrip.	Porcentajes
TP	45.24%
TC	44.76%
TNC	10.00%

La tabla muestra los porcentajes calculados a partir de los rendimientos registrados, de acuerdo con el formato previamente especificado.

**Figura 36**

*% del desempeño a nivel global.*



A continuación, se presenta un gráfico que muestra de manera global el rendimiento de los obreros, así como los períodos de tiempo perdido y los trabajos realizados con eficacia. Las cuadrillas alcanzaron porcentajes que estuvieron ligeramente por debajo de lo esperado.

**Tabla 75**

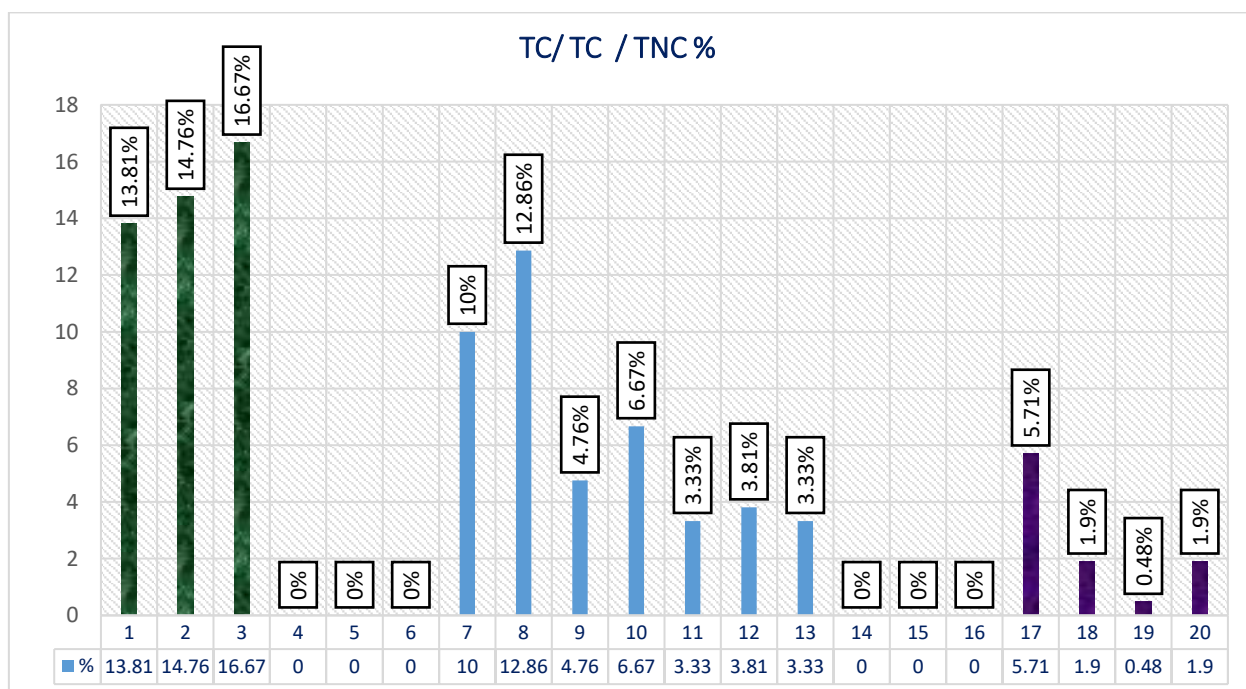
*Cuantificación de los trabajos.*

COD.	O - I	O - II	O - III	O - IV	O - V	O - VI	O - VII	Total	%
1	5	4	4	5	3	4	4	29	13.81%
2	4	3	10	5	0	4	5	31	14.76%
3	6	4	0	2	9	9	5	35	16.67%
11	2	3	4	4	4	0	4	21	10.00%
12	4	5	3	5	0	7	3	27	12.86%
13	0	3	0	0	4	0	3	10	4.76%
14	0	2	3	5	0	4	0	14	6.67%
15	4	0	0	0	3	0	0	7	3.33%
16	0	4	0	0	0	0	4	8	3.81%
17	0	0	3	0	4	0	0	7	3.33%
21	3	1	3	0	3	0	2	12	5.71%
22	0	1	0	3	0	0	0	4	1.90%
23	0	0	0	1	0	0	0	1	0.48%
24	2	0	0	0	0	2	0	4	1.90%
<b>Total</b>	30	30	30	30	30	30	30	210	100.00%

La tabla proporciona un desglose más detallado de los progresos y los resultados obtenidos según la carta balance. Además, muestra los porcentajes individuales de las tareas realizadas.

**Figura 37**

*% de los trabajos realizados.*



Los porcentajes obtenidos no cumplieron con el nivel óptimo necesario para el avance requerido, aunque tampoco fueron insatisfactorios. Además, se evidenció un alto porcentaje de tiempo perdido durante la realización de las tareas.

### J. Trabajos productivos, contributarios y no contributarios (Encofrado de losa aligerada)

El objetivo principal es dividir el tiempo de la cuadrilla para que cada miembro pueda concentrarse en las áreas del trabajo en las que no rinde lo suficiente.

**Tabla 76**

*Trabajo productivo*

COD.	T. PRODUCTIVO
1	Colocado de fondo de losa
2	Colocado de puntales
3	Nivelación de la losa

**Tabla 77**

*Trabajo contributivo*

COD.	T. CONTRIBUTORIO
11	Toma de medidas
12	Despiece de panel
13	Limpieza y puesta de desmoldante
14	Transporte de materiales
15	Sellado de juntas
16	Colocado de arnés
17	Recibir instrucciones
18	Dar instrucciones

**Tabla 78**

*Trabajo no contributivo*

COD.	T. NO CONTRIBUTORIO
21	Trabajos rehechos
22	Ir a los servicios
23	Usar el celular
24	Esperas

### Planificación de obreros

Equipo asignado para llevar a cabo la construcción del encofrado de las losas consistió en 0.1 capataz, 2 oficiales, 2 operarios y 2 peones, serán los encargados.

**Tabla 79***Equipo de trabajo*

Cant.	Actividad	Nombre	Cod.
1	Encofrado	QUISPE MAMANI JOSE	Capataz
2	Encofrado	QUENAYA AMANQUI JUAN	Oficial
3	Encofrado	HUAMANI ZELA MAURO	Oficial
4	Encofrado	CASTRO NINA ROSSEL	Operario
5	Encofrado	ARAPA HUANCA ELMER	Operario
6	Encofrado	LLANOS BUENTURA ALBERTO	Peón
7	Encofrado	HALANOCA HUANCA ELVIS	Peón

**Resultado (carta balance)**

Se tomaron un total de 30 muestras de cada equipo en un lapso de 1 minuto. Estas muestras fueron obtenidas de diversas acciones llevadas a cabo por los trabajadores durante el proceso de vertido del concreto.

**Tabla 80***Carta balance en encofrados*

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



<b>20</b>	1	1	2	11	2	1	11
<b>21</b>	1	16	2	12	2	3	3
<b>22</b>	1	16	21	12	1	3	3
<b>23</b>	1	16	21	18	1	3	3
<b>24</b>	12	13	23	18	1	3	2
<b>25</b>	12	13	11	18	1	21	2
<b>26</b>	3	12	11	15	1	21	2
<b>27</b>	3	12	11	15	14	21	2
<b>28</b>	3	17	2	15	14	2	1
<b>29</b>	3	15	2	21	14	2	1
<b>30</b>	3	15	2	21	14	2	1

La tabla ilustra diversos comportamientos en cuanto a rendimiento durante los 30 minutos analizados, mostrando también los avances individuales de los trabajadores a lo largo del tiempo.

