

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



### **UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

### **PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

#### **TESIS:**

#### **MODELO DE GESTIÓN BAJO LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION PARA LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE INSTITUCIONES EDUCATIVAS - CASO BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, CAJAMARCA**

Para optar el Grado Académico de

#### **MAESTRO EN CIENCIAS**

#### **MENCIÓN: INGENIERIA Y GERENCIA EN LA CONSTRUCCION**

Presentado por:

**SEGUNDO ALCARTI CHUPILLÓN CARRIÓN**

Asesora:

**M.Cs. PERLITA ROSMERY ESAINE BARRANTES**

Cajamarca, Perú

2025



## **CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD**

1. Investigador:  
Segundo Alcarti Chupillón Carrión  
DNI: 719973718  
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería. Programa de Maestría en Ciencias, Mención: Ingeniería y Gerencia de la Construcción
2. Asesora: M.Cs. Perlita Rosmery Esaine Barrantes
3. Grado académico o título profesional  
 Bachiller       Título profesional       Segunda especialidad  
 Maestro       Doctor
4. Tipo de Investigación:  
 Tesis       Trabajo de investigación       Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:  
Modelo de gestión bajo la filosofía lean construction para la productividad en la construcción de Instituciones Educativas – Caso Biblioteca de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, Cajamarca
6. Fecha de evaluación: **22/12/2024**
7. Software antiplagio:       TURNITIN       URKUND (OURIGINAL) (\*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: **18%**
9. Código Documento: **3117:542772200**
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:  
 APROBADO       PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: **23/12/2025**

*Firma y/o Sello*  
*Emisor Constancia*

M.Cs. Perlita Rosmery Esaine Barrantes  
DNI: 226730942

\* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT © 2025 by  
**SEGUNDO ALCARTI CHUPILLÓN CARRIÓN**  
Todos los derechos reservados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DEL CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2016-SEN/EDU/CD  
ESCUELA DE POSGRADO  
CAJAMARCA - PERU  
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 10:00 horas, del dia 23 de Octubre de dos mil veinticinco, reunidos en el **Centro de Idiomas de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Jurado Evaluador presidido por el **DR. JAIME OCTAVIO AMORÓS DELGADO**, **M. EN T. HÉCTOR HUGO MIRANDA TEJADA**, **M. CS. JUAN FRANCISCO URTEAGA BECERRA** y en calidad de Asesora la **M. CS. PERLITA ROSMERY ESAINE BARRANTES**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestrías y Doctorados de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la Sustentación de la TESIS titulada: **"MODELO DE GESTIÓN BAJO LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION PARA LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE INSTITUCIONES EDUCATIVAS - CASO BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, CAJAMARCA"**, presentada por el bachiller en Ingeniería Civil Ambiental **SEGUNDO ALCARTI CHUPILLÓN CARRIÓN**.

Realizada la exposición de la TESIS y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó APROBACIÓN con la calificación de 17 (Satisfecho) la mencionada TESIS; en tal virtud, el bachiller en Ingeniería Civil Ambiental, **SEGUNDO ALCARTI CHUPILLÓN CARRIÓN**, se encuentra apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de **INGENIERÍA**, con mención en **INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Siendo las 11:00 horas del mismo dia, se dio por concluido el acto.

.....  
**M. Cs. Perlita Rosmery Esaine Barrantes**  
Asesora

.....  
**Dr. Jaime Octavio Amorós Delgado**  
Jurado Evaluador

.....  
**M. en T. Héctor Hugo Miranda Tejada**  
Jurado Evaluador

.....  
**M. Cs. Juan Francisco Urteaga Becerra**  
Jurado Evaluador

A:

Dios por guiar cada paso y escucharme en todo momento

Mis madres Elizabeth Carrión e Ines Alarcón, por el apoyo y amor que me brindaron  
en cada meta que pude fijarme

Mi hijo Gerald Leónidas Chupillón por la infinita motivación

Mi colega y gran amigo Ing. Ricardo Arriola por hacer posible que la gestión planteada  
pueda llevarse a cabo

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a mis madres Elizabeth Carrión Alarcón e Ines Alarcón Pérez por animarme a continuar y poder culminar la presente tesis.

A la empresa CALOF CONSTRUCCIONES SRL y PRODIMA INGENIEROS por apoyar y avalar mi modelo de gestión de mejora de la productividad en la construcción.

Por sobre todo gracias a Dios.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vi
ÍNDICE GENERAL .....	vii
ÍNDICE O LISTA DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE O LISTA DE FIGURAS .....	x
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS .....	xi
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
<b>CAPITULO I. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1. Planteamiento del problema .....	1
1.1.1. Contextualización .....	1
1.1.2. Descripción del problema .....	7
1.1.3. Formulación del problema .....	9
1.2. Justificación e importancia .....	10
1.3. Delimitación de la investigación .....	12
1.3.1. Temporal .....	12
1.3.2. Espacial .....	12
1.3.3. Técnica .....	12
1.4. Objetivos .....	13
1.4.1. Objetivo general .....	13
1.4.2. Objetivos específicos .....	14
<b>CAPITULO II. MARCO TEÓRICO</b>	
2.1. Antecedentes de la investigación o marco referencial .....	15
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	15
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	17
2.2. Marco legal .....	21
2.3. Marco conceptual .....	22
2.3.1. Modelo de gestión .....	22
2.3.2. Filosofía Lean Construction .....	28
2.3.3. Metodología Last Planner System .....	34
2.3.4. Carta Balance como Herramienta Lean .....	41
2.3.5. Productividad en la construcción de edificaciones educativas .....	46
2.4. Definición de términos básicos .....	52

<b>CAPITULO III. PLANTEAMIENTO DE LA (S) HIPÓTESIS Y VARIABLES</b>	
3.1. Hipótesis .....	55
3.1.1. Hipótesis general .....	55
3.1.2. Hipótesis específicas .....	55
3.2. Variables .....	55
3.3 Operacionalización /categorización de los componentes de las hipótesis .....	56
<b>CAPITULO IV. MARCO METODOLÓGICO</b>	
4.1. Ubicación geográfica .....	57
4.2. Diseño de la investigación .....	59
4.3. Métodos de investigación .....	72
4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación .....	72
4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información .....	74
4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información .....	77
4.7. Equipos, materiales e insumos .....	77
4.8. Matriz de consistencia metodológica .....	78
<b>CAPITULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
5.1. Presentación de resultados .....	79
5.1.1. Resultados de la planificación colaborativa – Last Planner System .....	79
5.1.2. Resultados de uso de tiempo en el trabajo mediante cartas balance .....	92
5.1.3. Resultados del número de participaciones en reuniones LPS semanales ..	96
5.1.5. Resultados del análisis de productividad de mano de obra (PL) .....	99
5.1.6. Cálculo de índices de desempeño del proyecto con valor ganado .....	107
5.2. Discusión de resultados .....	112
5.2.1. De la planificación colaborativa (LPS) .....	112
5.2.2. Del uso de tiempo en el trabajo .....	113
5.2.3. De la participación en reuniones LPS semanales .....	114
5.2.4. Del análisis de productividad de mano de obra .....	115
5.2.5. De los índices de desempeño del proyecto con valor ganado .....	116
5.3. Contrastación de hipótesis .....	118
5.3.1. Contrastación de hipótesis general .....	118
5.3.2. Contrastación de hipótesis específicas .....	119
CONCLUSIONES .....	121
RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS .....	123
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	125
ANEXOS .....	138

## ÍNDICE O LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Fases de integración del Last Planner System.....	37
Tabla 2 Beneficios de aplicar JIT con Lean + LPS en obra .....	40
Tabla 3 Principales ratios de productividad en la construcción.....	48
Tabla 4 Operacionalización de los componentes de la hipótesis.....	56
Tabla 5 Metrados de muros de contención .....	61
Tabla 6 Metrados de zapatas y vigas de cimentación .....	61
Tabla 7 Metrado de habilitación y colocación de acero corrugado $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ en placas .....	62
Tabla 8 Metrado de encofrado y desencofrado de placas .....	63
Tabla 9 Metrado de llenado de concreto premezclado $f'_c 210 \text{ kg/cm}^2$ en placas .....	63
Tabla 10 Metrado de habilitación y colocación de acero corrugado $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ en columnas .....	63
Tabla 11 Metrado de encofrado y desencofrado de columnas .....	63
Tabla 12 Metrado de llenado de concreto premezclado $f'_c 210 \text{ kg/cm}^2$ en columnas ..	64
Tabla 13 Metrado de habilitación y colocación de acero corrugado $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ en vigas .....	64
Tabla 14 Metrado de encofrados y desencofrado lateral de vigas.....	64
Tabla 15 Metrado de encofrados y desencofrado de fondos de vigas.....	64
Tabla 16 Metrado de llenado de concreto premezclado $f'_c 210 \text{ kg/cm}^2$ en vigas .....	65
Tabla 17 Metrado de habilitación y colocación de acero corrugado $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ en losa aligerada .....	65
Tabla 18 Metrado de encofrados y desencofrado de losa aligerada .....	65
Tabla 19 Metrado de colocación de ladrillo hueco 15x30x30cm.....	65
Tabla 20 Metrado de concreto premezclado $f'_c 210 \text{ kg/cm}^2$ en losa aligerada.....	66
Tabla 21 Metrado de habilitación y colocación de acero corrugado $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ en losa maciza.....	66
Tabla 22 Metrado de encofrados y desencofrado de losa maciza.....	66
Tabla 23 Metrado de concreto premezclado $f'_c 210 \text{ kg/cm}^2$ en losa maciza .....	66
Tabla 24 Metrado de habilitación y colocación de acero corrugado en escaleras .....	67
Tabla 25 Metrado de encofrados y desencofrado de escaleras .....	67
Tabla 26 Metrado de llenado de concreto premezclado $f'_c 210 \text{ kg/cm}^2$ en escaleras ..	67
Tabla 27 Metrado de componentes estructurales de la cisterna .....	68
Tabla 28 Metrado de confección e instalación de tijerales metálicos con tubos LAC ..	68
Tabla 29 Metrado de confección e instalación de arriostres metálicos con tubos LAC	68
Tabla 30 Metrado de suministro e instalación de correas metálicas con tubos LAC....	68
Tabla 31 Equipos, materiales y servicios empleados en el presente estudio .....	77
Tabla 32 Matriz de consistencia metodológica.....	78
Tabla 33 Resultados de porcentaje del plan completado .....	81
Tabla 34 Análisis de causas de incumplimiento acumulado.....	83
Tabla 35 Análisis de restricciones .....	87
Tabla 36 Uso de tiempos en el trabajo antes de implementar mejoras Lean.....	92
Tabla 37 Uso de tiempos en el trabajo después de implementar mejoras Lean.....	94
Tabla 38 Participaciones en reuniones LPS semanales.....	98
Tabla 39 Ratios de productividad de mano de obra IP Meta vs IP Real .....	100
Tabla 40 Cálculo de índice de productividad de mano de obra total .....	105
Tabla 41 Costos reales de la especialidad de estructuras del proyecto .....	108
Tabla 42 Valor ganado de la especialidad de estructuras del proyecto .....	109
Tabla 43 Valor planificado de la especialidad de estructuras del proyecto .....	109
Tabla 44 Índices de desempeño del proyecto con valor ganado .....	110

## ÍNDICE O LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Factores que intervienen en la gestión de proyectos en la construcción .....	23
Figura 2 Enfoque tradicional de la gestión de costos vs costo objetivo Lean .....	31
Figura 3 Estimación de tiempos de ejecución, aplicación de métodos y técnicas modernas de gestión de la producción.....	34
Figura 4 Etapas de gestión de la herramienta Last Planner System .....	36
Figura 5 Problemas concurrentes en la aplicación de modelos de gestión basados en el enfoque Lean.....	41
Figura 6 Ubicación geográfica de la investigación .....	57
Figura 7 Sectorización .....	60
Figura 8 Duración de la actividad "Armado de acero en zapatas y vigas de cimentación" del módulo 01, según programación maestra .....	69
Figura 9 Análisis de precios unitario de la partida 03.03.04.03 Placas: acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2 .....	70
Figura 10 Histograma de frecuencia del Porcentaje de Plan Cumplimiento Acumulado desde la subestructura hasta la superestructura de la biblioteca de la UNACH.....	82
Figura 11 Gráfico de Análisis de Incumplimiento Acumulado desde la subestructura hasta la superestructura de la biblioteca central de la UNACH .....	84
Figura 12 Valor Planificado vs Valor Ganado vs Costo Real del proyecto.....	110

## **LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS USADAS**

LPS: Last Planner System

PM: Plan Maestro

LAP: Look Ahead Planning

PPC: Porcentaje de Plan Cumplimiento

TP: Trabajo productivo

TC: Trabajo contributorio

TNC: Trabajo no contributorio

AC: Costo Real o Actual

EV: Valor Ganado

PV: Valor Planificado

CPI: Índice de desempeño de costos

SPI: Índice de desempeño de cronograma

## RESUMEN

La presente tesis desarrolla un modelo de gestión basado en la filosofía Lean Construction, con el objetivo de mejorar la productividad en la construcción de instituciones educativas, tomando como caso de estudio la construcción de la biblioteca de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, en Cajamarca. Para alcanzar este objetivo, se implementó el sistema de planificación colaborativa Last Planner System (LPS) y otras herramientas Lean, orientadas a optimizar el uso de la mano de obra, reducir tiempos improductivos y fortalecer la coordinación entre los actores del proyecto. La metodología combinó el análisis del valor ganado con la medición de indicadores clave como el Índice de Desempeño de Costos (CPI) y el Índice de Desempeño de Plazo (SPI), además del seguimiento detallado de costos, cronograma y niveles de productividad. Las mediciones iniciales mediante cartas balance reflejaron un Trabajo Productivo (TP) del 33 %, Trabajo Contributivo (TC) del 37 % y Trabajo No Contributivo (TNC) del 30 %. Luego de aplicar el modelo Lean, se alcanzaron valores de TP = 42 %, TC = 35 % y TNC = 23 %, evidenciando un incremento del trabajo productivo en 9 % y una disminución del trabajo no contributivo en 7 %. Asimismo, se obtuvo un índice global de productividad laboral de 1.30, con más de 11,000 horas-hombre ganadas, y una variación de costo acumulada favorable de S/ 621,750.54, manteniéndose el CPI siempre por encima de 1. Se concluye que la aplicación de Lean Construction mejora significativamente la productividad y eficiencia operativa, siendo una estrategia replicable en proyectos similares del sector educativo.

**Palabras clave:** Lean Construction, productividad, Last Planner System, TP, TC, TNC, valor ganado.

## ABSTRACT

This thesis develops a management model based on the Lean Construction philosophy, aimed at improving productivity in the construction of educational facilities, using the construction of the library at the National Autonomous University of Chota (UNACH), in Cajamarca, as a case study. To achieve this objective, the collaborative planning system Last Planner System (LPS) was implemented, along with other Lean tools, in order to optimize labor performance, reduce unproductive time, and enhance coordination among project stakeholders. The methodology combined Earned Value Analysis with the measurement of key performance indicators such as the Cost Performance Index (CPI) and the Schedule Performance Index (SPI), in addition to detailed monitoring of costs, scheduling, and labor productivity. Initial measurements using balance charts indicated Productive Work (TP) at 33%, Contributory Work (TC) at 37%, and Non-Contributory Work (TNC) at 30%. After implementing the Lean model, results improved to TP = 42%, TC = 35%, and TNC = 23%, reflecting a 9% increase in productive work and a 7% reduction in non-contributory work. Furthermore, a global labor productivity index of 1.30 was achieved, with over 11,000 man-hours saved, and a favorable cumulative cost variance of S/ 621,750.54, with the CPI consistently above 1. The study concludes that the application of Lean Construction significantly enhances productivity and operational efficiency, offering a replicable management approach for similar projects in the educational infrastructure sector.

**Keywords:** Lean Construction, productivity, Last Planner System, PW, CW, NCW, earned value.

## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

#### 1.1. Planteamiento del problema

##### 1.1.1. Contextualización

###### Contextualización Internacional

En los últimos años, múltiples países han reportado progresos significativos en la adopción del enfoque Lean en sus proyectos constructivos. Por ejemplo, en Canadá y Estados Unidos, la filosofía Lean Construction ha sido integrada en grandes proyectos institucionales y públicos, incluyendo hospitales, aeropuertos y centros educativos. Investigaciones recientes destacan que, al aplicar sistemas como el Last Planner System (LPS) y herramientas de planificación visual, se ha logrado aumentar la fiabilidad en la programación de actividades y reducir los ciclos de retrabajo (Hohmann et al., 2024).