**Tabla 81**

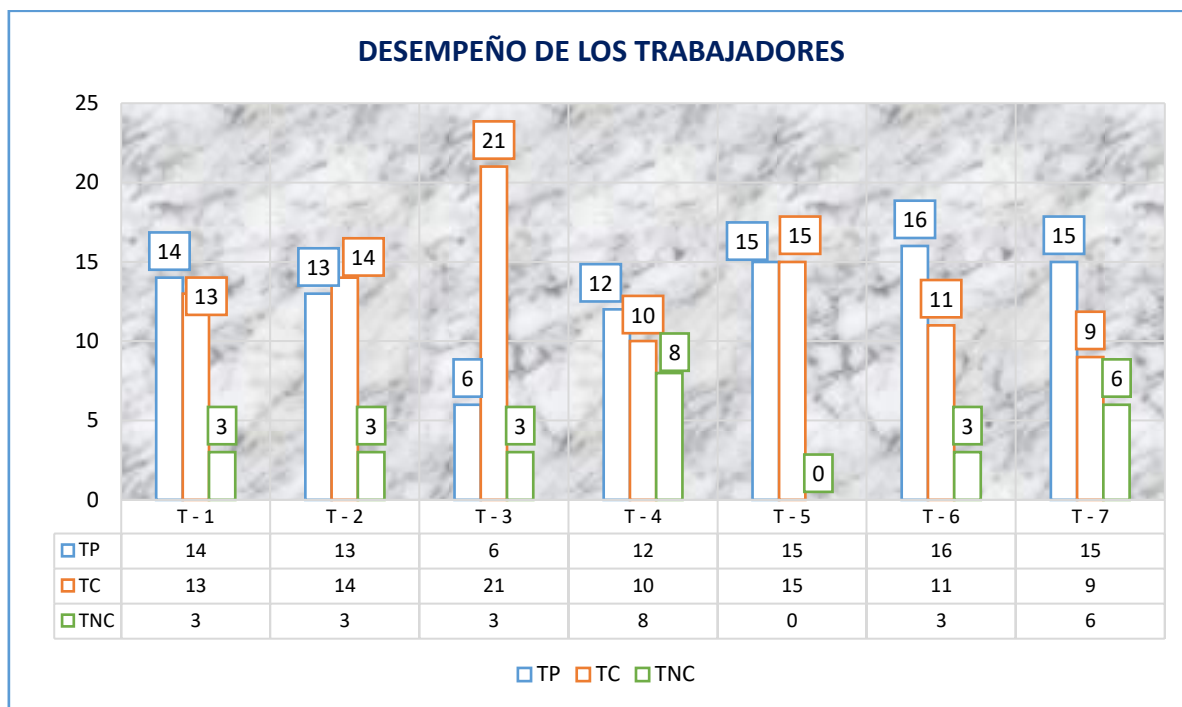
*Puntuación según a la carta balance*

Descripción	T - 1	T - 2	T - 3	T - 4	T - 5	T - 6	T - 7	Σ	%
<b>TP</b>	14	13	6	12	15	16	15	<b>91</b>	<b>43.33</b>
<b>TC</b>	13	14	21	10	15	11	9	<b>93</b>	<b>44.29</b>
<b>TNC</b>	3	3	3	8	0	3	6	<b>26</b>	<b>12.38</b>

La tabla ilustra recopilación de puntos logrados por obrero en partida de encofrados de losas aligerada de la vivienda, asimismo la sumatorio de sus actividades y los porcentajes de desempeño.

**Figura 38**

*Desempeño de los trabajadores.*



La figura ilustra una visión más detallada de las contribuciones en eficiencia realizadas por cada trabajador según lo indicado en la carta balance.

**Tabla 82**

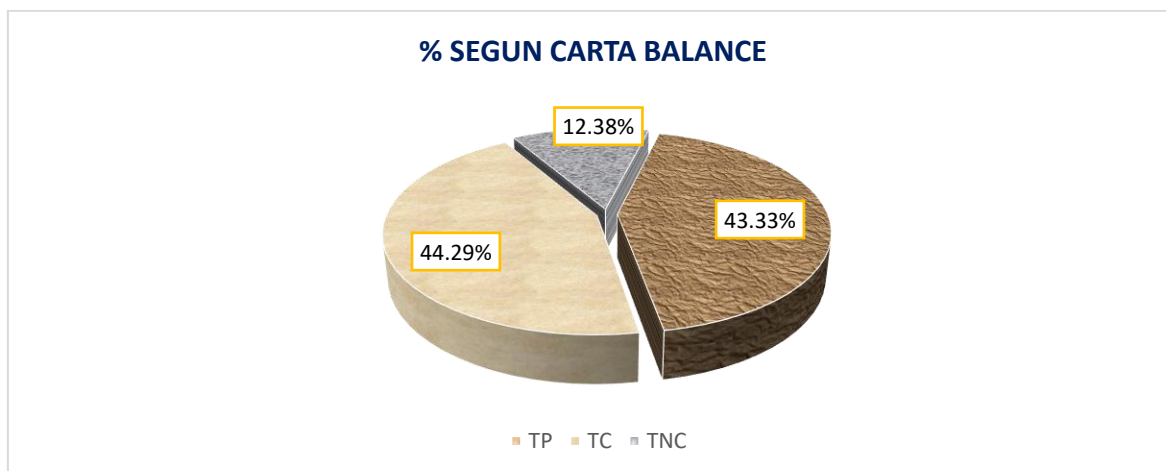
*% según la carta balance*

Descrip.	Porcentajes
TP	43.33%
TC	44.29%
TNC	12.38%

Los datos en la tabla reflejan los porcentajes derivados de los rendimientos registrados, siguiendo el formato indicado anteriormente.

**Figura 39**

% del desempeño a nivel global.



A continuación, se presenta un gráfico que muestra de manera global el rendimiento de los obreros, así como los períodos de tiempo perdido y los trabajos realizados con eficacia. Las cuadrillas alcanzaron porcentajes que estuvieron ligeramente por debajo de lo esperado.

**Tabla 83**

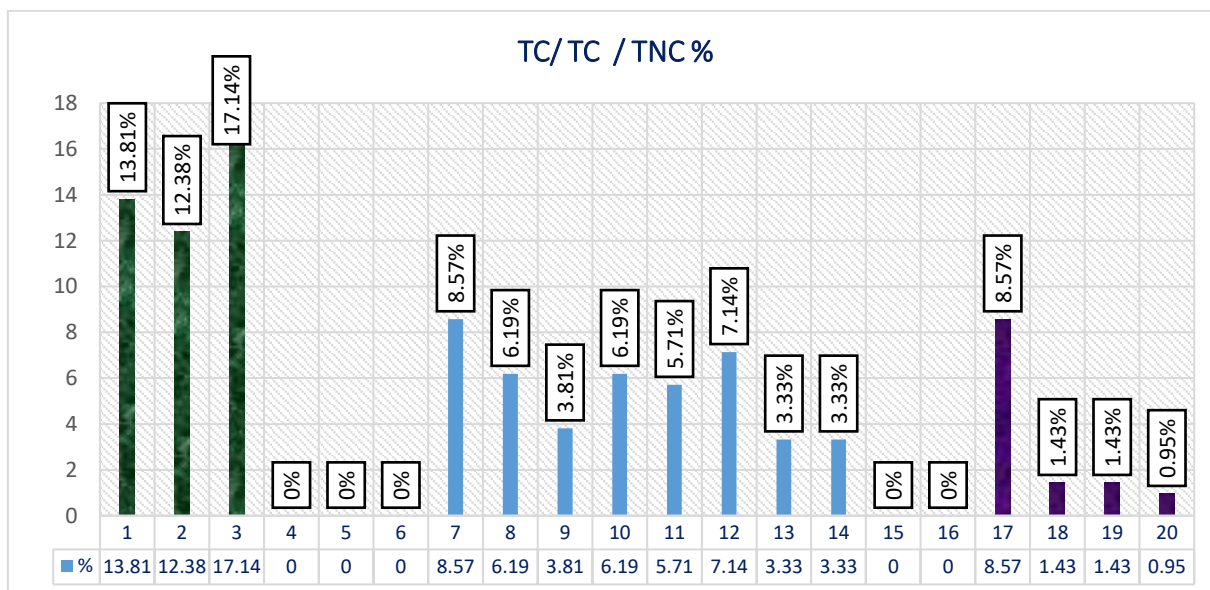
*Cuantificación de los trabajos.*

COD.	O - I	O - II	O - III	O - IV	O - V	O - VI	O - VII	Total	%
1	5	4	0	7	5	5	3	29	13.81%
2	4	4	6	0	5	3	4	26	12.38%
3	5	5	0	5	5	8	8	36	17.14%
11	4	1	3	2	0	7	1	18	8.57%
12	2	2	3	2	0	4	0	13	6.19%
13	0	2	3	0	3	0	0	8	3.81%
14	0	3	3	0	4	0	3	13	6.19%
15	0	2	4	3	0	0	3	12	5.71%
16	4	3	2	0	4	0	2	15	7.14%
17	3	1	3	0	0	0	0	7	3.33%
18	0	0	0	3	4	0	0	7	3.33%
21	3	3	2	4	0	3	3	18	8.57%
22	0	0	0	2	0	0	1	3	1.43%
23	0	0	1	0	0	0	2	3	1.43%
24	0	0	0	2	0	0	0	2	0.95%
<b>Total</b>	30	30	30	30	30	30	30	210	100.00%

La tabla proporciona un desglose más detallado de los progresos y los resultados obtenidos según la carta balance. Además, muestra los porcentajes individuales de las tareas realizadas.

**Figura 40**

*% de los trabajos realizados.*



Los porcentajes obtenidos no alcanzaron el nivel óptimo necesario para el progreso esperado, aunque no se consideraron insatisfactorios. Además, se registró un elevado porcentaje de tiempo perdido durante la ejecución de las tareas.

### **K. Trabajos productivos, contributarios y no contributarios (Concreto de losa aligerada)**

Descubrir qué tareas y actividades no generan la cantidad esperada de resultados es el objetivo principal de la asignación del tiempo del personal, ya sea en grupos o individualmente.

**Tabla 84***Trabajo productivo*

COD.	T. PRODUCTIVO
1	Vaciado de concreto
2	vibrado
3	Nivelación de recubrimiento

**Tabla 85***Trabajo contributivo*

COD.	T. CONTRIBUTORIO
11	Movilización de vibradora
12	Transporte de materiales
13	Preparación de concreto
14	Verificación de nivel de vaciado
15	Colocado de arnés
16	Recibir instrucciones
17	Dar instrucciones

**Tabla 86***Trabajo no contributivo*

COD.	T. NO CONTRIBUTORIO
21	Trabajos rehechos
22	Ir a los servicios
23	Usar el celular
24	Esperas

**Distribución de los obreros**

Equipo asignado para llevar a cabo la construcción del concreto en losas consistió en 0.1 capataz, 2 oficiales, 2 operarios y 2 peones, serán los encargados

**Tabla 87***Equipo de trabajo*

Cant.	Actividad	Nombre	Cod.
1		QUISPE MAMANI JOSE	Capataz
2		QUENAYA AMANQUI JUAN	Oficial
3		HUAMANI ZELA MAURO	Oficial
4	Concreto	CASTRO NINA ROSSEL	Operario
5		ARAPA HUANCA ELMER	Operario
6		LLANOS BUENTURA ALBERTO	Peón
7		HALANOCA HUANCA ELVIS	Peón

**Resultado (carta balance)**

Se tomaron 30 muestras de cada equipo. Estas muestras fueron obtenidas de diversas acciones llevadas a cabo por los trabajadores durante el proceso de vertido del concreto.

**Tabla 88**

*Carta balance en concreto*

<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>	<b>7</b>
<b>1</b>	21	15	24	13	24	24	21
<b>2</b>	21	15	24	13	24	24	21
<b>3</b>	21	3	13	13	13	3	21
<b>4</b>	24	3	13	17	13	3	23
<b>5</b>	24	3	13	17	13	3	23
<b>6</b>	22	3	13	17	13	3	3
<b>7</b>	11	13	3	2	22	3	3
<b>8</b>	11	13	3	2	22	14	3
<b>9</b>	11	13	3	2	12	14	3
<b>10</b>	16	16	14	2	12	14	12
<b>11</b>	16	16	14	1	12	14	12
<b>12</b>	16	16	14	1	12	16	11
<b>13</b>	1	14	2	1	12	16	11
<b>14</b>	1	14	2	1	16	16	11
<b>15</b>	1	14	2	1	16	16	11
<b>16</b>	1	14	2	22	16	1	2
<b>17</b>	1	12	3	22	1	1	2
<b>18</b>	2	12	3	23	1	1	2
<b>19</b>	2	12	3	23	1	1	2
<b>20</b>	22	12	15	14	1	2	2
<b>21</b>	14	2	15	14	2	2	16
<b>22</b>	14	2	15	14	2	2	16
<b>23</b>	13	2	15	11	2	2	16
<b>24</b>	13	2	12	11	2	1	16
<b>25</b>	3	2	12	11	3	1	21
<b>26</b>	3	11	12	11	3	1	21
<b>27</b>	11	11	12	3	3	3	15
<b>28</b>	11	11	1	3	3	3	15
<b>29</b>	11	3	1	3	11	3	15
<b>30</b>	23	3	1	3	11	3	15

La tabla ilustra diversos comportamientos en cuanto a rendimiento durante los 30 minutos analizados, mostrando también los avances individuales de los trabajadores a lo largo del tiempo.

**Tabla 89**

*Puntuación según a la carta balance*

Descripción	T - 1	T - 2	T - 3	T - 4	T - 5	T - 6	T - 7	Σ	%
<b>TP</b>	9	11	13	13	12	20	9	<b>87</b>	<b>41.43</b>
<b>TC</b>	13	19	15	13	14	8	14	<b>96</b>	<b>45.71</b>
<b>TNC</b>	8	0	2	4	4	2	7	<b>27</b>	<b>12.86</b>

La tabla ilustra recopilación de puntos alcanzada por cada obrero en partida de concreto en losas de la vivienda, asimismo la sumatorio de sus actividades y los porcentajes de desempeño.

**Figura 41**

*Desempeño de los trabajadores.*



La figura ilustra una visión más detallada de las contribuciones en eficiencia realizadas por cada trabajador según lo indicado en la carta balance.

**Tabla 90**

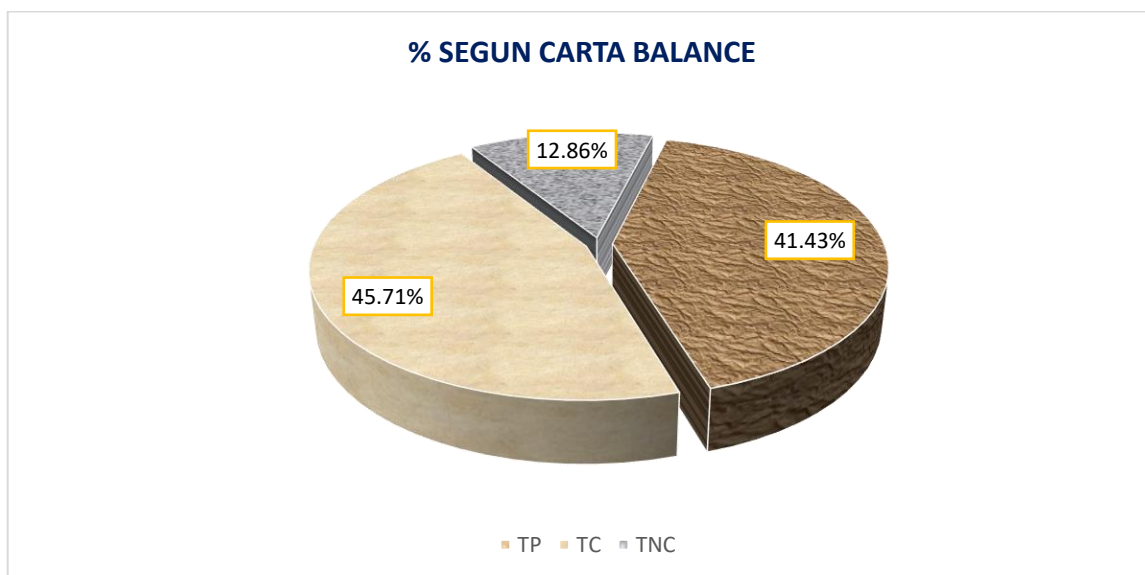
*% según la carta balance*

Descrip.	Porcentajes
TP	41.43%
TC	45.71%
TNC	12.86%

Representan los % obtenidos a partir de los rendimientos mostrados conforme al formato previamente mencionado.

**Figura 42**

*% del desempeño a nivel global.*



A continuación, se presenta un gráfico que muestra de manera global el rendimiento de los obreros, así como los períodos de tiempo perdido y los trabajos realizados con eficacia. Las cuadrillas alcanzaron porcentajes que estuvieron ligeramente por debajo de lo esperado.