En Australia, investigaciones en proyectos de infraestructura universitaria han mostrado que la integración de Lean Construction desde la etapa de diseño permite anticipar conflictos y reducir la incertidumbre constructiva, especialmente en proyectos con alta variabilidad como los espacios educativos. Asimismo, países europeos como Alemania, Noruega y el Reino Unido han promovido políticas para incorporar prácticas Lean en licitaciones públicas. En el Reino Unido, el programa Transforming Infrastructure Performance del gobierno ha recomendado explícitamente la adopción de Lean Construction para proyectos estatales, al considerar que esta filosofía contribuye a una construcción más eficiente y sostenible (HM Government, 2023). Además, estudios recientes indican que los principales beneficios de Lean Construction incluyen la mejora de la productividad, la

disminución de los tiempos de ejecución y la optimización en el uso de materiales y recursos humanos (Silva et al., 2024).

Del mismo modo, en América Latina, se observa una creciente tendencia hacia la implementación de Lean Construction en contextos públicos y privados. Chile, México y Brasil han desarrollado guías nacionales para fomentar esta filosofía en sus industrias. En Chile, por ejemplo, la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) junto con empresas constructoras han creado programas de formación y acompañamiento para la adopción de herramientas Lean en proyectos de edificación educativa (CDT, 2023).

Cabe indicar que, a pesar de los avances, la aplicación de Lean Construction enfrenta obstáculos que varían según el contexto. Entre los principales retos destacan la resistencia al cambio por parte del personal operativo, la falta de formación específica, y la ausencia de una cultura organizacional orientada a la mejora continua (Yazdani et al., 2025). En economías emergentes, estas barreras suelen ser más pronunciadas, aunque pueden superarse mediante estrategias de capacitación y liderazgo efectivo. Es por ello, se requiere de mayor resiliencia en la filosofía Lean y poder aplicarla en el mundo de la construcción y en el sector empresarial, para así mitigar las pérdidas, y lograr un balance entre eficacia y eficiencia (Villar y Álvarez, 2022).

Por otro lado, pese a la poca práctica y uso de herramientas bajo la filosofía Lean, la tendencia internacional apunta a una consolidación del enfoque Lean como modelo de gestión integral en proyectos de edificación pública, especialmente cuando se combina con tecnologías emergentes como la gestión visual, plataformas colaborativas digitales y herramientas

de monitoreo en tiempo real. A nivel académico y profesional, se están desarrollando marcos normativos para incorporar Lean Construction como estándar en la planificación y ejecución de obras públicas, incluyendo infraestructura educativa (Torres & Delgado, 2024).

Este panorama global reafirma la vigencia y pertinencia de aplicar un modelo de gestión basado en Lean Construction para mejorar la productividad en la construcción de instituciones educativas, como es el caso de la biblioteca de la Universidad Nacional Autónoma de Chota.

### **Contextualización Nacional**

En el contexto peruano, la adopción de la filosofía Lean Construction ha ido ganando terreno en los últimos años como respuesta a los problemas tradicionales del sector construcción, entre los que destacan la baja productividad, los retrasos en los plazos de ejecución, el sobrecosto de obras y el elevado nivel de desperdicio de materiales. Estas ineficiencias, comunes tanto en el sector público como en el privado, han motivado la exploración de metodologías que permitan una gestión más eficiente, entre las que destaca el enfoque Lean (Instituto Lean Construction Perú, s. f.).

A nivel institucional, el Lean Construction Institute Perú (LCI Perú) ha desempeñado un papel fundamental en la difusión y capacitación sobre esta filosofía en el país. Mediante congresos, seminarios y programas de formación, esta organización ha contribuido a la consolidación de una cultura orientada a la mejora continua en la industria de la construcción. El Congreso Internacional Lean Construction Perú, realizado en 2023, reunió experiencias aplicadas en obras públicas y privadas, destacando especialmente proyectos de infraestructura educativa, donde se reportaron mejoras sustantivas en eficiencia y cumplimiento de plazos (LCI Perú, 2023).

Diversos estudios aplicados en regiones del país han evidenciado el impacto positivo de la implementación de herramientas Lean en proyectos educativos. En la región de Arequipa, por ejemplo, se logró reducir en 17 días el tiempo de ejecución de una obra educativa, además de un ahorro económico de aproximadamente el 5.8 % del presupuesto total, gracias a la aplicación de herramientas como el Lookahead Plan, el Percent Plan Complete (PPC) y la cadena de actividades (Orihuela Núñez, 2023). Por su parte, en Pucallpa, la aplicación del enfoque Lean permitió elevar el tiempo productivo de 41.25 % a 77.5 %, al tiempo que se redujo significativamente el tiempo no contributivo en la obra (Rabanal Westreycher, 2024).

Asimismo, en la provincia de Cañete, un proyecto de modernización de una institución educativa mostró una mejora del 20 % en el rendimiento de la obra al combinar herramientas de Lean Construction con sistemas de control de calidad (Huapaya Escudero & Torres Pérez, 2021). En Chiclayo, el uso de la filosofía Lean junto con los procesos del PMBOK permitió optimizar la planificación y ejecución de un proyecto escolar, generando impactos positivos en costos y plazos (Masquez Rodríguez, 2023).

Un enfoque particularmente relevante es la integración de Lean Construction con Building Information Modeling (BIM). En un estudio realizado en la región Cusco, se demostró que la aplicación conjunta de estas metodologías permitió reducir el plazo de ejecución en 17 días y generar un ahorro directo superior a los S/ 32 000. Este caso confirma la potencialidad de combinar enfoques colaborativos y tecnológicos para mejorar la productividad en infraestructura educativa (Salazar Flores & Torres Achahuanc, 2025).

Finalmente, en el ámbito académico y profesional, diversas instituciones de formación continua han incorporado programas especializados en Lean Construction, como la Escuela Americana de Innovación (s. f.) y la plataforma Ideas Campus (2023), lo cual evidencia una creciente demanda de profesionales capacitados en metodologías orientadas a la eficiencia y la mejora continua.

En conjunto, estos desarrollos posicionan a Lean Construction como una metodología cada vez más relevante en la gestión de proyectos en el Perú, especialmente en el sector educativo, donde la necesidad de eficiencia, control presupuestal y cumplimiento de plazos es crítica para el desarrollo regional.

### **Contextualización Local**

En la provincia de Chota, departamento de Cajamarca, emergen iniciativas sobresalientes en la aplicación de la filosofía Lean Construction, especialmente en sectores comunitarios de infraestructura, que ofrecen valiosas lecciones para la formulación de un modelo de gestión orientado a la productividad. Una investigación destaca la implementación de Lean Construction en proyectos de saneamiento básico en cuatro caseríos del distrito de Llama, Chota. La intervención incluyó herramientas estructuradas de planificación, ejecución y control durante un periodo de diez semanas. Los resultados fueron significativos: se logró un ahorro en mano de obra del 10.28 %, un incremento del 20 % en tiempos productivos y un avance del 9.66 % respecto al cronograma inicial, demostrando cómo la mejora continua optimiza procesos constructivos incluso en contextos rurales dispersos (Sandoval, A. y Valdez, M., 2020).

Complementariamente, aunque en la provincia de Hualgayoc, también dentro del ámbito regional de Cajamarca, se reporta una investigación similar en proyectos de agua potable. Allí, se constató un aumento en productividad que varió entre 8 % y 26 % tras aplicar instrumentos Lean, lo cual evidencia la versatilidad de esta metodología en entornos con características geográficas y operativas semejantes (Meza, A. y Palacios, Q., 2023).

Estos casos locales reflejan que Lean Construction no solo es aplicable, sino además eficaz, en realidades con limitaciones logísticas, dispersión geográfica y recursos limitados como los del entorno rural chotano. La mejora en plazos, eficiencia laboral y control presupuestal hace visible el potencial transformador de la filosofía Lean en la región.

En ese mismo contexto, la presente investigación comprendió de 7 meses de plazo de ejecución de las partidas que comprenden de la especialidad estructuras de la biblioteca de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, mismo que sirvió de tiempo objeto de medición para el monitoreo continuo de los trabajos programados en el periodo de estudio. La investigación se limitó a la construcción de 4 módulos porticados de 4 niveles como configuración estructural de la edificación, así como, las falencias técnicas que existieron en el expediente técnico contractual, además de factores exógenos a la obra como la época de lluvias que influyeron en las reprogramaciones y monitoreos de avance. Este estudio planteó como discusión, la afirmación de la optimización y/o mejora en términos de tiempo y costos de un proyecto de ejecución mediante un modelo de gestión bajo el enfoque del Lean Construction debido a los diversos casos de incumplimiento de plazo de ejecución y sobrecostos de obra.

### 1.1.2. Descripción del problema

Uno de los problemas que afronta actualmente la región de Cajamarca es el incumplimiento del plazo de ejecución de obras, añadiéndose a esta problemática, irregularidades administrativas y falencias técnicas desde el expediente técnico y la mala planeación de los procesos constructivos, mismos que generan sobrecostos a los montos contractuales. Para sostener esta afirmación, tenemos por principal fuente de esta realidad problemática, el reporte de obras paralizadas en el territorio nacional a diciembre 2022, donde cerca de 386 obras se encontraron paralizadas representando más de 11 mil millones de soles, así también; la región Cajamarca contó con 132 obras en estado de paralización, las cuales representaron un monto de 2 mil millones de soles aproximadamente, y esto debido, a la falta de gestión y control de proyectos, los cuales se ven reflejados, en el incumplimiento del contrato, falta de recursos financieros, sobrecostos, conflictos sociales, entre otros (Contraloría General de la República, 2023).

Ahora bien, esta investigación tiene a la ciudad universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de Chota por ámbito de aplicación, esta se encuentra ubicada en la carretera Chota – Tacabamba, específicamente en Colpamatara. Esta universidad se encuentra en proyecto de expansión con el fin de lograr un campus universitario de calidad cuya infraestructura educativa garantice el confort y sus áreas sean las adecuadas para cada facultad, y esto lo refleja en los últimos proyectos de construcción.

Las obras que fueron ejecutadas en la universidad de Chota, en el año 2022, son: “Mejoramiento y ampliación del servicio eléctrico en los campus universitarios Colpa Matara Y Colpa Huacariz”, “Mejoramiento y ampliación de los servicios de telecomunicaciones y tecnologías de la

información en la Universidad Nacional Autónoma de Chota”, “Mejoramiento del servicio de guardianía, seguridad y vigilancia”, “Creación del servicio de bienestar universitario en la Universidad Nacional Autónoma de Chota”; y, “Creación del servicio de biblioteca central para el desarrollo académico de investigación de los usuarios de la Universidad Nacional Autónoma de Chota”. Los dos últimos proyectos de construcción representan las obras de infraestructura universitaria más importante del campus universitario; sin embargo, por la mala administración y falta de logística, la construcción del servicio de bienestar universitario se paralizó desde el año 2023, encontrándose a la fecha en arbitraje. Cabe indicar que, tomándose como antecedente la problemática de la obra adyacente, es la construcción de la biblioteca donde se aplicó un modelo de gestión bajo la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad.

Ahora bien, la obra de la biblioteca UNACH inició contractualmente el 06 de octubre del 2022, por la Modalidad de Administración Indirecta - Contrata con un monto equivalente a S/ 13,171,991.56 (Trece Millones Ciento Setenta y Un Mil Novecientos Noventa con 56/100), y una duración de 240 días calendarios; sin embargo, como parte de la gestión y según el reglamento de contrataciones del estado, se realizó la revisión exhaustiva del expediente técnico, lo que conllevó a la formulación de un expediente técnico de adicional con deductivo vinculante, agregándose más partidas de la especialidad de estructuras. El reinicio de la misma fue el 15 de agosto del 2023, donde se realizó una planificación maestra de la ejecución de la obra, analizándose en principio las actividades que compusieron cada partida de estructuras, desde el mejoramiento del suelo, muros de contención hasta el casco de toda la edificación.

Asimismo, para lograr un eficiente control de avance de ejecución, así como disminuir las restricciones como empresa constructora de la obra, se elaboró una distribución óptima de los recursos materiales y personal obrero, esto con el fin de mejorar la producción de las actividades programadas, lo que implicó el monitoreo continuo de cada cuadrilla en su respectiva partida, midiéndose el porcentaje de cumplimiento por semana.

Cabe resaltar, que la programación llegó a ser afectada por factores climáticos exógenos a las causas de incumplimiento que acarrea el modelo de gestión de la presente investigación. Por otro lado, también existieron fallas logísticas que trajeron consigo retrasos leves, pero que con estrategias de producción en la reprogramación mensual fueron atendidas a tiempo.

### **1.1.3. Formulación del problema**

#### **Pregunta general:**

- ¿En qué medida, la aplicación de un modelo de gestión basado en la filosofía Lean Construction puede mejorar la productividad en la ejecución de instituciones educativas, tomando como caso de estudio la construcción de la Biblioteca de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, en Cajamarca?

#### **Preguntas específicas:**

- ¿De qué manera las herramientas del Lean Construction afectan el rendimiento de la mano de obra en la construcción de la Biblioteca de la UNACH?

- ¿Qué impacto tiene la planificación colaborativa mediante el Last Planner System en el cumplimiento del cronograma de obra?
- ¿Cómo contribuye la aplicación del modelo Lean Construction a la reducción de desperdicios y tiempos improductivos en el proceso constructivo?
- ¿En qué medida la filosofía Lean Construction mejora la coordinación y comunicación entre los actores del proyecto durante la ejecución de la obra?

## 1.2. Justificación e importancia

Si bien es cierto, la filosofía Lean ha sido ampliamente estudiada y aplicada en países industrializados, su implementación en países en vías de desarrollo aún presenta desafíos significativos debido a factores culturales, institucionales, logísticos y técnicos. En ese sentido, la presente investigación se justifica técnica y prácticamente en la necesidad de mejorar los niveles de productividad en la ejecución de obras públicas, particularmente en el sector educativo, donde los proyectos suelen enfrentar demoras, sobrecostos, deficiencias en la gestión y desaprovechamiento de recursos. Estas problemáticas impactan directamente en la calidad de las infraestructuras entregadas, afectando a su vez el servicio educativo y el desarrollo social de comunidades como la de Chota, Cajamarca.

Técnicamente, la aplicación de la filosofía Lean Construction representa una oportunidad concreta para optimizar los procesos constructivos mediante la reducción de desperdicios, la mejora continua y la planificación colaborativa. Sin embargo, en el contexto nacional, su implementación aún es limitada, especialmente en obras públicas de mediana escala y en regiones alejadas de los grandes centros urbanos. Esta tesis propone un modelo de gestión adaptado a

dichas condiciones, que permita operacionalizar principios Lean de forma eficiente y contextualizada.

Desde el punto de vista práctico, el estudio se basa en el análisis del proceso constructivo de la Biblioteca de la Universidad Nacional Autónoma de Chota como caso representativo, identificando cuellos de botella, ineficiencias y oportunidades de mejora. A partir de ello, se plantea un modelo replicable que busca mejorar la productividad en términos de tiempos y costos, sin requerir grandes inversiones adicionales, sino a través de una mejor gestión de los recursos existentes y del capital humano.

Asimismo, se espera que los resultados de esta investigación sirvan como guía para profesionales del sector construcción, gestores de proyectos y entidades públicas responsables de ejecutar infraestructura educativa, brindándoles herramientas técnicas para una toma de decisiones más eficiente, sustentada en evidencias y buenas prácticas de gestión.

En suma, la investigación tiene una justificación técnica al adaptar herramientas Lean a un entorno específico y una justificación práctica al buscar soluciones aplicables, medibles y replicables en obras similares del sector educativo a nivel regional y nacional.

En ese sentido, la tesis no solo tiene un enfoque aplicado, sino que también se sustenta en un proceso riguroso de construcción del conocimiento, con el objetivo de aportar al campo profesional de la ingeniería civil y la gestión de proyectos de construcción.

### **1.3. Delimitación de la investigación**

#### **1.3.1. Temporal**

La presente investigación se delimita temporalmente al periodo comprendido entre el 15 de agosto de 2023, fecha en que se reinició la construcción de la Biblioteca Central de la Universidad Nacional Autónoma de Chota (UNACH), y su culminación durante el año 2024. Este intervalo permite analizar de manera integral las fases clave del proyecto, desde su planificación operativa, ejecución y cierre, con el fin de evaluar el impacto de la gestión sobre la productividad bajo los lineamientos de la filosofía Lean Construction. El estudio considera también actividades previas y posteriores estrictamente relacionadas con el control de avances, recopilación de datos y análisis de resultados.

#### **1.3.2. Espacial**

Tiene por limitación espacial las construcciones educativas de la provincia de Chota, departamento de Cajamarca, específicamente la construcción de la Biblioteca UNACH ubicada en la localidad de Colpamatara.

#### **1.3.3. Técnica**

La presente investigación se delimita técnicamente al estudio y aplicación de un modelo de gestión basado en la filosofía Lean Construction, enfocado exclusivamente en la especialidad de estructuras dentro del proyecto de construcción de la Biblioteca Central de la Universidad Nacional Autónoma de Chota (UNACH), en Cajamarca, el cual se trata de un sistema porticado. El alcance técnico comprende únicamente los procesos constructivos vinculados a la ejecución estructural de la edificación.