**Tabla 91**

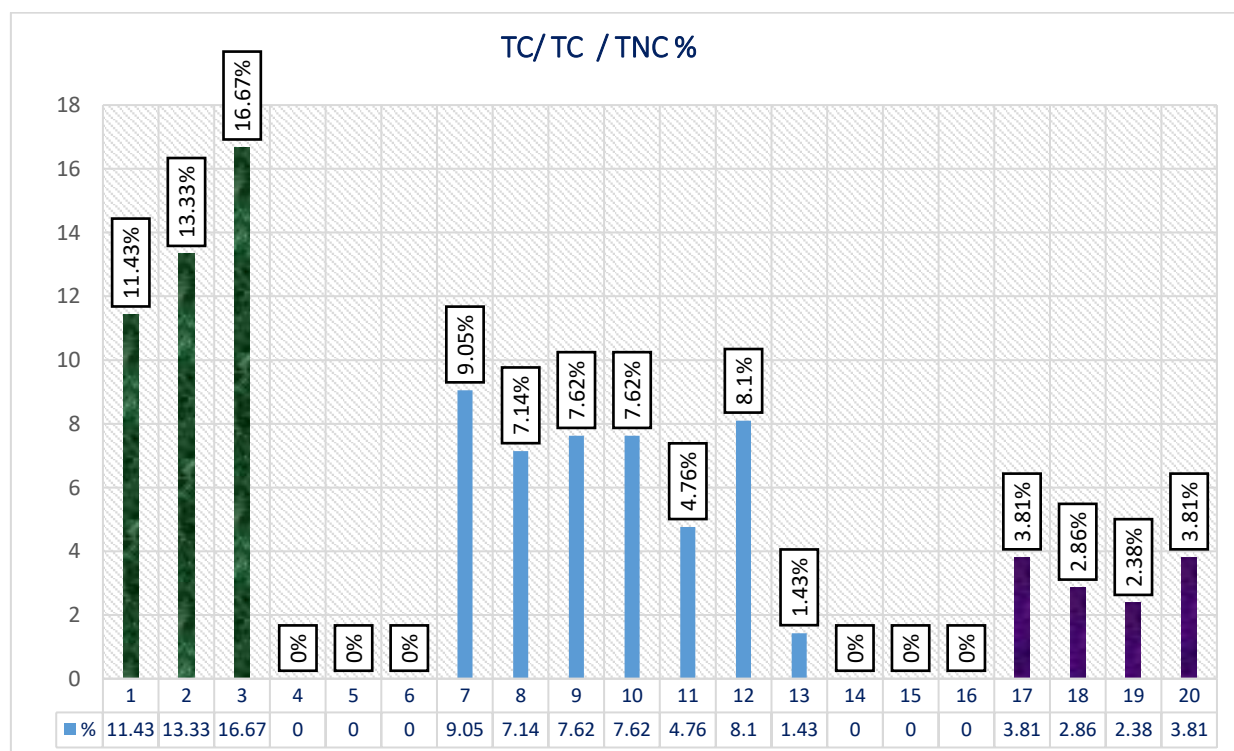
*Cuantificación de los trabajos.*

COD.	O - I	O - II	O - III	O - IV	O - V	O - VI	O - VII	Total	%
1	5	0	3	5	4	7	0	24	11.43%
2	2	5	4	4	4	4	5	28	13.33%
3	2	6	6	4	4	9	4	35	16.67%
11	6	3	0	4	2	0	4	19	9.05%
12	0	4	4	0	5	0	2	15	7.14%
13	2	3	4	3	4	0	0	16	7.62%
14	2	4	3	3	0	4	0	16	7.62%
15	0	2	4	0	0	0	4	10	4.76%
16	3	3	0	0	3	4	4	17	8.10%
17	0	0	0	3	0	0	0	3	1.43%
21	3	0	0	0	0	0	5	8	3.81%
22	2	0	0	2	2	0	0	6	2.86%
23	1	0	0	2	0	0	2	5	2.38%
24	2	0	2	0	2	2	0	8	3.81%
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>210</b>	<b>100.00%</b>

La tabla proporciona un desglose más detallado de los progresos y los resultados obtenidos según la carta balance. Además, muestra los porcentajes individuales de las tareas realizadas.

**Figura 43**

*% de los trabajos realizados.*





Los porcentajes obtenidos no cumplieron con el nivel óptimo necesario para el avance requerido, aunque tampoco fueron insatisfactorios. Además, se evidenció un alto porcentaje de tiempo perdido durante la realización de las tareas.

#### **4.1.2 Resultados sobre el análisis de restricciones mejora la eficiencia laboral en la construcción de una vivienda en Azángaro.**

El uso de la herramienta de balanceo destacó una serie de desafíos en el envío de cascos estructurales. Estos desafíos incluyen una gestión inadecuada del inventario de materiales, conflictos entre los diseños arquitectónicos y estructurales y una calidad inferior del equipo. Todos estos desafíos tienen un impacto negativo en la eficiencia del trabajo. El uso de la herramienta de análisis de restricciones permite la mejora sistemática de las actividades que se llevan a cabo durante toda la etapa de casco estructural. Esto ayuda a garantizar que las restricciones previstas no impidan la eficiencia de las operaciones en ningún grado. Por otro lado, esto garantizará que se eviten los desafíos o los obstáculos que puedan surgir durante la implementación de futuros intentos. Cuando se trata de realizar un análisis preciso del diagrama de balanceo, uno de los pasos más importantes es categorizar las tareas como productivas, contribuyentes o no contribuyentes. A través del proceso de asignación de tiempo del personal, ya sea en grupos o de forma individual, el objetivo principal es identificar actividades y ocupaciones específicas que no están produciendo la cantidad de productividad necesaria.



**Tabla 92**

Análisis de restricciones.

EDT	AREA	DESCRIPCION	Estatus	DESCRIP. DE LA RESTRICCION		RESPONSABLE	CUMPLIMIENTO		SUSTENTO	Alternativa/Comentario
				FECHA RAS	FECHA ETA		SI	NO		
I	ESTRUCTURAS	Zapatas	Labor realizada hasta el momento	04 - Ene	10 - Ene	QUISPE MAMANI JOSE	X		Entregado puntualmente	CONFORME
		Vigas	Labor realizada hasta el momento	11 - Ene	16 - Ene	QUISPE MAMANI JOSE		X	Entregado fuera del plazo	INCONFORME
		Sobrecimiento reforzado	Labor realizada hasta el momento	18 - Ene	23 - Ene	QUISPE MAMANI JOSE	X		Entregado en fecha	CONFORME
		Columnas	Labor realizada hasta el momento	25 - Ene	30 - Ene	QUISPE MAMANI JOSE		X	Entregado con retraso	INCONFORME
		Vigas	Labor realizada hasta el momento	08 - Febr	13 - Febr	QUISPE MAMANI JOSE	X		Entregado en el tiempo previsto	CONFORME
		Losa aligerada	Labor realizada hasta el momento	15 - Febr	20 - Febr	QUISPE MAMANI JOSE	X		Entregado en el tiempo previsto	CONFORME
		Escaleras	Labor realizada hasta el momento	22-Ene	27 - Febr	QUISPE MAMANI JOSE		X	Entregado fuera del tiempo establecido	INCONFORME

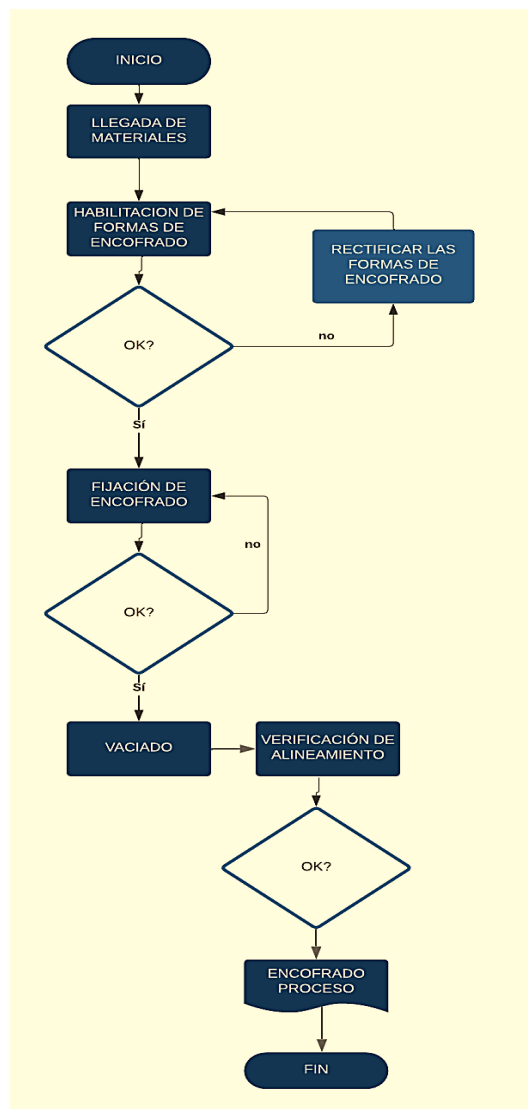
El uso de la herramienta de diagramación ha mitigado las limitaciones relacionadas con la escasez de recursos y equipos, incluyendo la necesidad de andamios para las labores en el sitio. Esto ha facilitado el progreso constante del proyecto, reflejado en una tasa de avance superior al 80%, como se muestra en el gráfico del Plan de Porcentaje de Finalización (PPC).

### 4.1.3 Resultados sobre la contribución del uso del diagrama de flujo en el aumento de la productividad de la mano de obra.