La investigación no aborda otras especialidades de la obra, como arquitectura, instalaciones eléctricas, sanitarias, acabados u otras fases complementarias, salvo que estas incidan directamente sobre los procesos estructurales o en la gestión de los mismos.

Asimismo, el estudio se centra en la aplicación de herramientas Lean como el Last Planner System, gestión del flujo de trabajo, reducción de desperdicios, y mejora continua, adaptadas a los procesos constructivos de estructuras, adicionalmente de la técnica del valor ganado. No se incluyen metodologías de gestión tradicional que no estén alineadas con el enfoque Lean, ni se desarrollan análisis técnicos detallados de diseño estructural, cálculo de cargas o dimensionamiento de elementos.

La aplicación de la filosofía Lean Construction busca mejorar la productividad en los procesos estructurales durante la etapa de ejecución de obra, siendo evaluado mediante indicadores de avance, cumplimiento de plazos, uso eficiente de recursos y coordinación entre actores involucrados en esta especialidad.

## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. Objetivo general

- Determinar la mejora de la productividad con un modelo de gestión bajo la filosofía Lean Construction, en la ejecución de instituciones educativas, tomando como caso de estudio la construcción de la biblioteca de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, Cajamarca.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Evaluar el efecto de las herramientas Lean Construction sobre el rendimiento de la mano de obra durante la ejecución del proyecto.
- Analizar el impacto del sistema de planificación colaborativa (Last Planner System) en el cumplimiento del cronograma de obra.
- Identificar y medir la reducción de desperdicios y tiempos improductivos a partir de la implementación del modelo Lean Construction.
- Determinar cómo influye la gestión Lean en la mejora de la coordinación y comunicación entre los involucrados en el proyecto constructivo.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación o marco referencial

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Dentro del presente marco internacional tenemos como antecedentes a la investigación “Assessment of the application of Lean Construction in building projects in Bushenyi District, Uganda”, publicada en Cogent Engineering (2024), estudio que evaluó la aplicación de principios Lean en proyectos constructivos en Uganda. El estudio reveló que la filosofía Lean tiene alto potencial para mejorar la productividad en entornos con limitaciones de recursos y planificación deficiente. El contexto africano presenta similitudes con zonas rurales del Perú, como Cajamarca, por lo que los hallazgos ofrecen valiosas referencias para el diseño de modelos adaptados.

“Lean Construction 4.0: A comprehensive review and future research directions”, publicado en Buildings (2023), es otro trabajo de marco referencial a nivel internacional, donde los autores desarrollan una revisión sistemática sobre la sinergia entre Lean Construction, BIM y tecnologías emergentes (como IoT, Inteligencia Artificial, Digital Twins y Realidad Aumentada). Aunque reconocen avances, concluyen que la integración aún es limitada, señalando la necesidad de marcos de implementación más sólidos. Este antecedente refuerza la pertinencia de aplicar Lean en contextos con bajo nivel de digitalización, como el caso de Chota.

Del mismo modo, tenemos el artículo de revisión “Sustainability and construction: A review of Lean and industrialised building methods”, publicado en la revista Sustainability (2021), realizado por investigadores españoles donde analiza cómo la implementación conjunta de Lean Construction y métodos de construcción industrializada contribuye a la reducción de tiempos, costos, consumo de materiales

y generación de residuos. El estudio destaca la capacidad de estas metodologías para mejorar la sostenibilidad y productividad, incluso en proyectos educativos y públicos, lo cual tiene aplicación directa al contexto de la obra en estudio.

“Implementación Last Planner System (LPS) en el proyecto Urban Salitre Zúrich E2, construido por Ménsula Ingenieros S. A”, cuyo investigador tuvo por finalidad, implementar el Sistema Last Planner como herramienta de programación para proyectos futuros de la constructora Ménsula, partiendo de su aplicación en infraestructura de ductilidad limitada. El autor estableció buenas prácticas como producto de las lecciones aprendidas por la herramienta en cada tren de actividades durante 8 meses de aplicación, reconociendo a la metodología LPS como una excelente herramienta del enfoque Lean Construction, el cual propone la formulación de un modelo sistemático para los procesos de las obras públicas de construcción civil, tomando en cuenta los problemas que conllevan al retraso de obras, la administración de la gestión de control de proyectos, el control de calidad de los mismos, y por último las buenas prácticas y términos. El investigador realizó una medición concurrente del porcentaje de actividades cumplidas con sus respectivos indicadores de productividad, tales indicadores de productividad resultaban en un 85% en promedio respecto a la ejecución de partidas entre la semana 12 y 28, siendo la ratio del 68.5% en la primera semana, obteniéndose una mejora del 28.47% (Carrillo, 2022).

Asimismo, tenemos el estudio “Improving productivity of steel reinforcement works using Lean Construction and discrete event simulation”, publicado en la revista International Journal of Productivity and Performance Management (2019), el cual aplicó herramientas Lean combinadas con simulación de eventos discretos en el proceso de armado de refuerzos de acero. Los resultados demostraron mejoras del 41% en la productividad, 14% en eficiencia y una reducción del 17% en los tiempos de ciclo, evidenciando la efectividad de Lean Construction en procesos

estructurales específicos. Esta investigación es particularmente relevante para el presente estudio, dado su enfoque en la especialidad de estructuras.

“Lean Construction Implementation: An Exploratory Study of the Moroccan Construction Industry”, artículo científico que desarrolla un modelo de implementación Lean para la industria de la construcción en Marruecos, validado mediante análisis factorial confirmatorio y modelado de ecuaciones estructurales. El estudio identificó seis principios clave: participación del personal, eliminación de desperdicios, planificación, mejora continua, enfoque en el cliente y transparencia de procesos (Saad, M., y Chafi, A., 2018). La investigación demostró que la planificación y mejora continua son los factores con mayor impacto en la productividad, hallazgos alineados con los objetivos de esta tesis.

Por último, tenemos el informe técnico N°72 de Lauri Koskela (1992) titulado “Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción”, publicado en la Centro de Ingeniería de Instalaciones Integradas de la Universidad de Stanford, estudio base de la literatura especializada de la filosofía lean construction, del cual adopta la filosofía de producción lean de la industria de manufactura para la construcción, viendo ésta como un proceso de flujo, no solo de conversión como considera el sistema de producción tradicional. Al ser concebida de dicha manera, concluye que, en el sector de construcción, la filosofía Lean Construction lograría mejoras al identificar y eliminar actividades que no añaden valor.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

En el contexto peruano, diversas tesis de maestría han abordado la implementación de la filosofía Lean Construction como respuesta a los persistentes problemas de productividad, desperdicio y desarticulación en los procesos constructivos. Estas investigaciones, desarrolladas en diferentes regiones del país

y en distintos tipos de proyectos, demuestran el impacto positivo de este enfoque en la mejora de la eficiencia y la reducción de costos.

Dávila, K. (2025), desarrolló una tesis de maestría en la Universidad Nacional del Santa, titulada “Efecto de Lean Construction en la productividad de la construcción de muros de contención en la Avenida Country, Nuevo Chimbote”. En esta investigación, se aplicaron herramientas propias de la filosofía Lean Construction para comparar el desempeño de dos frentes de obra: uno ejecutado mediante métodos tradicionales y otro bajo enfoque Lean. Los resultados evidenciaron reducciones sustanciales tanto en tiempo como en costos, alcanzando disminuciones del 49.25 % en encofrado, 16.21 % en armado de acero, 49.27 % en vaciado de concreto y 36.16 % en el proceso de curado. Además, se reportó un ahorro económico superior a S/ 273 000, lo que pone de manifiesto el significativo impacto técnico y financiero que puede generar la aplicación de Lean Construction en proyectos de infraestructura estructural.

En el 2024, Cuadros Pillpe, desde la Universidad Nacional Federico Villarreal, llevó a cabo una investigación sobre la influencia de Lean Construction en la dirección de proyectos de infraestructura ambiental, específicamente plantas de disposición final de residuos sólidos en las regiones de Apurímac, Áncash y Piura. Su estudio resaltó la importancia del control de restricciones, el análisis de confiabilidad y la planificación colaborativa, permitiendo una reducción de variabilidad en los cronogramas y una mejora en el cumplimiento de metas semanales. La tesis destacó la capacidad de Lean Construction para gestionar proyectos de alta complejidad técnica con mayor previsibilidad.

Sin dejar de lado, estudios de pregrado, tenemos por referencia a la tesis “Aplicación de la filosofía Lean Construction para el mejoramiento de la productividad en la ejecución de la I.E. 16939 Vicente De La Vega, distrito de

Namballe, San Ignacio, Cajamarca, 2023", investigación que buscó mejorar la productividad en la construcción de la I.E. 16939 en Namballe, Cajamarca, mediante Lean Construction, donde se analizaron 36 partidas clave usando pretest y postest para eliminar actividades sin valor. Los resultados de aplicar la filosofía Lean Construction, logró un aumento del 5.759% en la productividad promedio, con mejoras en TP (6.17%), TC (3.81%) y reducción de TNC (9.90%). Asimismo, el autor, implementó el Last Planner System, organizando el trabajo en 6 bloques y aplicando trenes de trabajo, donde el PPC mejoró de 69.07% a 81.91%, alcanzando el 100% en la última semana. Esto optimizó el cronograma en 5.33% y redujo costos en 1.22% (Bustamante, 2024). Asimismo, tenemos la tesis titulada "Implementación de la metodología Lean Construction y las herramientas de la calidad para mejorar la productividad en la obra de reconstrucción y modernización de la Institución Educativa N°21508 ubicado en el distrito de Imperial - Cañete – Lima", donde los autores realizaron un estudio aplicado y correlacional, con el objetivo de aplicar herramientas del enfoque Lean como la carta balance, gestión de restricciones y flujo de actividades, para obtener mejoras en la productividad. Para la implementación de las herramientas de gestión de proyectos en función a los principios del Lean Construction, se evaluaron aspectos en términos de distribución óptima del recurso humano, capacitada área de procura para la obtención de equipos y materiales; y correcto planeamiento y control de producción y calidad de obra. El modelo propuesto fue medido por los autores en la etapa de ejecución, donde se obtuvieron resultados de mejora de productividad en un 23%, así como un incremento de trabajos productivos en un 20%, contribuyendo de esa manera al cumplimiento del plazo de ejecución de dicha infraestructura educativa cuyo sistema estructural predominante fue el sistema dual (Huapaya y Torres, 2021).

En 2020, Damian Ccallata desarrolló una tesis de maestría en la Universidad Privada de Tacna, en la que se centró en la implementación de la filosofía Lean

Construction en un proyecto de sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Staff Ilo. El estudio demostró mejoras considerables en la productividad de la mano de obra y en la eficiencia en el uso de los recursos humanos, al incorporar herramientas como la planificación por zonas de trabajo y la coordinación continua entre frentes constructivos (Damian Ccallata, 2020).

Por otro lado, en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Araujo y su equipo realizaron en 2019 una tesis de maestría enfocada en proyectos multifamiliares de mediana densidad en Lima Metropolitana. La aplicación de herramientas como el mapeo de flujo de valor, las 5S y la estandarización de procesos constructivos permitió disminuir los retrabajos y mejorar el flujo logístico en el proyecto "Precursoros", ubicado en el distrito de Surco. Si bien el estudio enfatizó el análisis cualitativo de los resultados, destacó la mejora en la coordinación entre especialidades y en el control de procesos constructivos repetitivos (Araujo et al., 2019).

Finalmente, en la Universidad Nacional de Ingeniería, Layme Sánchez (2017) presentó una tesis centrada en el diseño de un modelo para mejorar la productividad de la mano de obra en edificaciones utilizando herramientas Lean Construction en la ciudad del Cusco. Su enfoque comparativo entre métodos convencionales y el sistema Last Planner permitió evidenciar incrementos considerables en productividad diaria, reducción de interrupciones y un mayor cumplimiento de plazos, consolidando un modelo replicable para proyectos urbanos similares (Layme Sánchez, 2017).

Estos antecedentes proporcionan evidencia sólida de que la filosofía Lean Construction es adaptable a diferentes contextos constructivos del país y contribuye directamente a mejorar la eficiencia, reducir pérdidas y elevar los estándares de calidad. La diversidad de enfoques abordados fortalece el fundamento para aplicar

este modelo en la construcción de la Biblioteca de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, un proyecto donde la optimización de recursos es crucial.

## 2.2. Marco legal

Según el marco normativo al que se encuentra sujeto el estudio, se fundamenta en las siguientes bases legales:

- Ley N°30225 – Ley de Contrataciones del Estado, aprobado por el Decreto Supremo N°082-2019-EF (derogada por la Ley N° 32069 - Ley General de Contrataciones Públicas, publicada el 24 de junio de 2024 y con entrada en vigor desde el 22 de abril de 2025).

La obra tomada como objeto de estudio “Creación del servicio de biblioteca central para el desarrollo académico y de investigación de los usuarios de la Universidad Nacional Autónoma de Chota – Colpamatara – Cajamarca” – CUI N°2324203, se encontraba certificada presupuestalmente por el monto de S/13,171,991.56 (Trece Millones Ciento Setenta y Un Mil Novecientos Noventa con 56/100), cuyo método de contratación según el título V, pertenece al Capítulo II del Título V; es decir, licitación pública (LICITACIÓN PUBLICA N° 001-2022- UNACH - PRIMERA CONVOCATORIA), perteneciendo al sistema de contratación a suma alzada (Artículo 35. Sistemas de Contratación) con la modalidad de administración por contrata (Artículo 36. Modalidades de contratación).

- Ley N°31638 – Ley de Presupuesto del Sector Público para el Año Fiscal 2023
- Ley N°31953 – Ley de Presupuesto del Sector Público para el Año Fiscal 2024

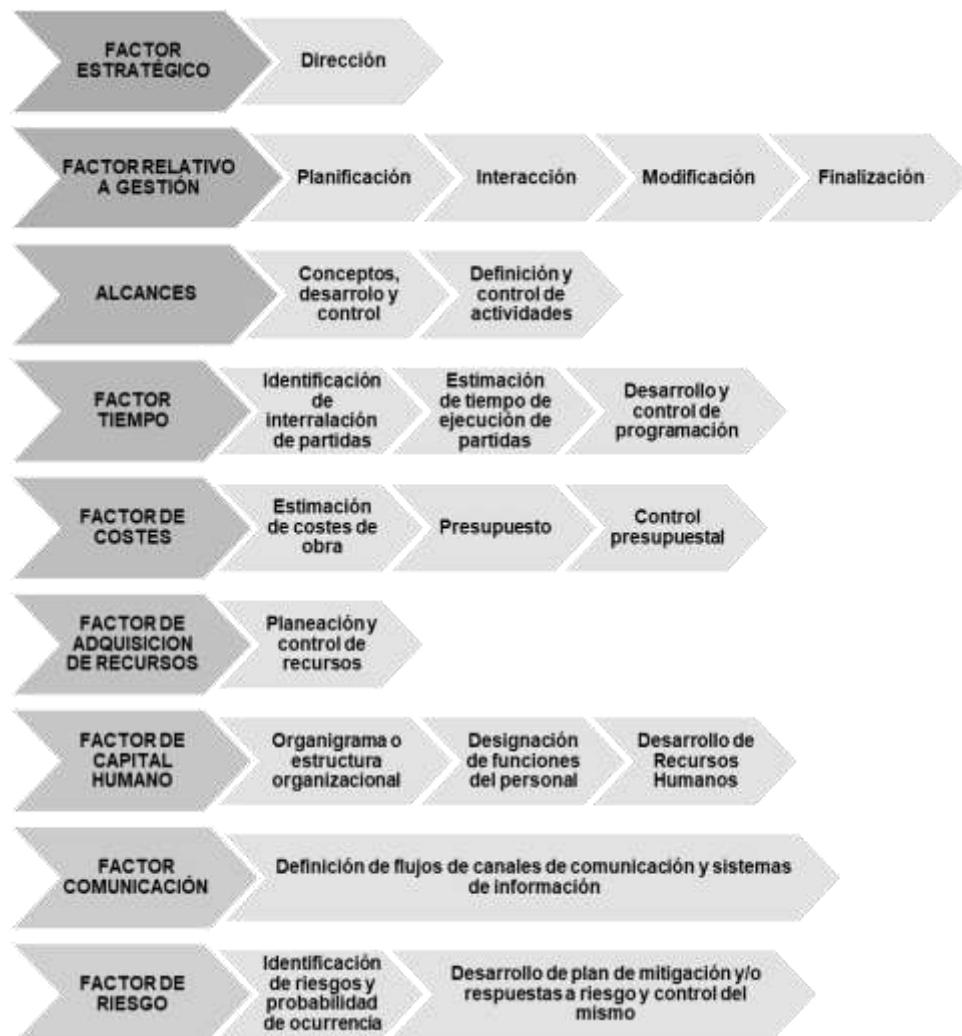
## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1. Modelo de gestión**

Torres, Ríos y Otálora (2018), definen el modelo de gestión, como el marco de referencia para la administración de una determinada entidad u organización, basados en el desarrollo de políticas con el objetivo de lograr metas organizacionales, promoviendo el manejo de la gestión integral que contribuya a las buenas prácticas y a su vez, el desarrollo estratégico de sus objetivos (p.8). Asimismo, Rosero (2016), realiza un constructo respecto a modelos de gestión, integrando los sistemas de gestión ISO 9001 de la Organización Internacional de Normalización, incidiendo en la estandarización y validación normativa del sistema integrado de gestión referente a la gestión de la calidad. Así también, expone la ISO 10006 aplicados en los proyectos de construcción, donde establece procedimientos según la figura 1.

**Figura 1**

Factores que intervienen en la gestión de proyectos en la construcción



*Nota. Tomado de Modelo de Gestión para Mejorar la Calidad y Productividad de los proyectos de construcción de Viviendas, Caso de estudio Tohogar Cía. LTDA., por Rosero, 2016.*

Ahora bien, Botero (2021) expone que un modelo de gestión de proyectos en la construcción debe integrar todas las fases del proceso, desde la planificación hasta la entrega. Para que un modelo de gestión tenga éxito debe implementarse bajo las mejores técnicas de gestión de proyectos utilizadas en la industria de la construcción, las cuales se componen de la siguiente manera:

**A) Planificación inicial:**

- Definición declara los objetivos del proyecto.
- Identificación de partes interesadas y sus responsabilidades.
- Evaluación de los recursos necesarios, incluyendo personal, equipo, materiales, financiamiento, etc.
- Establecimiento de un horario y cronograma de participación de cada cuadrilla en función a los trabajos programados.

**B) Diseño de ingeniería (siempre y cuando no haya sido definida)**

- Desarrollo de planos a detalle y especificaciones técnicas.
- Evaluación de los requerimientos según permisos y el reglamento nacional de edificaciones.
- Selección de proveedores y subcontratistas (siempre y cuando la contratación lo permita).
- Estimación de costos.

**C) Planificación detallada**

- Creación de un cronograma de trabajo detallado con tareas y dependencias.
- Asignación de recursos a las diferentes tareas.
- Identificación de riesgos y desarrollo de estrategias de mitigación.

**D) Etapa de ejecución**

- Inicio de la construcción y seguimiento continuo del cronograma.
- Supervisión constante para la verificación de los estándares de la calidad de la mano de obra y los materiales.
- Coordinación entre cuadrillas para avances colaborativos de los trabajos.
- Control de costos y cambios en el proyecto.

**E) Gestión de Riesgos y Cambios**

- Monitoreo continuo de los riesgos identificados y toma de acciones preventivas o correctivas.
- Proceso sistematizado para gestionar restricciones que llevan a cambios en el cronograma o presupuesto.

**F) Flujo de comunicaciones**

- Mantenimiento de una comunicación efectiva con todas las partes interesadas.
- Generación de informes de avance, costos y problemas para la toma de decisiones informadas.

**G) Control de Calidad**

- Implementación de inspecciones regulares para asegurar que el trabajo cumple con los estándares de calidad.
- Aplicación de pruebas y certificaciones necesarias.

**H) Entrega y Cierre**

- Finalización de la construcción y comprobación de que se cumplan las especificaciones técnicas – levantamiento de observaciones.
- Capacitación y transferencia de conocimientos a los usuarios o propietarios.
- Cierre administrativo, incluyendo la entrega de documentación y garantías.

**I) Evaluación Post-Proyecto**

- Revisión del proyecto en términos de logros, desafíos y lecciones aprendidas.
- Documentación de experiencias para mejorar futuros proyectos.

**J) Mejora Continua**

- Identificación de áreas de mejora y desarrollo de estrategias para implementar en proyectos futuros.
- Actualización y adaptación del modelo de gestión según las tendencias y cambios en la industria.

Por otro lado, los investigadores Ballé, Jones, Chaize y Fiume (2018) explican que los modelos de gestión en la construcción son adaptables según las necesidades específicas de cada proyecto y puede ser ajustado para incluir enfoques como Lean Construction, metodologías ágiles, BIM (*Building Information Modeling*) y otros avances tecnológicos que mejoren la eficiencia

y calidad en la construcción. En este caso, la investigación consiste en mejorar la productividad basándose en la filosofía del *Lean Construction*, empleando herramientas lean como LPS y cartas balance, sumando además, técnicas de medición indirecta de productividad como el valor ganado. Los componentes que definen los modelos de gestión bajo el enfoque Lean consisten en:

**A) Identificación de Valor y Cliente**, el cual comprende las necesidades y deseos del cliente para definir claramente qué es lo que agrega valor desde su perspectiva, estableciéndose métricas para evaluar el valor percibido por el cliente.

**B) Definición de Flujo de Valor**, donde se realiza un mapeo de todo el flujo de trabajo, desde el diseño hasta la construcción y la entrega final. En esta etapa se identifican actividades que no agregan valor y que generan desperdicio, como tiempos de espera, retrabajos y movimientos innecesarios.

**C) Identificación de Desperdicios**. En esta etapa se clasifica y categoriza los desperdicios en base a los siete tipos de desperdicios del Lean: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, procesos innecesarios, inventario, movimiento innecesario y defectos.

**D) Planificación Colaborativa**. Conocida como la aplicación de la metodología Last Planner System, el cual involucra a todos los actores relevantes, incluyendo diseñadores, contratistas y proveedores, en la fase de planificación.

**E) Limitación de Trabajo en Progreso (WIP)**, en este proceso se evita la acumulación de tareas en diferentes etapas del proyecto, lo que puede llevar a cuellos de botella y retrasos. En otras palabras, se limita el número de tareas en progreso para mantener un flujo constante.

**F) Pull Planning**, el cual consiste en establecer una metodología de planificación en la que las tareas se planifican a medida que se necesitan, en lugar de programar todo de antemano, permitiendo una mayor adaptabilidad a cambios y una mejor asignación de recursos.

**G) Mejora Continua**, es el proceso donde la cultura organizacional en la ejecución mejora constantemente, y esto debido a la estandarización de procesos tales como: Revisión concurrente del flujo de trabajo, identificación de problemas y gestión de restricciones.

**H) Gestión Visual.** Para entender este componente, en las reuniones de seguimiento de obra, se utiliza tableros Kanban, gráficos y otros métodos visuales para hacer que el estado del proyecto y las tareas sean fácilmente comprensibles para todos los miembros del equipo.

**I) Capacitación y Desarrollo:** En términos de retroalimentación, el staff técnico, así como las partes interesadas invierten en la formación y desarrollo de los miembros del equipo para asegurar la familiarización con los principios Lean y su aplicación efectiva.

Por tal razón, la implementación exitosa de un modelo de gestión basado en Lean Construction requiere un compromiso total de todos los miembros del equipo y una cultura organizacional que valore la mejora continua y la colaboración.

### 2.3.2. Filosofía Lean Construction

Hernán, Sánchez y Galvis (2014) en el artículo titulado “Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual”, presentan una revisión bibliográfica sobre la filosofía Lean Construction (LC), propuesta por Lauri Koskela en 1992, inspirada en la producción Lean de la industria automotriz. Koskela plantea que la

construcción debe verse como un sistema de producción con alta incertidumbre y deficiencias en la planificación, alejándose del enfoque tradicional de simple transformación. LC propone una visión más integral, considerando la producción como transformación, flujo y generación de valor. Su objetivo principal es optimizar los procesos para reducir tiempos, pérdidas y mejorar la eficiencia. Esta filosofía representa un nuevo enfoque en la gestión de proyectos, desafiando metodologías tradicionales como el PMBOK. LC se enfoca en crear valor eliminando desperdicios en todas las fases del proyecto.

En la práctica, Lean Construction no debe verse como una simple metodología, sino como una mentalidad orientada a generar herramientas útiles para cada etapa del proyecto. El valor en construcción se entiende como la eliminación de actividades que generen pérdidas, como retrasos, desperdicio de materiales o accidentes laborales. En este marco, se destaca el desarrollo del sistema "Last Planner" o "Sistema del Último Planificador", creado por Glenn Ballard y Greg Howell. Esta herramienta busca mejorar la planificación de obra, superando el modelo tradicional al asegurar que las actividades planificadas realmente puedan ejecutarse. Con ello, se impulsa un control más efectivo del proyecto, alineado con los principios de eficiencia y valor de Lean Construction (Koskela, 1992; Ballard & Howell, 1998).

#### **2.3.2.1. Principios de la filosofía Lean Construction según Koskela**

Lauri Koskela (1992), en su libro "Application of the new production philosophy to construction", propuso principios clave inspirados en el modelo Lean de producción. Su objetivo es optimizar la gestión de proyectos de construcción a través de la mejora de la eficiencia, la eliminación de desperdicios y el incremento del valor generado. Estos principios abarcan

desde la reducción de pérdidas y tiempos de ciclo, hasta la simplificación y estandarización de procesos, promoviendo también un control continuo y visible de cada fase del proyecto. Además, se destacan prácticas como la planificación por etapas según la demanda real, la mejora continua (Kaizen), y el fortalecimiento del trabajo colaborativo entre todos los involucrados. También se subraya la importancia de formar al personal para asegurar una implementación eficaz del enfoque Lean. En conjunto, estos principios permiten transformar la construcción tradicional en un sistema más ágil, coordinado y orientado al cliente.

- Reducción de pérdidas. Eliminar todo lo que no agrega valor, como esperas, retrabajos y traslados innecesarios – La producción vista como un flujo
- Añadir valor. Las actividades deben estar enfocadas en satisfacer las necesidades del cliente, no solo en cumplir con especificaciones técnicas.
- Reducción de la variabilidad. Hacer los procesos más estables y predecibles disminuyendo su variabilidad – Estandarización y ciclos.
- Tiempo de ciclo. Acortar el tiempo entre el inicio y fin de un proceso para reducir costos y aumentar eficiencia.
- Simplificación del proceso. Diseñar procesos simples para evitar errores, facilitar su ejecución y mejorar la calidad.
- Flexibilidad de los procesos. Mejorar la capacidad del sistema constructivo para adaptarse a cambios y variaciones sin afectar significativamente el desempeño del proyecto
- Transparencia de los procesos. Hacer visibles los flujos y avances para detectar e intervenir en problemas rápidamente.

- Enfoque en el proceso completo. Controlar el proceso desde el inicio para asegurar calidad, no solo revisar el resultado final – Lean Porject Delivery System (LPDS).
- Mejora continua (Kaizen). Promover una cultura de mejora continua, con participación de todos – cultura colaborativa.
- Benchmarking. Comparar el desempeño con los mejores del sector para impulsar la mejora continua. Ayuda a identificar ineficiencias, establecer objetivos realistas y alinear los procesos con las mejores prácticas del mercado.

**Figura 2**

Enfoque tradicional de la gestión de costos vs costo objetivo Lean



### 2.3.2.2. Implementación de la filosofía Lean Construction

La implantación del pensamiento Lean, se basa en cinco principios clave: identificar el valor desde la perspectiva del cliente, mapear la cadena de valor para eliminar desperdicios, crear flujo continuo en los procesos, establecer un sistema de producción "pull" según la demanda, y buscar la perfección mediante la mejora continua. Este enfoque busca maximizar valor y minimizar desperdicios, asimismo involucra a toda la organización y requiere un cambio cultural profundo, donde la participación activa de todos los niveles

es fundamental, puesto que, el objetivo final es lograr eficiencia sostenible y orientación al cliente (Womack & Jones, 2003).

### **2.3.2.3. Just in Time en modelos de gestión con Lean y Last Planner System**

El Just in Time es una filosofía de gestión originada en el sistema de producción de Toyota. Su principio central es entregar los insumos necesarios, en la cantidad necesaria, en el momento justo, eliminando desperdicios y optimizando el flujo de trabajo (Ohno, 1988). En el contexto de la construcción, JIT se traduce en:

- Evitar acumulación innecesaria de materiales en obra.
- Minimizar el tiempo de espera entre tareas.
- Coordinar entregas de materiales y recursos con precisión.
- Eliminar desperdicios por sobreproducción, inventarios o retrabajos.

El enfoque Lean Construction, desarrollado por el Lean Construction Institute (LCI), adapta los principios del Lean Manufacturing a los proyectos constructivos, y JIT es un componente clave del principio de “flujo continuo”.

### **2.3.2.4. Sinergia entre la Gerencia de Construcción y Lean Construction**

La gerencia en la construcción de infraestructura se encarga de planificar, organizar, dirigir y controlar los recursos necesarios para ejecutar obras como colegios, universidades, bibliotecas, institutos, hospitales, carreteras, puentes, túneles y sistemas de transporte urbano. En el contexto de obras públicas, este proceso involucra una estrecha relación con instituciones gubernamentales, normativas locales y restricciones presupuestarias, por lo que exige altos niveles de eficiencia, transparencia y

control técnico y financiero (Kerzner, 2017). Cabe indicar que, los proyectos de construcción suelen presentar complejidades derivadas de factores como condiciones geográficas, clima, interferencias con servicios existentes, conflictos con comunidades, y contrataciones por licitación pública. Por ello, se requiere de enfoques gerenciales que integren herramientas modernas que promuevan la eficiencia operativa, la toma de decisiones basada en datos y la mejora continua del desempeño del proyecto.

La integración de la filosofía Lean y del LPS en la gerencia de proyectos de construcción, permite transformar el enfoque tradicional de control hacia una cultura de compromiso, aprendizaje y mejora continua (Kerzner, 2017). La implementación de estas herramientas fortalece la planificación estratégica y táctica, facilita la detección oportuna de cuellos de botella, y promueve la colaboración entre las distintas partes interesadas (clientes, contratistas, supervisores y comunidades).

Los beneficios esperados incluyen:

- Reducción de variabilidad en la programación.
- Aumento de la productividad y confiabilidad.
- Mayor transparencia y toma de decisiones basadas en datos.
- Reducción de reprocesos y actividades sin valor.
- Mejora en el cumplimiento de plazos y costos.

Por último, es primordial el uso de herramientas Lean desarrolladas para la construcción, tales como: Last Planner System, Lean Project Delivery, Just in time, Lean Supply Chain Management, Tager Value Design, Target Costing/ Lean Cost, Lean 6 sigma, BIM, entre otros. Sin embargo, en este caso, la herramienta lean que prima es el LPS y cartas balance.

### 2.3.3. Metodología Last Planner System

Serpell y Alarcón (2019), definen que la planeación o planificación de la construcción es una herramienta de carácter obligatorio y exclusivo de cada proyecto para una adecuada administración de su dirección, desde la planificación de adquisiciones y contratación, hasta la entrega del proyecto final, siendo las partes claves del planeamiento y/o control, la coordinación entre los profesionales del proyecto con la misma organización, para la definición de los procesos y su programación basada en la mejora continua y la producción que llevaría a cabo ejecutarla (p.15).

**Figura 3**

Estimación de tiempos de ejecución, aplicación de métodos y técnicas modernas de gestión de la producción

Decision level	Strategy	Tactics		Control
Time Horizon	Long term (Year)	Intermediate term (Month)		Short term (Week)
Planning	Master	Look-ahead		Weekly
Method interfaces		CPM	LOB	Critical Chain
Technique interface	PUSH		PULL	

*Nota.* Tomado de Critical Flow – Towards a Construction Flow Theory (p.37), por Bertelsen, Sven, Koskela, Lauri, Henrich, Guilherme y Rooke, John, 2006.

El Last Planner System (LPS) es una herramienta metodológica creada para implementar los principios Lean en la planificación y control de proyectos. Fue desarrollado por Ballard y Howell (1998) con el propósito de mejorar la confiabilidad de los compromisos y reducir la variabilidad en la ejecución de las tareas. El sistema se basa en el concepto de que las personas responsables de realizar el trabajo (“last planners”) deben estar directamente involucradas en la planificación de ese trabajo. Esto fomenta la toma de decisiones realistas, la responsabilidad compartida y la mejora continua (Lean Construction Institute, 2020).