La finalización de las tareas enfrentó obstáculos debido al uso de técnicas de construcción inadecuadas y a una baja calidad de la mano de obra, lo cual provocó demoras en la ejecución. Estos retrasos disminuyen la productividad en el sitio. La implementación de un diagrama de flujo facilita una ejecución más eficiente de las labores, garantizando el seguimiento de los procedimientos de construcción adecuados y las medidas correspondientes de control de calidad.

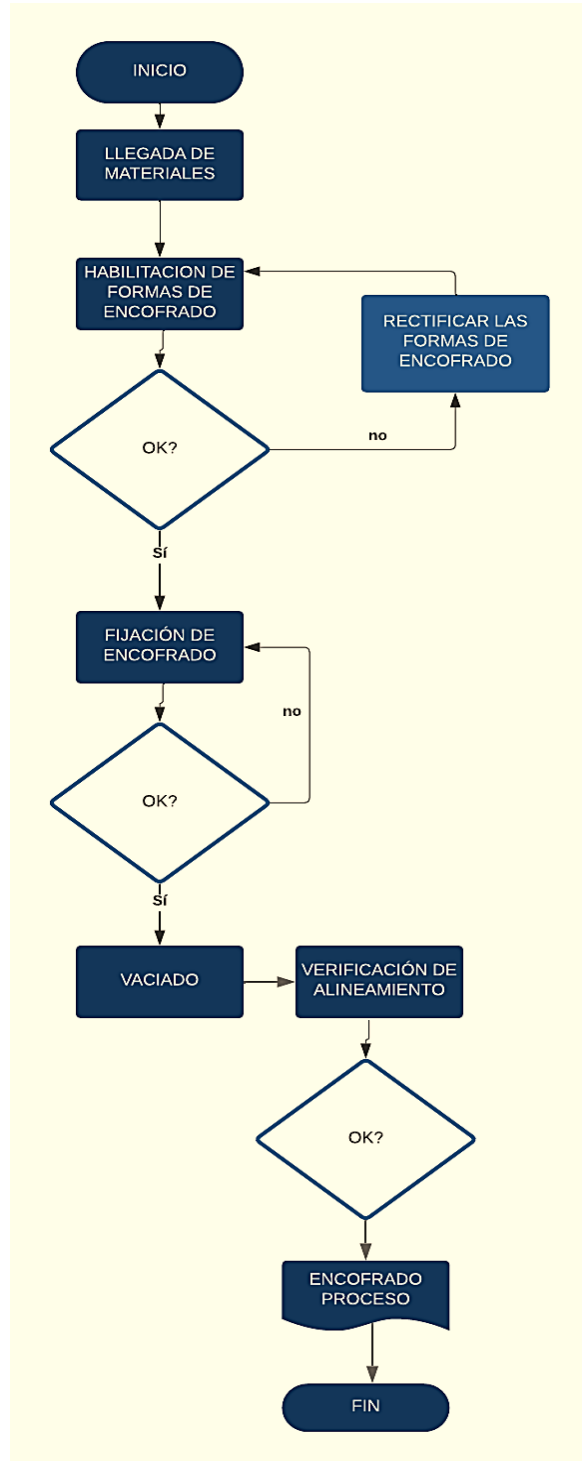
Figura 44

Diagrama de flujo



**Figura 45**

*Diagrama de flujo encofrados*



Un diagrama de flujo en la etapa de encofrados podría representar visualmente el proceso de construcción de encofrados desde el inicio hasta la finalización.

- Inicio del proceso: Comienza con la planificación del diseño de los encofrados.



- Preparación del sitio: Se limpia y prepara el área donde se van a colocar los encofrados.
- Selección de materiales: Se eligen los materiales adecuados para los encofrados, como madera, metal o plástico.
- Construcción del encofrado: Se construyen los moldes según las especificaciones del diseño.
- Instalación del encofrado: Los encofrados se colocan en su posición deseada.
- Aseguramiento: Se aseguran los encofrados para evitar movimientos durante el vertido del hormigón.
- Vertido del hormigón: Se vierte el hormigón en los moldes de los encofrados.
- Curado del hormigón: Se permite que el hormigón se endurezca y se cure adecuadamente.
- Desmontaje del encofrado: Una vez que el hormigón ha alcanzado la resistencia necesaria, se retiran los encofrados.
- Inspección final: Se realiza una inspección para asegurarse de que el proceso se haya completado correctamente y que los encofrados se hayan retirado sin dañar la estructura de hormigón.

**Figura 46**

*Diagrama de flujo concreto*

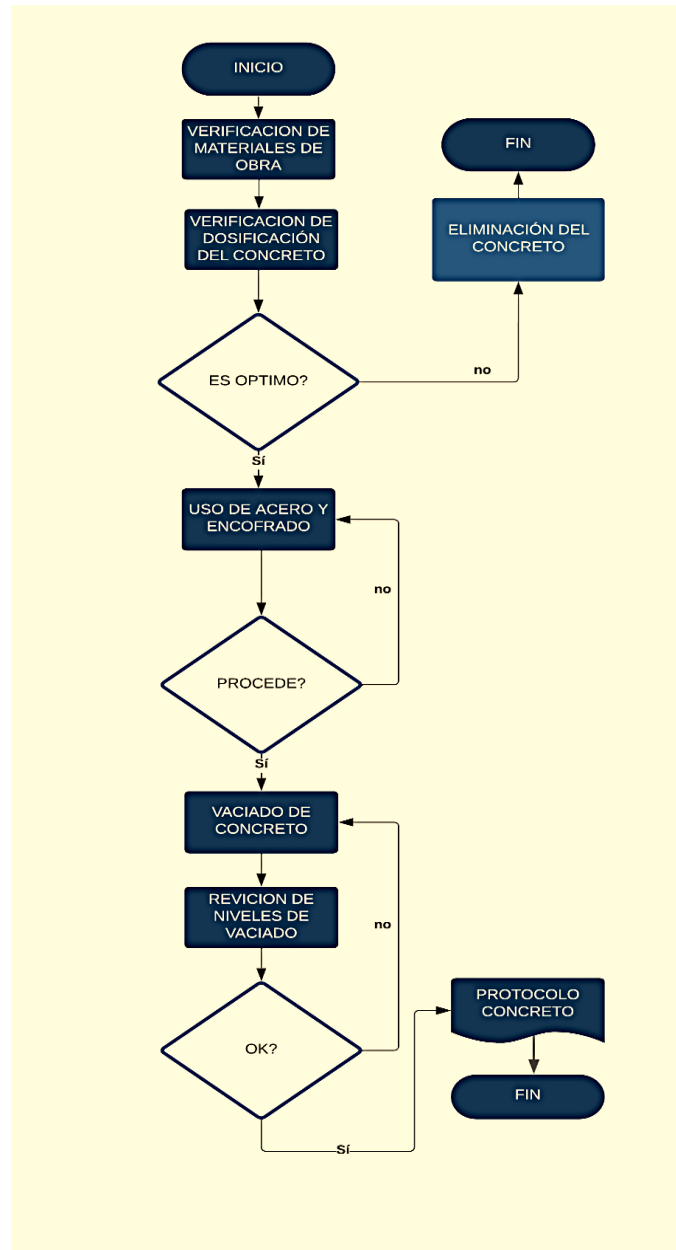


Diagrama de flujo para la etapa de trabajo con concreto:

- Preparación del sitio: Limpieza y nivelación del área de trabajo.
- Diseño del encofrado: Planificación y diseño de los moldes para contener el concreto.
- Preparación del encofrado: Construcción y montaje de los encofrados de acuerdo con el diseño.
- Colocación de refuerzos: Instalación de barras de refuerzo de acuerdo con las especificaciones del diseño.



- Mezcla de concreto: Preparación de la mezcla de concreto utilizando los materiales adecuados en las proporciones correctas.
- Vertido del concreto: Verter la mezcla de concreto en el encofrado.
- Compactación: Compactación del concreto para eliminar bolsas de aire y asegurar una distribución uniforme.
- Alisado y nivelación: Alisar y nivelar la superficie del concreto utilizando herramientas apropiadas.
- Curado: Protección del concreto para permitir un fraguado adecuado y evitar la pérdida de humedad.
- Desencofrado: Retirada de los encofrados una vez que el concreto ha alcanzado la resistencia suficiente.
- Inspección y acabado final: Inspección visual para asegurar la calidad y aplicación de cualquier acabado final necesario.