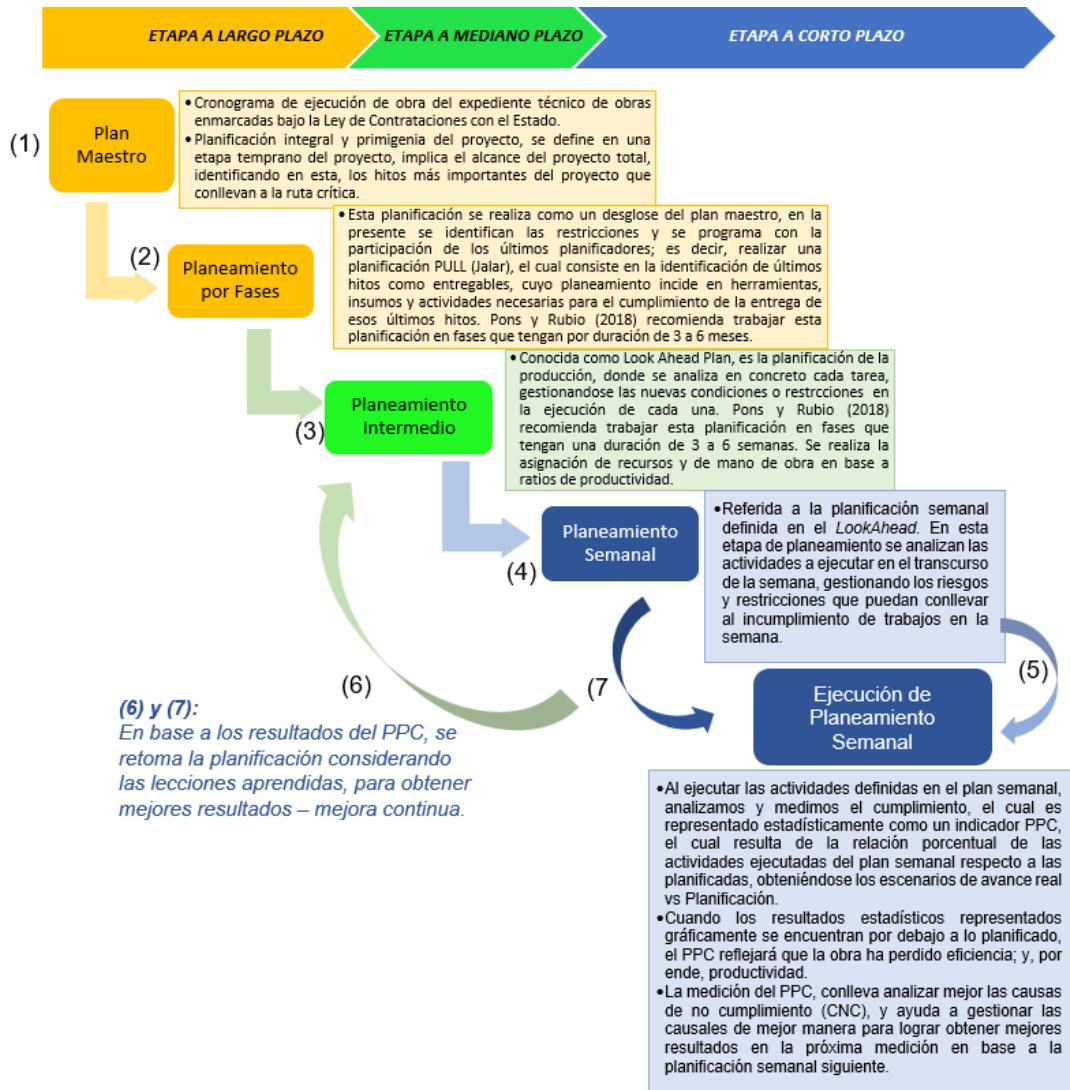
Por otro lado, Pons y Rubio (2018), definen esta herramienta como el modelo de planeamiento integrador el cual se basa en los compromisos de producción de las partes que están en contacto más cercano de la obra (siendo estos, los jefes de obra, gerentes de sitio o ingenieros residentes, maestros y capataces, ingenieros de campo, de producción, entre otros); es decir, los últimos planificadores, para ello la mentalidad de la organización deberá estar alineada con la finalidad del proyecto, conocer y aplicar herramientas Lean, identificar restricciones, evitar retrabajos, producir de la mano con la gestión de la calidad y seguridad, y encaminar sus trabajos a la mejora continua, de forma que, el proyecto final cuente con un valor agregado y pueda entregarse un proyecto sostenible que cumpla con su funcionalidad.

Etapas del LPS:

- Planificación Maestra: Define los hitos clave del proyecto a largo plazo.
- Planificación de Fases: Desarrolla planes detallados para cada fase del proyecto, usualmente usando sesiones colaborativas (pull planning).
- Planificación Intermedia (Lookahead): Detecta restricciones y coordina actividades que se aproximan a la ejecución (3–6 semanas).
- Planificación Semanal (Weekly Work Plan): Detalla las actividades listas para ejecutarse con base en compromisos reales de los equipos.
- Control y Aprendizaje (PPC y análisis de causas): Mide el porcentaje de actividades cumplidas según lo planificado (PPC - Percent Plan Complete), analiza causas de incumplimiento y establece acciones correctivas.

**Figura 4**

Etapas de gestión de la herramienta Last Planner System



Ahora bien, con el fin de comprender los componentes de la metodología Last Planner System, tenemos a Campero y Alarcón (2018) quienes expresan que la implementación exitosa del *Last Planner System* requiere un cambio cultural en la forma en que se planifican y ejecutan los proyectos. Por ello, la colaboración, comunicación y adaptabilidad son factores fundamentales para su éxito.

**Tabla 1**

Fases de integración del Last Planner System

Fases	Aplicación
<b>Preparación y Planificación Inicial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reunión de las partes interesadas (entidad y/o empresa cliente, contratistas, supervisión y proveedores).</li> <li>- Establecimiento de metas y objetivos claros para el proyecto – Plan Maestro.</li> <li>- Definición de alcances, entregables y las fechas clave - hitos.</li> <li>- Identifica los flujos de trabajo principales y las dependencias entre tareas.</li> </ul>
<b>Definición de Fases y Tareas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desglose del proyecto en fases y tareas más pequeñas y manejables (Planeamiento por fases).</li> <li>- Identificación de restricciones y requisitos para cada tarea.</li> </ul>
<b>Planificación del Último Planificador (Last Planner)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planeamiento de actividades con los "últimos planificadores", es decir, los equipos que realizan las tareas in situ. Estos equipos colaboran para planificar las tareas en detalle, teniendo en cuenta su capacidad y la secuencia lógica (Planeamiento semanal).</li> </ul>

<b>Programación Colaborativa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de sesiones de planificación colaborativa para establecer el plan de trabajo a corto plazo.</li> </ul>
<b>Compromisos de Cumplimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cada equipo se compromete a cumplir con las tareas y los plazos acordados.</li> <li>- Se establecen compromisos realistas y alcanzables, considerando la capacidad y las restricciones reales.</li> </ul>
<b>Control y Seguimiento Continuo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se realiza la medición de Porcentaje de Plan Cumplido (PPC).</li> </ul>
<b>Resolución de Problemas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboración de reuniones diarias (stand-up meetings) para revisar el progreso y los desafíos.</li> </ul>
<b>Fases</b>	<b>Aplicación</b>
<b>Mejora Continua</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificación de problemas y obstáculos que puedan afectar el cumplimiento de las tareas.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En caso de desviaciones o problemas, se realiza la gestión de restricciones. Se fomenta la resolución temprana de problemas para evitar impactos mayores en el cronograma.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Al finalizar una fase o ciclo, se identifican las mejoras, lo que se conoce como lecciones aprendidas y oportunidades de mejora, dichas lecciones se implementan para ajustar y adaptar los procesos de ejecución.</li> </ul>

---

<b>Comunicación y Transparencia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comunicación abierta y transparente entre todos los equipos y partes interesadas.</li> </ul>
<b>Evaluación y Cierre del Proyecto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de tableros visuales (como Kanban) para mostrar el estado de las tareas y el progreso.</li> </ul>

---

<b>Evaluación y Cierre del Proyecto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Al final del proyecto, se realiza la evaluación de los resultados en función de los objetivos establecidos, con el fin de documentar las lecciones aprendidas para su posterior aplicación en futuros proyectos.</li> </ul>
---	--

---

*Nota.* Adaptación propia del libro *Administración de proyectos civiles*.

En proyectos de construcción, donde los entornos son variables y los cronogramas están sujetos a múltiples riesgos, LPS proporciona una alternativa eficaz para controlar la incertidumbre y optimizar recursos.

### 2.3.3.1. Integración con Just in Time

- Planificación anticipada (Lookahead Planning):

Se identifican restricciones (materiales, mano de obra, equipos, permisos) con anticipación. Asimismo, se programan las entregas y actividades solo cuando están listas para ser ejecutadas, lo que refleja la lógica JIT.

- Compromisos confiables (Weekly Work Plan):

Se hacen compromisos semanales basados en actividades que realmente pueden ejecutarse. Las tareas se programan solo si todos los recursos están disponibles en el “momento justo”.

- Reducción de inventarios:

Se evita el almacenamiento innecesario de materiales en obra.

Se promueve la coordinación directa con proveedores para entregas sincronizadas.

- Medición y mejora continua (PPC – Percent Plan Complete):

Se mide cuántas tareas planificadas se completaron tal como se prometieron, ayudando a identificar desviaciones del enfoque JIT.

**Tabla 2**

Beneficios de aplicar JIT con Lean + LPS en obra

Beneficio	Cómo se logra con JIT + LPS
Reducción de desperdicio	Solo se produce lo necesario, cuando se necesita
Mayor eficiencia en obra	Evita interrupciones por falta o exceso de materiales
Mejora del flujo de trabajo	Secuencia lógica, sin cuellos de botella
Mayor confiabilidad en plazos	Planificación basada en actividades realmente ejecutables
Mejor coordinación con proveedores	Entregas programadas en el momento justo

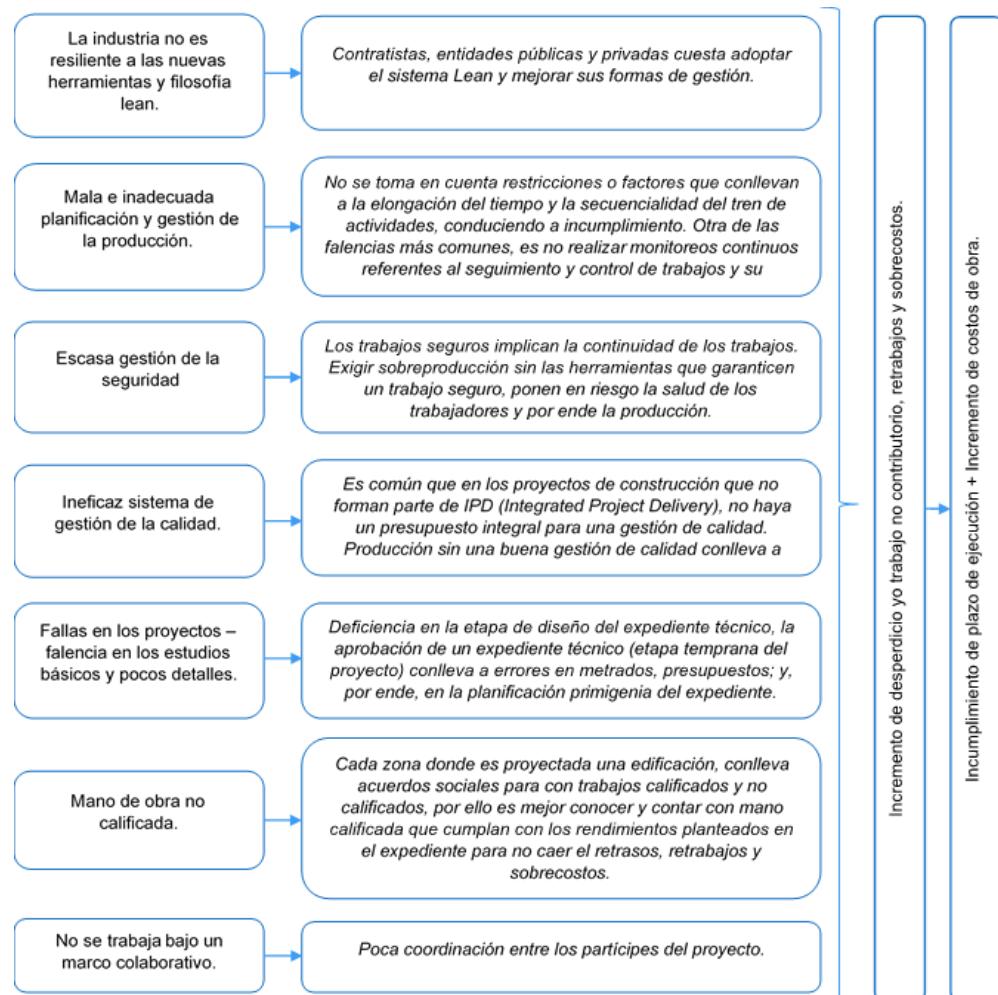
*Nota.* Adaptado de *Transforming Design and Construction: A Framework for Change*, por Lean Construction Institute, 2021.

### 2.3.3.2. Problemas concurrentes en la aplicación de gestión Lean

Ahora bien, los problemas más comunes que inciden en la gestión para mejorar los ciclos de un proyecto de construcción en términos de tiempo y costos, y así aplicar la herramienta *Last Planner System*, son las siguientes adjuntadas en la figura 5.

**Figura 5**

Problemas concurrentes en la aplicación de modelos de gestión basados en el enfoque Lean



Nota. Adaptación propia e interpretativa de *LEAN CONSTRUCTION Y LA PLANIFICACIÓN COLABORATIVA METODOLOGÍA DE LAST PLANNER ® SYSTEM, 2023.*

#### 2.3.4. Carta Balance como Herramienta Lean

La gestión empresarial contemporánea demanda herramientas que integren la estrategia organizacional con la mejora continua de los procesos. En este contexto, la carta balance, también conocida como Balanced Scorecard (BSC), se posiciona como un instrumento fundamental para

traducir la visión y los objetivos estratégicos en indicadores medibles, lo cual resulta compatible con los principios del pensamiento Lean.

El enfoque Lean, originado en el sistema de producción de Toyota, se fundamenta en la eliminación sistemática de desperdicios, la mejora continua (Kaizen) y la generación de valor desde la perspectiva del cliente (Womack & Jones, 2003). Este paradigma busca optimizar los recursos y maximizar la eficiencia operativa mediante la alineación de todos los niveles organizacionales con los objetivos estratégicos.

Por su parte, la carta balance fue desarrollada por Kaplan y Norton en la década de 1990 como una metodología para superar las limitaciones de los indicadores financieros tradicionales. Su principal aporte radica en la incorporación de cuatro perspectivas clave: financiera, del cliente, de procesos internos, y de aprendizaje y crecimiento (Kaplan & Norton, 1996). Estas dimensiones permiten una visión holística de la organización, facilitando la toma de decisiones estratégicas y operativas de forma coherente y alineada.

La integración del pensamiento Lean con la carta balance permite construir una estructura de gestión estratégica orientada a la mejora continua. A través de la identificación de indicadores clave de desempeño (Key Performance Indicators, KPI), es posible medir la eficiencia de los procesos internos, el nivel de satisfacción del cliente y la capacidad de innovación del capital humano, todos aspectos esenciales en un entorno Lean (Lynch & Cross, 1991).

Diversos estudios han resaltado que el BSC puede adaptarse como una herramienta Lean cuando se emplea no solo para monitorear resultados, sino también como un mecanismo para fomentar una cultura de mejora

continua. Según Niven (2006), la carta balance puede actuar como una "hoja de ruta estratégica", permitiendo que cada unidad operativa contribuya al logro de metas compartidas mediante el uso de métricas alineadas con los principios Lean.

Asimismo, la implementación de la carta balance en contextos Lean requiere una formulación clara de objetivos estratégicos que se traduzcan en actividades específicas y medibles. Esta trazabilidad es esencial para evitar el desperdicio de esfuerzos y recursos, asegurando que cada acción contribuya directamente a generar valor para el cliente (Punniyamoorthy & Murali, 2008).

En síntesis, la carta balance no solo complementa la filosofía Lean, sino que también fortalece su aplicación al proporcionar una estructura estratégica que guía los esfuerzos de mejora continua.

#### **2.3.4.1. Indicadores de la Carta Balance: Trabajo Productivo, Contributorio y No Contributorio**

La eficiencia en los procesos constructivos ha sido objeto de numerosos estudios a lo largo de las últimas décadas, especialmente en lo relacionado con la gestión de la mano de obra. Dentro del enfoque Lean Construction, una de las herramientas más efectivas para evaluar la productividad es la Carta Balance, la cual clasifica las actividades ejecutadas por el personal en tres categorías fundamentales: Trabajo Productivo (TP), Trabajo Contributorio (TC) y Trabajo No Contributorio (TNC). Esta clasificación permite cuantificar con precisión el valor generado y el desperdicio existente en las tareas diarias.

El Trabajo Productivo hace referencia a aquellas acciones que inciden directamente en la transformación del proyecto, es decir, tareas que generan valor real y medible para el producto final. Ejemplos de esto son la colocación de ladrillos, el armado de estructuras o el vaciado de concreto. Son actividades deseadas y necesarias, por tanto, su incremento es uno de los objetivos centrales de toda estrategia Lean (Ghio et al., 2000; Villavicencio Herrera, 2024).

En segundo lugar, el Trabajo Contributorio agrupa a las tareas que no aportan valor de manera directa, pero que resultan necesarias para viabilizar el trabajo productivo. Dentro de esta categoría se incluyen actividades como la lectura de planos, la preparación de herramientas, los desplazamientos controlados o el suministro de materiales. Aunque estas acciones no generan valor tangible, sí son imprescindibles para el desarrollo fluido del proyecto (Fernández Echevarría, 2024).

Por último, el Trabajo No Contributorio comprende las acciones que no aportan ningún tipo de valor y, en muchos casos, representan un uso ineficiente de los recursos. Esto abarca tiempos muertos, esperas, retrabajos, desplazamientos innecesarios, errores de planificación, así como interrupciones no justificadas. La meta es reducir al mínimo este tipo de actividades, ya que su persistencia limita la competitividad del sector (Zúñiga Sulca, 2023).

Estos tres indicadores, cuando son medidos a través de la Carta Balance, permiten visualizar de forma objetiva la distribución del tiempo y la eficiencia operativa del personal en obra. En consecuencia, se convierten en una herramienta de gestión valiosa para mejorar la planificación y tomar decisiones informadas.

#### **2.3.4.2. Comparación de Indicadores: Perú vs. Estudios Internacionales**

En el contexto peruano, diversos estudios recientes han evidenciado que el trabajo productivo rara vez supera el 45 %, mientras que el trabajo no contributorio frecuentemente sobrepasa el 30 %. Por ejemplo, una investigación realizada en Cusco registró un incremento del TP del 29.2 % al 42.6 % luego de implementar herramientas Lean como la Carta Balance, lo cual demuestra el impacto positivo de su aplicación (Villavicencio Herrera, 2024).

Por otro lado, en una obra de edificación en Pucallpa, el trabajo productivo se elevó de 41.3 % a 77.5 % tras aplicar mejoras estructuradas, mientras que el TNC se redujo de 29 % a apenas 8.75 % (Fernández Echevarría, 2024). Esto indica que, si bien los índices de partida en Perú pueden ser bajos, existe un gran potencial de mejora cuando se gestiona adecuadamente.

En términos internacionales, estudios en Chile y Colombia ofrecen puntos de comparación relevantes. Serpell et al. (1995) encontraron que en Chile el trabajo productivo se sitúa entre 38 % y 47 %, con un TNC cercano al 25 %. De forma similar, Botero (2002) reportó que en Colombia el TP alcanza el 49 %, con un trabajo no contributorio de solo 23 %.

Estas diferencias reflejan un desafío para el sector peruano, donde los niveles de improductividad todavía son elevados. Sin embargo, también evidencian que el uso de metodologías adecuadas puede cerrar la brecha con respecto a países que ya han adoptado sistemas de gestión más eficientes.

### **2.3.5. Productividad en la construcción de edificaciones educativas**

La productividad en el sector de la construcción es un indicador clave que refleja la eficiencia con la que se transforman los recursos en productos o servicios dentro de un proyecto de edificación. Se entiende como la relación entre los insumos utilizados (materiales, mano de obra, equipos y tiempo) y los productos obtenidos, usualmente medidos en términos de avance físico o valor agregado de la obra (Horta et al., 2019). Cabe señalar que, la productividad está estrechamente vinculada con la planificación, la ejecución eficiente y el control de los procesos constructivos. Una baja productividad puede deberse a múltiples factores, como una gestión inadecuada, problemas logísticos, falta de capacitación, o condiciones del entorno (Nasirian et al., 2020). Por ello, se considera esencial implementar metodologías modernas basadas en la filosofía Lean Construction, que busca reducir el desperdicio y optimizar cada etapa del proceso constructivo (Ballard & Howell, 2003).

Asimismo, como el mayor representante de productividad de construcciones en el Perú, tenemos a Virgilio Ghio (2001), quien en su libro “Productividad en obras de construcción”, publicado en la Pontificia Universidad Católica del Perú; afirma que, el sistema de administración de obra es un factor clave para alcanzar niveles de productividad deseados; es decir, compañías que apliquen programaciones en obra a nivel profesional, está encaminadas a lograr mayor productividad.

Por otro lado, De La Hoz y Morelos (2017) definen productividad como el factor crítico resultante de la interacción entre la capacidad de producción y los recursos empleados para lograr dicha capacidad; es decir la relación entre la entrada (información de proyecto, ejecución y capital); y la salida (bien, servicios, producto o proyecto culminado). El valor agregado de la productividad, es el plan estratégico organizacional y de ejecución, con vistas

a altos estándares de productividad. Además, la productividad no solo debe medirse cuantitativamente, sino también considerar aspectos cualitativos como la calidad del trabajo realizado, la seguridad laboral y la satisfacción de los clientes.

En resumen, mejorar la productividad en la construcción de edificaciones implica una gestión integral, el uso estratégico de tecnologías, y el compromiso con la mejora continua. Esto no solo permite cumplir con los plazos y presupuestos establecidos, sino también elevar la calidad y sostenibilidad de los proyectos construidos.

#### **2.3.5.1. Ratios de productividad en la construcción**

En el ámbito de la construcción, la productividad se refiere a la eficiencia con la que los recursos se convierten en productos o avances constructivos. Para poder cuantificar esta eficiencia de manera objetiva, se emplean los denominados ratios de productividad, los cuales son herramientas clave para el control, la evaluación del rendimiento y la toma de decisiones en proyectos de edificación (Chau, 1995).

Estos ratios se expresan comúnmente como relaciones entre producción y recursos empleados, permitiendo una medición directa de la efectividad de procesos específicos. Entre los más utilizados destaca el ratio de productividad de la mano de obra, que relaciona el volumen producido con las horas-hombre invertidas (Dozzi & AbouRizk, 1993). Ambos indicadores facilitan el análisis comparativo entre distintas actividades o entre diferentes proyectos, permitiendo detectar desviaciones o áreas susceptibles de mejora.

Además, se han desarrollado indicadores más complejos como la productividad total de los factores (PTF), que integra múltiples recursos — mano de obra, materiales y equipos— en una sola métrica, proporcionando

una visión más global del desempeño (Alarcón & Serpell, 1996). Esta herramienta es útil en evaluaciones integrales de eficiencia, aunque requiere una mayor recopilación y tratamiento de datos.

**Tabla 3**

Principales ratios de productividad en la construcción

Ratio de Productividad	Fórmula	Descripción
Productividad de la mano de obra <sup>a</sup>	$PL = \frac{\text{Producción total (m}^2, \text{m}^3, \text{unid, etc)}}{\text{Horas - hombre trabajadas}}$	Mide cuántas unidades se producen por cada hora trabajada. Ejemplo: 12 m <sup>2</sup> /hh indica que por cada hora-hombre se construyen 12 metros cuadrados.
Productividad total de los factores <sup>b</sup>	$PTF = \frac{\text{Producción total}}{\text{Suma de todos los insumos utilizados}}$ Conocido como CPI (índice de desempeño de costos) en el valor ganado.	Este ratio es más complejo y se usa para evaluaciones globales de eficiencia, resulta de la relación entre el valor total de la producción y el valor total de los insumos (mano de obra, equipo, materiales, etc.).
Ratio de Productividad	Fórmula	Descripción
Índice de eficiencia <sup>c</sup>	$IE = \frac{\text{Rendimiento real}}{\text{Rendimiento esperado}} \times 100\%$	Identifica desviaciones en la productividad. Si IE < 100%, hay baja eficiencia. Si IE > 100%, el desempeño es superior al estándar.

Nota.<sup>a</sup> Dozzi & AbouRizk (1993); Chau (1995). <sup>b</sup> Dozzi & AbouRizk

(1993); Alarcón & Serpell (1996). <sup>c</sup> Rojas & Aramvareekul (2003).

Ahora bien, respecto a la productividad real de la mano de obra, se tiene como base comparativa al ratio de productividad meta (RPM o  $IP_{Meta}$ ) calculada a partir del Análisis de Precios Unitarios (APU), este constructo sirve como estándar teórico que expresa la cantidad de trabajo esperada por unidad de tiempo bajo condiciones ideales presupuestadas, integrando rendimiento de mano de obra, equipos y materiales. Daneshgari, P. y Moore, H. (2024), definen el ratio de productividad meta, como la proporción entre una unidad de obra (por ejemplo,  $m^2$ ,  $m^3$ , kg) y el tiempo estimado para su ejecución, concibiéndose como una meta normativa que refleja la productividad esperada, ideal para comparar con datos reales y detectar desviaciones operativas. Por otro lado, Sickles y Zelenyuk (2019), conceptualizan la productividad como una razón entre producción y los insumos utilizados, validando así la expresión matemática de la  $IP_{Meta}$  como una medición cuantitativa de eficiencia. Además, la normativa ASTM E2691 establece prácticas estandarizadas para cuantificar la productividad laboral en la construcción, lo que respalda la confiabilidad del  $IP_{Meta}$  como modelo de referencia técnica y profesional. En términos prácticos, este indicador sirve como una línea base comparativa: cuando la productividad real (obtenida mediante herramientas como el análisis diario de las horas hombre empleadas por cada actividad programada en el LPS, cartas balance o informes semanales) se aproxima o supera a esta meta, se interpreta que la operación es eficiente. Por el contrario, brechas entre lo estimado y lo ejecutado evidencian pérdidas, cuellos de botella o ineficiencias operativas que deben ser gestionadas.

En síntesis, las ratios de productividad en la construcción constituyen una base cuantitativa esencial para evaluar y optimizar el desempeño. Su

correcta aplicación permite detectar ineficiencias, mejorar la gestión de recursos y contribuir al éxito global de los proyectos de edificación.

#### **2.3.5.2. Desempeño de cronograma (medida indirecta de productividad global)**

En la gestión de proyectos de construcción, el factor tiempo representa una dimensión crítica, ya que el cumplimiento de los plazos influye directamente en los costos, la calidad del producto final y la satisfacción del cliente. El control temporal se centra en asegurar que las actividades del proyecto se ejecuten conforme al cronograma aprobado, y cualquier desviación puede generar efectos adversos en cascada, afectando tanto los recursos como el alcance del proyecto (Project Management Institute, 2017).

El cumplimiento del plazo de ejecución se evalúa mediante diversos indicadores de desempeño que permiten comparar el avance real con lo planificado. Uno de los más comunes es el porcentaje de plan completado, que mide cuánto del trabajo programado se ha ejecutado en un momento determinado. Este indicador proporciona una visión clara del avance físico respecto al cronograma (Kerzner, 2013).

Otro indicador ampliamente utilizado es la variación del cronograma (Schedule Variance - SV), que cuantifica la diferencia entre el valor ganado (EV, Earned Value) y el valor planificado (PV, Planned Value). Su resultado permite determinar si el proyecto va adelantado o retrasado respecto a lo programado (Fleming & Koppelman, 2016). Complementando esto, el índice de desempeño del cronograma (SPI, por sus siglas en inglés) expresa la eficiencia con la que se está utilizando el tiempo del proyecto. Se calcula como la razón entre el valor ganado y el valor planificado ( $SPI = EV / PV$ ). Un SPI

igual a 1 indica que el proyecto avanza según lo previsto; un valor inferior a 1 señala retraso (PMI, 2017).

La adecuada interpretación de estos indicadores permite a los gestores anticiparse a desviaciones mayores y tomar decisiones correctivas de manera oportuna. Sin embargo, es importante considerar que estos índices, aunque útiles, deben analizarse junto con otros factores como la secuencia lógica de actividades, las restricciones externas y la disponibilidad de recursos (Mubarak, 2015).

En síntesis, la medición del cumplimiento del plazo en términos porcentuales, variaciones del cronograma y el SPI ofrece una base técnica sólida para evaluar y controlar el tiempo en proyectos de construcción. Estas herramientas, integradas dentro de una gestión de proyectos disciplinada, contribuyen a mitigar riesgos de retraso y a mejorar la eficiencia general del proyecto.

#### **2.3.5.3. Desempeño de costos (medida indirecta de productividad global)**

El control de costos es una función clave en la gestión de proyectos de construcción, ya que permite verificar si los recursos económicos están siendo utilizados de forma eficiente y conforme al presupuesto aprobado. En este contexto, el factor costo de obra se refiere a la capacidad del proyecto para mantener sus gastos dentro de los límites establecidos, sin comprometer el alcance ni la calidad del producto final (Kerzner, 2013).

Una de las herramientas más utilizadas para evaluar esta dimensión es la gestión del valor ganado (Earned Value Management, EVM), la cual permite analizar el rendimiento del proyecto en términos de tiempo y costo. Entre sus métricas principales destaca la variación del costo (Cost Variance -

CV), que se calcula como la diferencia entre el valor ganado (EV) y el costo real (AC). Un CV positivo indica que el proyecto gasta menos de lo previsto, mientras que un valor negativo sugiere sobrecostos (Fleming & Koppelman, 2016).

El índice de desempeño de costos (Cost Performance Index - CPI), por su parte, ofrece una medida relativa de eficiencia en el uso del presupuesto, expresado como la relación entre el valor ganado y el costo real ( $CPI = EV / AC$ ). Un valor de CPI superior a 1 revela eficiencia económica, mientras que un valor inferior refleja ineficiencia en la ejecución (Mubarak, 2015). Cuando este índice se multiplica por 100, puede interpretarse como un indicador de productividad total o global, ya que refleja cuánto valor se ha generado por cada unidad monetaria invertida. Este enfoque es especialmente útil al evaluar la Productividad Total de los Factores (PTF), ya que integra diversos recursos del proyecto en un solo indicador cuantificable (Alarcón & Serpell, 1996).

En conjunto, estos indicadores proporcionan una visión integral del desempeño financiero del proyecto y su eficiencia operativa, lo que permite a los gestores tomar decisiones informadas para corregir desviaciones, optimizar el uso de recursos y garantizar la viabilidad económica de la obra.

## 2.4. Definición de términos básicos

**Modelo de gestión:** Hace referencia a una estructura organizada de procesos, principios y herramientas diseñada para guiar la planificación, ejecución y control de proyectos. En el ámbito de la construcción, un modelo de gestión busca mejorar el rendimiento general del proyecto mediante la coordinación eficiente de recursos y tiempos (Project Management Institute [PMI], 2021).

**Productividad en construcción:** Es el resultado de comparar el volumen de trabajo completado respecto a los recursos utilizados (materiales, mano de obra, tiempo). Esta métrica se emplea para evaluar la eficiencia operativa durante la ejecución de obras civiles. Una alta productividad implica menores costos, mejor uso del tiempo y reducción de desperdicios (Koskenvesa et al., 2010).

**Lean Construction:** Es un enfoque filosófico y práctico que se basa en los principios de la manufactura esbelta, adaptado al sector de la construcción. Su objetivo es maximizar el valor entregado al cliente y minimizar el desperdicio en todas las etapas del proyecto. Se centra en la mejora continua, la colaboración entre equipos y la gestión del flujo de trabajo (Howell & Ballard, 1998).

**Last Planner System (LPS):** Es una metodología de planificación colaborativa desarrollada dentro del marco de Lean Construction. Se basa en la programación a corto plazo mediante compromisos realistas de los responsables de cada actividad. Esta herramienta mejora la fiabilidad de la planificación y promueve la ejecución efectiva de los trabajos semanales (Ballard, 2000).

**Tren real del trabajo (Actual Work Train):** El término tren real del trabajo hace referencia al conjunto de tareas que, dentro de un proceso constructivo, han superado todas las condiciones previas necesarias para su ejecución inmediata. En el marco del Last Planner System (LPS), este concepto representa la fracción del plan que se ha depurado y validado para convertirse en producción efectiva. La correcta gestión del tren real del trabajo permite que el flujo de actividades avance sin interrupciones, reduciendo demoras, desperdicios y variabilidad en la obra, lo cual incrementa la confiabilidad del sistema productivo (Ballard, 2000).

**Valor Ganado (Earned Value Management - EVM):** Consiste en una técnica de control que integra el alcance, el costo y el cronograma del proyecto para evaluar el rendimiento del mismo. A través de indicadores como el Costo Real (AC),

el Valor Ganado (EV) y el Costo Planeado (PV), es posible detectar desviaciones y tomar decisiones oportunas para mejorar la gestión (Fleming & Koppelman, 2016).

**Construcción de instituciones educativas:** Hace referencia a la ejecución de infraestructuras destinadas a la enseñanza y el aprendizaje, que deben cumplir estándares de funcionalidad, accesibilidad y sostenibilidad. La gestión de estos proyectos requiere alta precisión en el uso de recursos públicos y control de calidad en cada etapa constructiva (Ministerio de Educación del Perú [MINEDU], 2022).

**Biblioteca universitaria:** Es un tipo de infraestructura educativa especializada que requiere condiciones específicas para garantizar el almacenamiento, conservación y acceso a recursos académicos. Su construcción debe considerar aspectos técnicos, tecnológicos y ambientales que aseguren su funcionamiento como espacio de aprendizaje y consulta (IFLA, 2019).

## CAPITULO III

### PLANTEAMIENTO DE LA (S) HIPÓTESIS Y VARIABLES

#### 3.1. Hipótesis

##### 3.1.1. Hipótesis general

La implementación de un modelo de gestión basado en la filosofía Lean Construction mejora significativamente la productividad en la construcción de instituciones educativas, en el caso específico de la Biblioteca de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, Cajamarca.