Para optimizar la eficiencia del equipo, se puede incrementar la productividad mediante la implementación de un diagrama de flujo detallado que clarifica cada operación secuencial en el manejo de acero, encofrado y concreto. Este enfoque permitirá el desarrollo de un cronograma de trabajo más efectivo, donde cada tarea se organiza con precisión y se controla de acuerdo con procedimientos estandarizados de liberación. Con un diagrama de flujo, también se mejorará el control de calidad en cada fase, lo que facilitará la elaboración de cronogramas de construcción optimizados y una mayor organización en las áreas de trabajo, minimizando errores y tiempos de espera.

El diagrama de flujo tiene como propósito documentar todos los pasos secuenciales del proceso constructivo, desde el inicio hasta la finalización, para asegurar que cada tarea se lleve a cabo de acuerdo con las especificaciones del proyecto. Esta metodología también apunta a eliminar cualquier vacío o defecto durante el vertido del hormigón en los componentes estructurales, lo cual es fundamental para reducir la

probabilidad de fallas estructurales a largo plazo. Además, el uso de este enfoque facilita el cumplimiento de los requisitos específicos de recubrimiento de acero, garantizando que las barras de refuerzo queden adecuadamente protegidas y alineadas con las especificaciones técnicas del proyecto.

En conjunto, la implementación de un diagrama de flujo en el proceso de construcción no solo organiza y guía a los trabajadores en sus tareas diarias, sino que también establece una base sólida para un control de calidad riguroso. Esto permite detectar y corregir posibles problemas a tiempo, mejorar la coordinación entre las cuadrillas y asegurar que cada elemento estructural cumpla con los estándares de seguridad y durabilidad establecidos.

#### **4.2 Discusión de resultados.**

En el presente estudio, se utilizó la herramienta de análisis "Carta Balance" para recopilar datos sobre la productividad en las sub-partidas correspondientes a las columnas, placas, vigas y losas aligeradas. Esta herramienta permitió registrar y analizar los tiempos empleados en cada actividad, agrupando los datos según el tipo de elemento estructural, bajo la premisa de que los procesos constructivos presentan similitudes en cuanto a su ejecución general. Sin embargo, es importante señalar una limitación en esta metodología: aunque los procesos puedan parecer homogéneos en un nivel macro, cada actividad dentro de estos difiere en cuanto a la destreza, tiempos y condiciones particulares que exigen, lo cual impacta en el rendimiento específico de los trabajadores.

Esta limitación metodológica llevó a una cierta repetición de datos en los elementos estructurales agrupados, lo que derivó en una distribución no normal al realizar el análisis estadístico. La falta de normalidad en la distribución estadística indica que los datos no siguieron un patrón regular, probablemente debido a la variabilidad inherente en el rendimiento laboral asociado a factores específicos del entorno y la tarea. Esto sugiere que futuras investigaciones podrían beneficiarse de una segmentación más



detallada en cada sub-partida, para capturar con mayor precisión las fluctuaciones en el desempeño individual y de grupo en distintas condiciones de trabajo.

Además, se implementó la metodología de las 5S como parte del enfoque de Lean Construction, buscando optimizar el entorno laboral y, con ello, la productividad del equipo. La metodología 5S se compone de cinco fases interrelacionadas: organización (Seiri), orden (Seiton), limpieza (Seiso), estandarización (Seiketsu) y autodisciplina (Shitsuke). Las tres primeras fases son de carácter operativo y buscan establecer y mantener el orden en el lugar de trabajo. La fase de estandarización crea mecanismos de control visual para conservar los resultados alcanzados, mientras que la autodisciplina fomenta la creación de hábitos de mejora continua en las tareas diarias. Este sistema, cuando se implementa secuencialmente, crea un entorno laboral saludable y seguro, favoreciendo la eficiencia, reduciendo desperdicios y promoviendo un compromiso proactivo con el mejoramiento de la calidad en el proceso constructivo.

En cuanto a los análisis estadísticos realizados, los resultados obtenidos revelan una mejora significativa en la productividad después de la aplicación de la filosofía Lean Construction. Antes de la implementación de esta metodología, el índice de productividad se encontraba en 31.4%, un valor similar al 32% reportado por Morales y Galea (2005), y superior al 28% señalado por Ghio (2001) en sus respectivos estudios. Sin embargo, tras la adopción de Lean Construction, el índice de productividad aumentó a 39.5%, lo cual demuestra la efectividad de esta metodología. Este incremento en la productividad no es un fenómeno aislado; estudios en Chile y Colombia han reportado incrementos similares, consolidando a Lean Construction como un enfoque viable para la mejora de la eficiencia en contextos constructivos similares.

Al desglosar los resultados por tipo de elemento estructural, se observaron aumentos específicos en la productividad: en columnas se registró un incremento del 13.6%, en placas del 1.9%, en vigas del 8.6%, y en losas aligeradas del 8.5%. Estos aumentos reflejan el impacto directo de Lean Construction en la optimización de procesos, siendo más pronunciados en las actividades de mayor complejidad estructural.



En términos globales, el trabajo productivo experimentó una mejora del 8.1%, el trabajo contributivo creció un 3.3%, y el trabajo no contributivo (aquellas actividades que no aportan directamente al avance de la obra) mostró una reducción del 11.4%, lo que significa una importante disminución en las actividades que generaban retrasos o uso innecesario de recursos. La reducción en el trabajo no contributivo es particularmente significativa, ya que estas tareas representan una pérdida potencial de tiempo y recursos; al disminuirlas, se logra un uso más eficiente del tiempo y se incrementa el enfoque en las actividades que aportan valor.

Estos hallazgos destacan el impacto positivo de una implementación adecuada de metodologías de productividad en la construcción. Los incrementos en las sub-partidas de columnas, placas, vigas y losas aligeradas, así como la disminución en actividades no productivas, validan la eficacia de Lean Construction en la mejora continua de procesos constructivos. Además, proporcionan un marco referencial útil para futuras investigaciones que busquen aplicar metodologías similares en diferentes contextos constructivos, optimizando tanto la gestión de recursos como los tiempos de ejecución.

## CONCLUSIONES

**Primera,** La implementación de la carta balance permitió identificar y clasificar eficientemente las actividades productivas, contributivas y no contributivas en la construcción de viviendas en Azángaro. Este análisis reveló una distribución desigual del tiempo dedicado a tareas productivas (43.33%) frente a contributivas y no contributivas. La optimización de estas tareas mejoró la organización de los tiempos y redujo las pérdidas en actividades no esenciales, lo que se tradujo en un incremento general en la eficiencia de la mano de obra, cumpliendo así con el propósito de este objetivo.

**Segunda,** La implementación del análisis de restricciones permitió la identificación y mitigación de limitaciones clave, tales como la falta de materiales y problemas de coordinación en los diseños arquitectónicos y estructurales. Este enfoque mejoró la gestión del flujo de trabajo y redujo los tiempos de espera, aumentando la eficiencia operativa. Se observó que este análisis, aplicado de manera constante, facilita la continuidad en la construcción, lo cual es fundamental para mantener la productividad en proyectos de construcción complejos.

**Tercera,** El uso del diagrama de flujo en las distintas etapas del proceso constructivo resultó en una mejora significativa en la productividad de la mano de obra. Este enfoque permitió una mejor planificación, organización y control de calidad en las tareas de encofrado, armado de acero y colocación de concreto, promoviendo una ejecución más eficiente y reduciendo la posibilidad de errores y tiempos de espera. La implementación de este recurso optimizó la coordinación del equipo y facilitó un mayor enfoque en las tareas esenciales, logrando una mejora notable en la productividad global.



## RECOMENDACIONES

**Primera,** Realizar revisiones periódicas de la carta balance para maximizar actividades productivas y minimizar tiempos de inactividad en cada fase constructiva.

**Segunda,** Implementar un sistema proactivo de gestión de restricciones que identifique y solucione posibles obstáculos antes de afectar el flujo de trabajo.

**Tercera,** Capacitar al equipo en el uso de diagramas de flujo y control de calidad para mejorar la organización, reducir errores y aumentar la productividad.



## REFERENCIAS

- Almendariz Rodríguez, C. E. (2022). Aplicación de la filosofía LEAN CONSTRUCTION para el cálculo de pérdidas por fuga económica en mano de obra previa a la construcción de una vivienda. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 223-232. doi:<https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol6iss41.2022pp388-399>
- Amaya Camargo, A. F., & Rojas Guavita, E. E. (2017). *Análisis comparativo entre metodologías vizir y pci para la auscultación visual de pavimentos flexibles en la ciudad de Bogotá*. Bogota: Universidad Santo Tomas. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11634/4566>
- Ardiles Herrera, A. S. (2020). *Evaluación de la gestión técnica y su relación con la productividad y eficiencia en la ejecución en obras de construcción vial en la ciudad de Puno, ejecutadas por la municipalidad provincial de Puno - 2019*. Puno: Universida Nacional del Altiplano Puno. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/13180>
- Arévalo Justiniano, J. A., & Rivera Rodríguez, M. J. (2022). *Diseño estructural de pavimento con slurry seal de la Avenida Martínez de Compañón, Sullana - Piura*. Piura: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/88294>
- Arias, F. (2012). *El PROYECTO de INVESTIGACIÓN. Introducción a la metodología científica*. Caracas: Episteme.
- Aznar , Caceres & Romero. (2018). *Efecto de la metodología mobile learning en la enseñanza universitaria*.
- BORJA.S. (2012). *METODOLOGIA DE INVESTIGACION CIENTIFICA PARA INGENIERIA CIVIL*.



- Cabrera, A. G., & Bocanegra, D. C. (2016). *Análisis de la productividad en la construcción de vivienda basada en rendimientos de mano de obra*. Bogota: Pontificia Universidad Javeriana. doi:<https://doi.org/10.17981/ingecuc.12.1.2016.02>
- Cegara, S. J. (2019). *Los métodos de investigación*. España.
- Chavarro-Acuña, W. E., & Molina-Pinzón, Y. C. (2015). *Evaluación de alternativas de pavimentación para vías de bajos volúmenes de tránsito*. Colombia: Universidad Católica de Colombia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10983/2617>
- Collachagua Fernandez, I. A. (2017). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en la construcción de departamentos multifamiliares "La Toscana", como herramienta de mejora de la productividad*. Huancayo - Perú: Universidad Continental. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/3591>
- Corredor Aguilera, G. O., & Rojano Vergara, A. L. (2013). *Lean construction" aplicada a proyectos de construcción de edificaciones de vivienda unifamiliar*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.11912/550>
- Cosi Guzmán, J. F. (2017). *Diagnóstico y Evaluación de los Niveles de Productividad en la Construcción Mediante la Filosofía Lean Construction en la Ciudad de Tacna*. Tacna: Universidad Privada de Tacna. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12969/338>
- Coy Pineda, O. M. (2017). *Evaluación superficial de un pavimento flexible de la calle 134 entre carreras 52a A 53c comparando los métodos Vizir y Pci*. Bogota: Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10654/16508>
- Flores Cervantes, D. (2016). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de la construcción del estadio de la UNA – Puno*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano Puno. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/2208>



- Florez Encinas, I. L. (2023). *Diagnóstico del slurry seal para años de vida útil en el pavimento económico de la carretera Huancané Crucero, Puno*. Huancané: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/116068>
- Gutierrez Facundo, A. J. (2016). *Gestión de productividad en la partida de acabados en la construcción de un edificio multifamiliar aplicando los conceptos de la filosofía Lean Construction*. Lima: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/18417>
- Gutiérrez Soto, M. A. (2017). *Gestión de carreteras no pavimentadas*. Madrid: Universidad Politecnica de Madrid. Obtenido de <https://oa.upm.es/52693/>
- Hernandez & Baptista. (2014). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill. Mexico.
- Hernández, S., & Duana, D. (2020). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. 9(17).
- Layme Sánchez, L. J. (2017). *Modelo para mejorar la productividad de la mano de obra en edificaciones utilizando las herramientas del sistema Lean Construction en la ciudad del Cusco*. Cusco: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14076/12158>
- López Sumarriva, J. J., & Ortiz Pinares, G. (2018). *Estabilización de suelos arcillosos con cal para el tratamiento de la subrasante en las calles de la urbanización San Luis de la ciudad de Abancay*. Abancay: Universidad Tecnológica de los Andes. Obtenido de <http://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/152>
- Mamani Ayma, A. A. (2016). *Análisis y Evaluación de la Productividad en la Construcción de una Edificación Aplicando la Filosofía de Lean Construction*. Juliaca: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Obtenido de <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/733>
- Martínez, P. G., Francisco, G. J., Del Toro Botello, H. Y., & López Montelongo, A. M. (2019). *Mejora en la construcción por medio de lean construction y building*



- information modeling*. Universidad Autónoma de Coahuila: Mexico. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7242765>
- Nicomedes. (2018). tipo de investigacion.
- Quispe Chambi, M. E. (2022). *Evaluación del mantenimiento vial de la vía vecinal samán Mocco - DV Quejón Mocco, Distrito de Samán y propuesta de alternativa de intervención vial*. SAMAN: UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ. Obtenido de <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/9167>
- Saldaña Yauri, B. B., & Taipe Arestegui, W. (2018). *Rehabilitación y mejoramiento en vías de bajo volumen de tránsito a nivel tratamiento superficial Slurry Seal Canayre - Puerto Palmeras - Ayacucho*. Ayacucho: Universidad San Martin de Porres. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12727/4545>
- Sanchez Tamay, D. Y. (2018). *Evaluación de la condición superficial de la carretera no pavimentada El Milagro – El Zapote mediante dos técnicas unsurfaced road maintenance management y conservación vial, Provincia de Utcubamba, 2018*. Utcubamba: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14077/1629>
- Zarate Alegre, G. M. (2016). *Modelo de gestión de conservación vial para reducir costos de mantenimiento vial y operación vehicular del camino vecinal Raypa - Huanchay - Molino, distrito Culebras - Huarmey*. Huarmey: Universidad Privada Antenor Orrego. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12759/2544>



## ANEXOS



### Anexo 01. Matriz de Consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p><b>Problema General:</b></p> <p>¿Cómo puede la aplicación de la filosofía Lean Construction contribuir a mejorar la productividad de la mano de obra en la construcción de viviendas en la ciudad de Azángaro?</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Optimizar la productividad de la mano de obra en la construcción de viviendas en Azángaro mediante la implementación de la filosofía Lean Construction.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>La implementación de la filosofía Lean Construction mejorara significativamente la productividad de la mano de obra en la construcción de viviendas en la ciudad de Azángaro.</p>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>Filosofía Lean Construction</p>	<p>Registro de avances de obra</p>
<p><b>Problemas Específicos</b></p>	<p><b>Objetivos Específicos</b></p>	<p><b>Hipótesis Específicas</b></p>	<p><b>Dimensiones:</b></p> <p>Herramienta carta balance. Diagrama de flujo. Análisis de restricciones.</p>	
<p>¿En qué medida impacta la aplicación de la carta balance en la eficiencia de la mano de obra en la construcción de viviendas en Azángaro?</p> <p>¿Cómo influye el análisis de restricciones en el rendimiento de la mano de obra durante la construcción de una vivienda en Azángaro?</p> <p>¿De qué manera afecta la implementación del diagrama de flujo en la productividad de la mano de obra en el proceso constructivo de una vivienda en Azángaro?</p>	<p>Analizar el efecto de la carta balance sobre la productividad de la mano de obra en la construcción de viviendas en Azángaro.</p> <p>Evaluar cómo el análisis de restricciones mejora la eficiencia laboral en la construcción de una vivienda en Azángaro.</p> <p>Investigar la contribución del uso del diagrama de flujo en el aumento de la productividad de la mano de obra en el proceso de construcción de una vivienda en Azángaro.</p>	<p>La aplicación de la carta balance incrementara la eficiencia de la mano de obra en la construcción de viviendas en Azángaro al reducir tiempos ociosos y mejorar la asignación de tareas.</p> <p>El análisis de restricciones tendrá un efecto positivo en el rendimiento de la mano de obra, permitiendo identificar y eliminar obstáculos que limitan la productividad durante la construcción de viviendas en Azángaro.</p> <p>El uso del diagrama de flujo contribuirá a una mayor productividad de la mano de obra al proporcionar una secuencia clara de actividades y minimizar el tiempo de inactividad en la construcción de viviendas en Azángaro.</p>	<p><b>Variable Dependiente</b></p> <p>Productividad de la Mano de Obra</p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <p><i>Trabajo productivo. contributivo. no contributivo.</i></p>	<p>Excel y procesamiento de datos.</p>



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



## MEDICIÓN DEL NIVEL DE ACTIVIDAD

**PROYECTO:** APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO  
**SOLICITANTE:** Bach. DAYBI RONY PACORI MAMANI  
**PARTIDA:** CARTA BALANCE EN ENCOFRADOS (ZAPATAS)

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

RESULTADOS:								210
TP	16	10	18	16	11	15	5	91
TC	6	11	12	7	11	9	17	73
TNC	8	9	0	7	8	6	8	46

Porcentajes:	
TRABAJO PRODUCTIVO	43.33%
TRABAJO CONTRIBUTIVO	34.76%
TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	21.90%