##### 3.1.2. Hipótesis específicas

- La aplicación de herramientas del Lean Construction permite aumentar el rendimiento de la mano de obra en la ejecución del proyecto de construcción de la Biblioteca de la UNACH.
- El uso de sistemas de planificación colaborativa, como el Last Planner System, contribuye al cumplimiento efectivo del cronograma de obra en el proyecto de construcción de la Biblioteca de la UNACH.
- La implementación del modelo Lean Construction reduce los desperdicios de recursos y tiempos improductivos durante el desarrollo de la obra.
- El enfoque Lean Construction mejora la coordinación y comunicación entre los actores del proyecto, lo que se refleja en una mayor eficiencia operativa en el proceso constructivo.

#### 3.2. Variables

**Variable 1:** Modelo de gestión bajo la filosofía Lean Construction

**Variable 2:** Productividad de ejecución de obras educativas

### 3.3 Operacionalización /categorización de los componentes de las hipótesis

**Tabla 4**

#### Operacionalización de los componentes de la hipótesis

Título	MODELO DE GESTIÓN BAJO LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION PARA LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE INSTITUCIONES EDUCATIVAS - CASO BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, CAJAMARCA			
Hipótesis	Definición operacional de las variables/categorías			
	VARIABLES	Dimensiones	Indicadores	Fuente o instrumento de recolección de datos
<b>Hipótesis General</b> La implementación de un modelo de gestión basado en la filosofía Lean Construction mejora significativamente la productividad en la construcción de instituciones educativas, en el caso específico de la Biblioteca de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, Cajamarca.	<b>Variable N°01:</b> <b>MODELO DE GESTIÓN BAJO LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION</b>	Eficiencia del plan (Last Planner System)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porcentaje de Plan Completado (PPC) semanal</li> <li>- Análisis de Causas de Incumplimiento</li> <li>- Número de restricciones identificadas y liberadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formato de LPS.</li> <li>- Registro de restricciones.</li> </ul>
		Uso de tiempos en el trabajo (Cartas Balance)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajo productivo (TP)</li> <li>- Trabajo Contributorio (TC)</li> <li>- Trabajo No Contributorio (TNC)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cartas balance de estructuras.</li> </ul>
		Colaboración y comunicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Índice de participación en reuniones LPS (%)</li> <li>- N° de coordinaciones interdisciplinarias semanales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis diario de producción con LPS.</li> </ul>
		Eficiencia en el uso de horas hombre	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Horas hombre previstas vs horas hombre reales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis diario de producción con LPS.</li> </ul>
		Desempeño de cronograma (medida indirecta de productividad global)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fecha real de término vs Fecha de término planificado</li> <li>- Variación del cronograma (SV)</li> <li>- SPI (índice de desempeño de cronograma)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presupuesto base</li> <li>- Reporte consolidado de gastos del Presupuesto de estructuras emitido por la Oficina de Administración y Logística</li> <li>- Control de hitos parciales</li> <li>- Valor Ganado (EVM)</li> </ul>
		Desempeño de costos (medida indirecta de productividad global)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variación del costo (CV).</li> <li>- CPI (índice de desempeño de costos).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis documental</li> <li>- Valor Ganado (EVM)</li> </ul>

Nota. La tabla 4, representa la definición operacional entre las variables y sus dimensiones.

## CAPITULO IV

### MARCO METODOLÓGICO

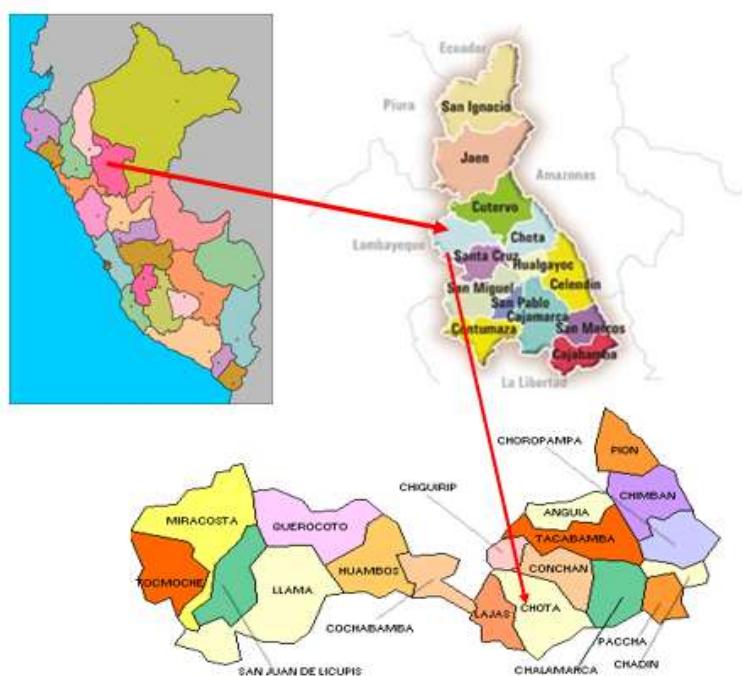
#### 4.1. Ubicación geográfica

La zona donde se realizó el estudio, y se ejecutó la obra, geográficamente está ubicada en el Departamento de Cajamarca, Provincia de Chota, Distrito de Chota, Localidad Colpamatara tiene las siguientes coordenadas UTM geográficas y altitud, son las siguientes:

- Localidad : Colpamatara
- Región Geográfica : Sierra
- Altitud : 2545 m.s.n.m.
- Coordenadas UTM Norte : 9'274,037S
- Coordenadas UTM Este : 759,908E
- Longitud Oeste : 78°38.977'O"
- Latitud Sur : 6°33.733'S"

**Figura 6**

Ubicación geográfica de la investigación



El terreno de la referencia tiene un área de 20,514.25 m<sup>2</sup>; de la cual la Biblioteca ocupó un área de 1320.06 m<sup>2</sup>, con un área techada de 3,322.07 m<sup>2</sup>.

Las condiciones geográficas del área de estudio no se encuentran prestas a desastres puesto que, poseen un bajo índice de ocurrencia de eventos desastrosos en el período histórico o reciente (movimientos en masa detonados por sismos y lluvias-huaycos). La mayor cantidad de movimientos en masa ocurridos en la región se asocian a eventos extremos hidro climáticos y escasos relacionados a movimientos sísmicos.

Por otro lado, las condiciones climáticas vienen dadas por un escenario lluvioso, semifrío y húmedo, con ausencia de lluvias en otoño e invierno.

Las épocas de lluvias son de noviembre a abril, y sus épocas de sequía de mayo a octubre.

Las características del clima fueron:

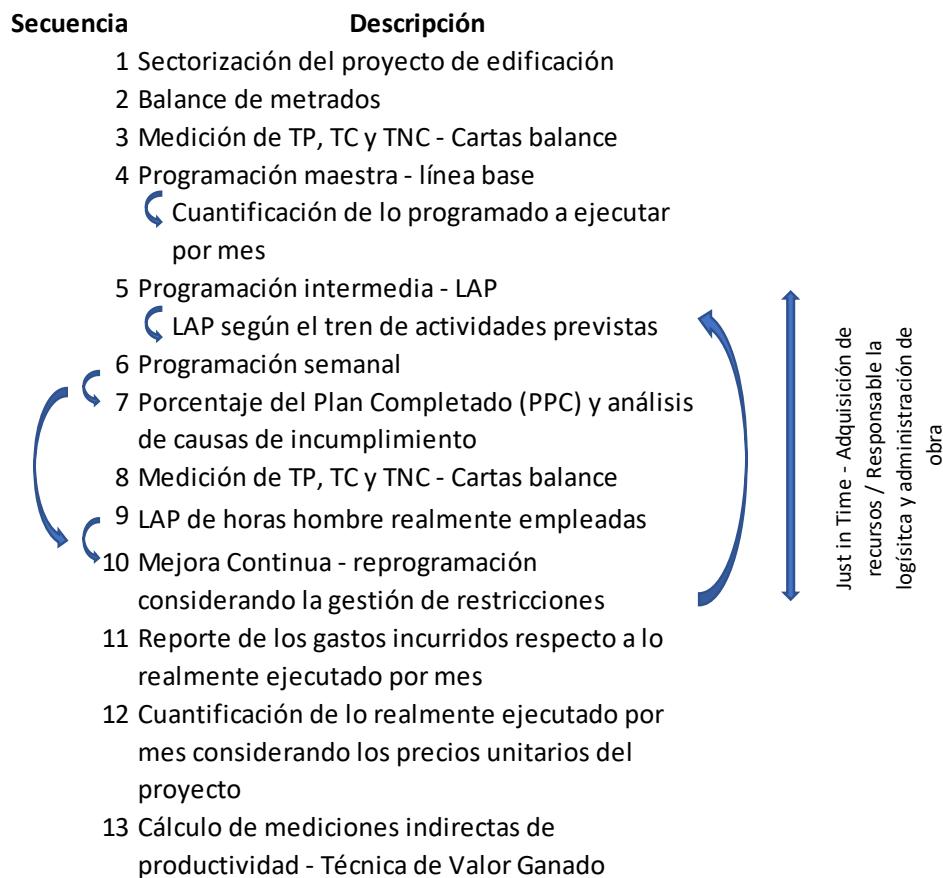
- Temperatura media mensual: 15.6°C
- Temperatura máxima: 22°C
- Temperatura mínima: 6°C
- Precipitación media mensual: 80 mm
- Precipitación máxima: 130.4 mm
- Precipitación mínima: 26.6 mm
- Radiación solar UV-B: Fluctúa entre el nivel alto (9-11) y muy alto (12-14)
- Humedad relativa: 88%
- Evaporación potencial
- Velocidad del viento: 8 km/h soplando de dirección norte.

#### 4.2. Diseño de la investigación

Se trabajó bajo el enfoque cuantitativo y cualitativo puesto que, la presente empleó una serie de herramientas claras y definidas para la aplicación de instrumentos de gestión, cuyos resultados o procesamiento de la información fueron expresados en valores numéricos para ser interpretados. Cada instrumento de gestión empleado, se elaboró con previa antelación de los trabajos; así como durante la ejecución de los mismos, puesto que consiste en planificaciones, monitoreo de las programaciones, identificación de causales de incumplimiento de las metas, y cierre de lo planificado. Por lo descrito, producto de constructos basados en la filosofía Lean Construction, tenemos el siguiente modelo de gestión basado en dicha filosofía.

**Figura 7**

Modelo de gestión para mejorar la productividad bajo filosofía Lean Construction

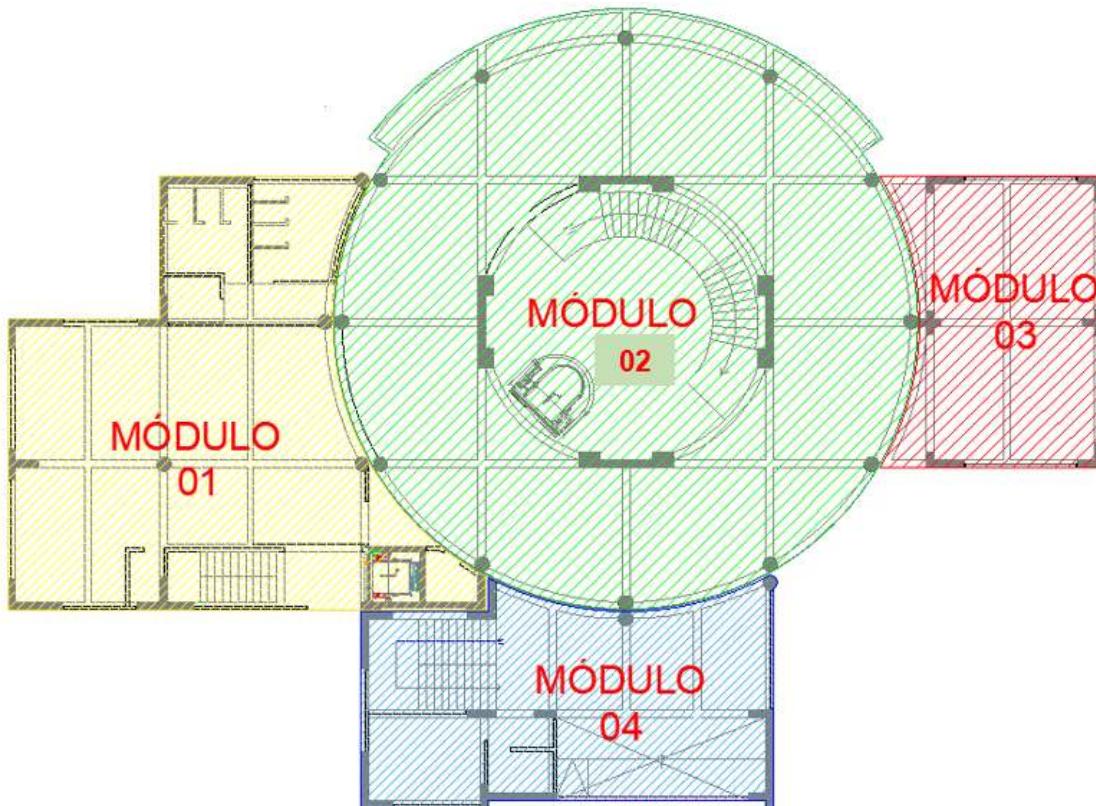


Para la ejecución de la investigación, se realizó el procedimiento siguiente:

1. En primer lugar, la implementación de las herramientas bajo la filosofía Lean Construction, se realizaron en una etapa temprana, que constó de la revisión integral del expediente técnico con el fin de identificar incompatibilidades que puedan traer consigo, variaciones del mismo expediente que puedan ocasionar mayor plazo de ejecución; y, por ende, variación presupuestal.
2. En segundo lugar, se realizó la sectorización, la cual viene dada por la configuración arquitectónica, misma que sirvió de ayuda para el desglose de metrados por cada sector.

**Figura 8**

Sectorización



3. Una vez definida la sectorización, se obtuvieron los metrados por sector y niveles.

### A. Muros de contención

**Tabla 5**

Metrados de muros de contención

Partidas por fase	Unidad	Cantidad
Zapatas muro de contención: acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	kg	8911.62
Concreto premezclado $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ en zapata de muro de contención	$\text{m}^3$	145.06
Pantalla muro de contención: acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	kg	11318.14
Encofrado de muro de contención	$\text{m}^2$	548.60
Concreto premezclado $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ en pantalla de muro de contención	$\text{m}^3$	339.83
Desencofrado de muro de contención	$\text{m}^2$	1088.70
Junta de dilatación $e=1"$	$\text{m}^2$	139.57
Curado superficial de muro de contención	$\text{m}^2$	1088.70

*Nota.* Solo el componente estructural.

### B. A nivel de subestructura

**Tabla 6**

Metrados de zapatas y vigas de cimentación

Zapatas y vigas de cimentación	Unidad	Cantidad
<b>Modulo 01</b>		
Armando de acero en zapatas	kg	4251.00
Armando de acero de vigas de cimentación	kg	3530.01
Encofrado de zapatas	$\text{m}^2$	57.84
Encofrado de vigas de cimentación	$\text{m}^2$	114.39
Concreto de zapatas y vigas de cimentación	$\text{m}^3$	114.13
Desencofrado de zapatas y vigas de cimentación	$\text{m}^2$	172.24
<b>Modulo 02</b>		
Armando de acero en zapatas	kg	11423.00
Armando de acero de vigas de cimentación	kg	9485.62
Encofrado de zapatas	$\text{m}^2$	94.63
Encofrado de vigas de cimentación	$\text{m}^2$	187.14
Concreto de zapatas y vigas de cimentación	$\text{m}^3$	234.47
Desencofrado de zapatas y vigas de cimentación	$\text{m}^2$	281.77

Zapatas y vigas de cimentación	Unidad	Cantidad
<b>Modulo 03</b>		
Armando de acero en zapatas	kg	1822.00
Armando de acero de vigas de cimentación	kg	1512.98
Encofrado de zapatas	m2	28.96
Encofrado de vigas de cimentación	m2	57.27
Concreto de zapatas y vigas de cimentación	m3	55.73
Desencofrado de zapatas y vigas de cimentación	m2	86.23
<b>Modulo 04</b>		
Armando de acero en zapatas	kg	3337.00
Armando de acero de vigas de cimentación	kg	2771.03
Encofrado de zapatas	m2	41.08
Encofrado de vigas de cimentación	m2	81.24
Concreto de zapatas y vigas de cimentación	m3	61.36
Desencofrado de zapatas y vigas de cimentación	m2	122.33

*Nota.* Solo el componente estructural.