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



## MEDICIÓN DEL NIVEL DE ACTIVIDAD

**PROYECTO:** APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO  
**SOLICITANTE:** Bach. DAYBI RONY PACORI MAMANI  
**PARTIDA:** CARTA BALANCE EN ACEROS (ZAPATAS)

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

RESULTADOS:								210
TP	11	11	9	7	13	12	10	73
TC	10	14	8	11	11	15	9	78
TNC	9	5	13	12	6	3	11	59

Porcentajes:	
TRABAJO PRODUCTIVO	34.76%
TRABAJO CONTRIBUTORIO	37.14%
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	28.10%



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



## MEDICIÓN DEL NIVEL DE ACTIVIDAD

**PROYECTO:** APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO

**SOLICITANTE:** Bach. DAYBI RONY PACORI MAMANI

**PARTIDA:** CARTA BALANCE EN CONCRETOS (ZAPATAS)

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

RESULTADOS:								210
TP	8	10	6	11	16	5	7	63
TC	14	15	15	13	6	25	20	108
TNC	8	5	9	6	8	0	3	39

Porcentajes:	
TRABAJO PRODUCTIVO	30.00%
TRABAJO CONTRIBUTORIO	51.43%
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	18.57%



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



## MEDICIÓN DEL NIVEL DE ACTIVIDAD

**PROYECTO:** APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO  
**SOLICITANTE:** Bach. DAYBI RONY PACORI MAMANI  
**PARTIDA:** CARTA BALANCE EN ACEROS (COLUMNAS)

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

RESULTADOS:								210
TP	14	9	5	11	9	10	6	64
TC	13	14	16	12	13	13	19	100
TNC	3	7	9	7	8	7	5	46

Porcentajes:	
TRABAJO PRODUCTIVO	30.48%
TRABAJO CONTRIBUTORIO	47.62%
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	21.90%



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



## MEDICIÓN DEL NIVEL DE ACTIVIDAD

**PROYECTO:** APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO  
**SOLICITANTE:** Bach. DAYBI RONY PACORI MAMANI  
**PARTIDA:** CARTA BALANCE EN ENCOFRADOS (COLUMNAS)

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

RESULTADOS:								210
TP	17	13	5	13	16	14	12	90
TC	4	9	16	7	7	8	13	64
TNC	9	8	9	10	7	8	5	56

Porcentajes:	
TRABAJO PRODUCTIVO	42.86%
TRABAJO CONTRIBUTORIO	30.48%
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	26.67%



**UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



### MEDICIÓN DEL NIVEL DE ACTIVIDAD

**PROYECTO:** APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO

**SOLICITANTE:** Bach. DAYBI RONY PACORI MAMANI

**PARTIDA:** CARTA BALANCE EN CONCRETOS (COLUMNAS)

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

<b>RESULTADOS:</b>								<b>210</b>
TP	8	6	5	8	10	8	9	54
TC	16	15	16	12	14	14	13	100
TNC	6	9	9	10	6	8	8	56

Porcentajes:	
TRABAJO PRODUCTIVO	25.71%
TRABAJO CONTRIBUTORIO	47.62%
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	26.67%



### MEDICIÓN DEL NIVEL DE ACTIVIDAD

**PROYECTO:**

APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO

**SOLICITANTE:**

Bach. DAYBI RONY PACORI MAMANI

**PARTIDA:**

CARTA BALANCE EN ENCOFRADOS (VIGAS)

Tiempo (min)	OBRERO							
	1	2	3	4	5	6	7	
1	17	1	11	14	2	3	1	
2	17	1	11	14	2	3	1	
3	21	1	11	14	2	3	1	
4	11	1	11	14	2	3	11	
5	11	13	2	14	2	3	11	
6	11	13	2	17	2	13	23	
7	3	13	2	17	2	13	23	
8	3	13	2	17	2	13	12	
9	3	2	14	17	2	22	12	
10	3	2	14	16	2	22	12	
11	1	2	14	16	23	22	3	
12	1	2	14	16	23	22	3	
13	1	3	14	16	23	12	3	
14	1	15	18	16	2	12	3	
15	15	15	18	15	2	12	12	
16	15	15	18	15	2	11	12	
17	15	15	15	15	2	11	12	
18	24	15	15	15	2	11	24	
19	24	15	15	15	2	11	24	
20	24	17	12	16	2	3	24	
21	14	17	12	16	2	3	18	
22	14	17	12	24	21	17	18	
23	14	21	23	24	21	17	18	
24	11	21	23	22	21	17	12	
25	11	21	23	22	21	3	12	
26	21	2	23	21	21	3	14	
27	22	2	2	21	21	3	14	
28	23	23	2	2	11	12	11	
29	24	13	2	2	11	12	11	
30	23	23	2	2	11	12	11	
<b>RESULTADOS:</b>								<b>210</b>
<b>TP</b>	8	11	8	3	18	10	7	<b>65</b>
<b>TC</b>	13	14	18	21	3	16	18	<b>103</b>
<b>TNC</b>	9	5	4	6	9	4	5	<b>42</b>

Porcentajes:	
TRABAJO PRODUCTIVO	30.95%
TRABAJO CONTRIBUTORIO	49.05%
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	20.00%



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



### MEDICIÓN DEL NIVEL DE ACTIVIDAD

**PROYECTO:** APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO

**SOLICITANTE:** Bach. DAYBI RONY PACORI MAMANI

**PARTIDA:** CARTA BALANCE EN ACEROS (VIGAS)

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

RESULTADOS:								210
TP	9	3	8	8	12	13	8	61
TC	19	20	18	14	11	13	18	113
TNC	2	7	4	8	7	4	4	36

Porcentajes:	
TRABAJO PRODUCTIVO	29.05%
TRABAJO CONTRIBUTORIO	53.81%
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	17.14%



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



## MEDICIÓN DEL NIVEL DE ACTIVIDAD

**PROYECTO:** APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO  
**SOLICITANTE:** Bach. DAYBI RONY PACORI MAMANI  
**PARTIDA:** CARTA BALANCE EN CONCRETOS (VIGAS)

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

<b>RESULTADOS:</b>								<b>210</b>
<b>TP</b>	15	11	14	12	12	17	14	<b>95</b>
<b>TC</b>	10	17	13	14	15	11	14	<b>94</b>
<b>TNC</b>	5	2	3	4	3	2	2	<b>21</b>

Porcentajes:	
<b>TRABAJO PRODUCTIVO</b>	<b>45.24%</b>
<b>TRABAJO CONTRIBUTORIO</b>	<b>44.76%</b>
<b>TRABAJO NO CONTRIBUTORIO</b>	<b>10.00%</b>



## MEDICIÓN DEL NIVEL DE ACTIVIDAD

**PROYECTO:**

APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO

**SOLICITANTE:**

Bach. DAYBI RONY PACORI MAMANI

**PARTIDA:**

CARTA BALANCE EN ENCOFRADOS (LOSAS ALIGERADAS)

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

**RESULTADOS:**

210

<b>TP</b>	14	13	6	12	15	16	15	<b>91</b>
<b>TC</b>	13	14	21	10	15	11	9	<b>93</b>
<b>TNC</b>	3	3	3	8	0	3	6	<b>26</b>

Porcentajes:

<b>TRABAJO PRODUCTIVO</b>	43.33%
<b>TRABAJO CONTRIBUTORIO</b>	44.29%
<b>TRABAJO NO CONTRIBUTORIO</b>	12.38%



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



## MEDICIÓN DEL NIVEL DE ACTIVIDAD

**PROYECTO:** APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE AZÁNGARO  
**SOLICITANTE:** Bach. DAYBI RONY PACORI MAMANI  
**PARTIDA:** CARTA BALANCE EN CONCRETOS (LOSAS ALIGERADAS)

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

<b>RESULTADOS:</b>								<b>210</b>
TP	9	11	13	13	12	20	9	87
TC	13	19	15	13	14	8	14	96
TNC	8	0	2	4	4	2	7	27

Porcentajes:	
TRABAJO PRODUCTIVO	41.43%
TRABAJO CONTRIBUTORIO	45.71%
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	12.86%



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 12-11-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: DAYBI RONY PACORI MAMANI

Dirección: AV. LAMPA A-16 SANTA ADRIANA

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70183555

Teléfono: 920 193 836 email: vellarpasi@gmail.com

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Asesor: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL MEJORAMIENTO

DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN

DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE AZANGARO

Palabras claves, (3 a 5 términos): FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION, MANO DE OBRA, CARTA BALANCE

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1,2</sup>?

1

\_\_\_\_\_

<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  Título  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

12-11-2024

Fecha