## C. A nivel de superestructura

### C.1. Elementos verticales

#### Placas

**Tabla 7**

Metrado de habilitación y colocación de acero corrugado  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  en placas

Sector	Acero			
	Piso 01	Piso 02	Piso 03	Piso 04
Módulo 01	6998.04	5057.99	5057.99	5057.99
Módulo 02	4514.38	3262.87	3262.87	3262.87
Módulo 03	3545.10	2562.30	2562.30	2562.30
Módulo 04	5893.67	4259.78	4259.78	4259.78
<b>Total (kg)</b>				<b>66380.00</b>

**Tabla 8**

Metrado de encofrado y desencofrado de placas

<b>Encofrado</b>				
<b>Sector</b>	<b>Piso 01</b>	<b>Piso 02</b>	<b>Piso 03</b>	<b>Piso 04</b>
Módulo 01	308.05	222.65	222.65	222.65
Módulo 02	186.04	134.47	134.47	134.47
Módulo 03	119.18	86.14	86.14	86.14
Módulo 04	192.81	139.36	139.36	139.36
<b>Total (m<sup>2</sup>)</b>				<b>2553.92</b>

**Tabla 9**Metrado de llenado de concreto premezclado f'c 210 kg/cm<sup>2</sup> en placas

<b>Concreto</b>				
<b>Sector</b>	<b>Piso 01</b>	<b>Piso 02</b>	<b>Piso 03</b>	<b>Piso 04</b>
Módulo 01	39.14	28.29	28.29	28.29
Módulo 02	32.72	23.65	23.65	23.65
Módulo 03	15.20	10.99	10.99	10.99
Módulo 04	26.66	19.27	19.27	19.27
<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>				<b>360.32</b>

**Columnas****Tabla 10**Metrado de habilitación y colocación de acero corrugado fy = 4200 kg/cm<sup>2</sup> en columnas

<b>Acero</b>				
<b>Sector</b>	<b>Piso 01</b>	<b>Piso 02</b>	<b>Piso 03</b>	<b>Piso 04</b>
Módulo 01	998.32	721.56	721.56	721.56
Módulo 02	2995.28	2164.91	2164.91	2164.91
Módulo 03	0.00	0.00	0.00	0.00
Módulo 04	1061.76	767.41	767.41	767.41
<b>Total (kg)</b>				<b>16017.00</b>

**Tabla 11**

Metrado de encofrado y desencofrado de columnas

<b>Encofrado</b>				
<b>Sector</b>	<b>Piso 01</b>	<b>Piso 02</b>	<b>Piso 03</b>	<b>Piso 04</b>
Módulo 01	35.35	25.55	25.55	25.55
Módulo 02	106.05	76.65	76.65	76.65
Módulo 03	0.00	0.00	0.00	0.00
Módulo 04	43.94	31.76	31.76	31.76
<b>Total (m<sup>2</sup>)</b>				<b>587.20</b>

**Tabla 12**Metrado de llenado de concreto premezclado f'c 210 kg/cm<sup>2</sup> en columnas

<b>Concreto</b>				
<b>Sector</b>	<b>Piso 01</b>	<b>Piso 02</b>	<b>Piso 03</b>	<b>Piso 04</b>
Módulo 01	5.05	3.65	3.65	3.65
Módulo 02	15.15	10.95	10.95	10.95
Módulo 03	0.00	0.00	0.00	0.00
Módulo 04	5.56	4.02	4.02	4.02
	<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>			<b>81.60</b>

**C.2 Elementos horizontales****Vigas****Tabla 13**Metrado de habilitación y colocación de acero corrugado f<sub>y</sub> = 4200 kg/cm<sup>2</sup> en vigas

<b>Acero</b>				
<b>Sector</b>	<b>Piso 01</b>	<b>Piso 02</b>	<b>Piso 03</b>	<b>Piso 04</b>
Módulo 01	3113.00	3113.00	3113.00	3113.00
Módulo 02	3408.25	3408.25	3408.25	3408.25
Módulo 03	1685.00	1685.00	1685.00	1685.00
Módulo 04	1898.75	1898.75	1898.75	1898.75
	<b>Total (kg)</b>			<b>40420.00</b>

**Tabla 14**

Metrado de encofrados y desencofrado lateral de vigas

<b>Encofrado - laterales</b>				
<b>Sector</b>	<b>Piso 01</b>	<b>Piso 02</b>	<b>Piso 03</b>	<b>Piso 04</b>
Módulo 01	92.18	92.18	92.18	92.18
Módulo 02	170.88	170.88	170.88	170.88
Módulo 03	46.93	46.93	46.93	46.93
Módulo 04	56.86	56.86	56.86	56.86
	<b>Total (m<sup>2</sup>)</b>			<b>1467.42</b>

**Tabla 15**

Metrado de encofrados y desencofrado de fondos de vigas

<b>Encofrado - fondos de viga</b>				
<b>Sector</b>	<b>Piso 01</b>	<b>Piso 02</b>	<b>Piso 03</b>	<b>Piso 04</b>
Módulo 01	36.24	36.24	36.24	36.24
Módulo 02	66.29	66.29	66.29	66.29
Módulo 03	20.00	20.00	20.00	20.00
Módulo 04	22.56	22.56	22.56	22.56
	<b>Total (m<sup>2</sup>)</b>			<b>580.35</b>

**Tabla 16**Metrado de llenado de concreto premezclado f'c 210 kg/cm<sup>2</sup> en vigas

<b>Concreto</b>				
<b>Sector</b>	<b>Piso 01</b>	<b>Piso 02</b>	<b>Piso 03</b>	<b>Piso 04</b>
Módulo 01	20.39	20.39	20.39	20.39
Módulo 02	38.74	38.74	38.74	38.74
Módulo 03	10.80	10.80	10.80	10.80
Módulo 04	13.01	13.01	13.01	13.01
	<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>			<b>331.76</b>

**Losa aligerada****Tabla 17**Metrado de habilitación y colocación de acero corrugado f<sub>y</sub> = 4200 kg/cm<sup>2</sup> en losa aligerada

<b>Acero</b>				
<b>Sector</b>	<b>Piso 01</b>	<b>Piso 02</b>	<b>Piso 03</b>	<b>Piso 04</b>
Módulo 01	982.75	982.75	982.75	982.75
Módulo 02	939.00	939.00	939.00	939.00
Módulo 03	369.50	369.50	369.50	369.50
Módulo 04	367.00	512.33	512.33	512.33
	<b>Total (kg)</b>			<b>11069.00</b>

**Tabla 18**

Metrado de encofrados y desencofrado de losa aligerada

<b>Encofrado</b>				
<b>Sector</b>	<b>Piso 01</b>	<b>Piso 02</b>	<b>Piso 03</b>	<b>Piso 04</b>
Módulo 01	156.00	156.00	156.00	156.00
Módulo 02	165.16	165.16	165.16	165.16
Módulo 03	68.99	68.99	68.99	68.99
Módulo 04	53.99	76.70	76.70	76.70
	<b>Total (m<sup>2</sup>)</b>			<b>1844.67</b>

**Tabla 19**

Metrado de colocación de ladrillo hueco 15x30x30cm

<b>Colocación de ladrillo hueco 15x30x30cm</b>				
<b>Sector</b>	<b>Piso 01</b>	<b>Piso 02</b>	<b>Piso 03</b>	<b>Piso 04</b>
Módulo 01	1299.48	1299.48	1299.48	1299.48
Módulo 02	1375.78	1375.78	1375.78	1375.78
Módulo 03	574.65	574.65	574.65	574.65
Módulo 04	449.74	715.61	715.61	715.61
	<b>Total (und)</b>			<b>15596.20</b>

**Tabla 20**Metrado de llenado de concreto premezclado  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en losa aligerada

<b>Concreto</b>				
<b>Sector</b>	<b>Piso 01</b>	<b>Piso 02</b>	<b>Piso 03</b>	<b>Piso 04</b>
Módulo 01	13.65	13.65	13.65	13.65
Módulo 02	14.45	14.45	14.45	14.45
Módulo 03	6.04	6.04	6.04	6.04
Módulo 04	4.72	6.71	6.71	6.71
	<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>			<b>161.40</b>

**Losas macizas****Tabla 21**Metrado de habilitación y colocación de acero corrugado  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  en losa maciza

<b>Acero</b>				
<b>Sector</b>	<b>Piso 01</b>	<b>Piso 02</b>	<b>Piso 03</b>	<b>Piso 04</b>
Módulo 01	874.75	874.75	874.75	874.75
Módulo 02	3805.75	3805.75	3805.75	3805.75
Módulo 03	411.00	411.00	411.00	411.00
Módulo 04	543.00	543.00	543.00	543.00
	<b>Total (kg)</b>			<b>22538.00</b>

**Tabla 22**

Metrado de encofrados y desencofrado de losa maciza

<b>Encofrado</b>				
<b>Sector</b>	<b>Piso 01</b>	<b>Piso 02</b>	<b>Piso 03</b>	<b>Piso 04</b>
Módulo 01	16.25	24.75	24.75	24.75
Módulo 02	81.48	81.48	81.48	81.48
Módulo 03	4.80	4.80	4.80	4.80
Módulo 04	4.37	3.26	3.26	19.97
	<b>Total (m<sup>2</sup>)</b>			<b>466.48</b>

**Tabla 23**Metrado de llenado de concreto premezclado  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en losa maciza

<b>Concreto</b>				
<b>Sector</b>	<b>Piso 01</b>	<b>Piso 02</b>	<b>Piso 03</b>	<b>Piso 04</b>
Módulo 01	3.25	4.95	4.95	4.95
Módulo 02	16.30	16.30	16.30	16.30
Módulo 03	0.96	0.96	0.96	0.96
Módulo 04	0.87	0.65	0.65	3.99
	<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>			<b>93.29</b>

## Escaleras

**Tabla 24**

Metrado de habilitación y colocación de acero corrugado  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  en escaleras

Sector	Acero			
	Piso 01	Piso 02	Piso 03	Piso 04
Módulo 01	264.00	0.00	0.00	0.00
Módulo 02	388.00	392.50	392.50	0.00
Módulo 04	447.00	403.50	403.50	0.00
<b>Total (kg)</b>				<b>2691.00</b>

*Nota.* El módulo 03 no posee escalera.

**Tabla 25**

Metrado de encofrados y desencofrado de escaleras

Sector	Encofrado			
	Piso 01	Piso 02	Piso 03	Piso 04
Módulo 01	17.72	0.00	0.00	0.00
Módulo 02	27.51	26.82	26.82	0.00
Módulo 04	30.82	27.96	27.96	0.00
<b>Total (m<sup>2</sup>)</b>				<b>185.61</b>

*Nota.* El módulo 03 no posee escalera.

**Tabla 26**

Metrado de llenado de concreto premezclado  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en escaleras

Sector	Concreto			
	Piso 01	Piso 02	Piso 03	Piso 04
Módulo 01	4.11	0.00	0.00	0.00
Módulo 02	6.34	5.08	5.08	0.00
Módulo 04	7.14	5.20	5.20	0.00
<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>				<b>38.15</b>

*Nota.* El módulo 03 no posee escalera.

## Cisterna

**Tabla 27**

Metrado de componentes estructurales de la cisterna

Fases	Unidad	Cantidad
Habilitación de acero en paredes y fondo de cisterna	kg	4417.78
Encofrado de paredes	m <sup>2</sup>	201.60
Concreto en fondo y paredes de cisterna	kg	42.09
Encofrado de techo de cisterna	m <sup>2</sup>	45.00
Habilitación de acero en techo	kg	325.12
Concreto para techo de cisterna	m <sup>3</sup>	9.00
Desencofrado de cisterna	m <sup>2</sup>	246.60

## Estructuras metálicas

**Tabla 28**

Metrado de confección e instalación de tijerales metálicos con tubos LAC

Tijerales con tubos LAC	
Sector	Cantidad
Módulo 01	1157.10
Módulo 02	6785.96
Módulo 03	510.04
Módulo 04	716.75
<b>Total (kg)</b>	<b>9169.85</b>

**Tabla 29**

Metrado de confección e instalación de arriostres metálicos con tubos LAC

Arriostre tubos LAC	
Sector	Cantidad
Módulo 01	522.26
Módulo 02	1205.74
Módulo 03	216.83
Módulo 04	183.38
<b>Total (kg)</b>	<b>2128.21</b>

**Tabla 30**

Metrado de suministro e instalación de correas metálicas con tubos LAC

Correa metálica con tubos LAC	
Sector	Cantidad
Módulo 01	443.38
Módulo 02	2600.25
Módulo 03	195.44
Módulo 04	274.65
<b>Total (kg)</b>	<b>3513.71</b>

4. Posteriormente, se planteó la línea base de planeación, definiéndose esta como master Schedule – programación maestra, la cual se realizó en función a los rendimientos por cuadrilla que vienen dadas por los Análisis de Precios Unitarios de cada partida, los mismos que multiplicados por la cantidad o metrado a ejecutarse, y divididos entre el número de cuadrillas asignadas, determina el tiempo o plazo de duración. Por ejemplo, según la figura 9, para la habilitación y colocación de acero de refuerzo en placas, una cuadrilla rinde 250 kg/día, definamos “día”, como una jornada laboral de 8 horas. Ahora bien, la figura 8 indica que la actividad "Armado de acero en zapatas y vigas de cimentación" del módulo 01, posee 7,781.01 kg de acero, lo que, dividiendo entre el rendimiento, se necesitaría de 31.12 días para su culminación, en caso de emplearse una sola cuadrilla; sin embargo, si asignamos 4 cuadrillas, obtendríamos que el plazo de duración de dicha actividad, sería de 7.78 días; es decir, 8 días, plazo que se refleja en la misma figura.

**Figura 9**

Duración de la actividad "Armado de acero en zapatas y vigas de cimentación" del módulo 01, según programación maestra

MASTER SCHEDULE / PROGRAMACIÓN MAESTRA - "ACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA" - CUI 2324203																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
CANTIDAD	DETALLE DE ACTIVIDAD	TIPO DE ACTIVIDAD	FECHA	SISTEMA DE TIEMPO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048	1049	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1079	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086	1087	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103	1104	1105	1106	1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116	1117	1118	1119	1120	1121	1122	1123	1124	1125	1126	1127	1128	1129	1130	1131	1132	1133	1134	1135	1136	1137	1138	1139	1140	1141	1142	1143	1144	1145	1146	1147	1148	1149	1150	1151	1152	1153	1154	1155	1156	1157	1158	1159	1160	1161	1162	1163	1164	1165	1166	1167	1168	1169	1170	1171	1172	1173	1174	1175	1176	1177	1178	1179	1180	1181	1182	1183	1184	1185	1186	1187	1188	1189	1190	1191	1192	1193	1194	1195	1196	1197	1198	1199	1200	1201	1202	1203	1204	1205	1206	1207	1208	1209	1210	1211	1212	1213	1214	1215	1216	1217	1218	1219	1220	1221	1222	1223	1224	1225	1226	1227	1228	1229	1230	1231	1232	1233	1234	1235	1236	1237	1238	1239	1240	1241	1242	1243	1244	1245	1246	1247	1248	1249	1250	1251	1252	1253	1254	1255	1256	1257	1258	1259	1260	1261	1262	1263	1264	1265	1266	1267	1268	1269	1270	1271	1272	1273	1274	1275	1276	1277	1278	1279	1280	1281	1282	1283	1284	1285	1286	1287	1288	1289	1290	1291	1292	1293	1294	1295	1296	1297	1298	1299	1300	1301	1302	1303	1304	1305	1306	1307	1308	1309	1310	1311	1312	1313	1314	1315	1316	1317	1318	1319	1320	1321	1322	1323	1324	1325	1326	1327	1328	1329	1330	1331	1332	1333	1334	1335	1336	1337	1338	1339	1340	1341	1342	1343	1344	1345	1346	1347	1348	1349	1350	1351	1352	1353	1354	1355	1356	1357	1358	1359	1360	1361	1362	1363	1364	1365	1366	1367	1368	1369	1370
<th

**Figura 10**

## Análisis de precios unitario de la partida 03.03.04.03 PLACAS: ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm<sup>2</sup>

Partida	03.03.04.03	PLACAS: ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm <sup>2</sup>				
Rendimiento	kg/DIA	MO: 250.0000	EQ: 250.0000	Costo unitario directo por kg		7.70
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio Si.	Parcial Si.
0101010003	OPERARIO Mano de Obra	hh	1.5000	0.0480	24.22	1.15
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	17.07	0.55
						1.71
<b>Materiales</b>						
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		0.0600	5.59	0.34
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 80	kg		1.0700	4.92	5.26
						5.60
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.71	0.05
0301010048	CIZALLA PARA CORTE DE FIERRO	hm	1.0000	0.0320	6.40	0.20
0301010053	DOBLADORA	hm	1.0000	0.0320	4.25	0.14
						0.39

Nota. Tomado del expediente técnico de la construcción de la biblioteca de la UNACH.

Por otro lado, tomando como referencia la figura 9, se tiene 0.080 hh/kg como ratio de productividad meta ( $IP_{Meta}$ ), el cual resulta de la suma de la cantidad de horas hombre de operario (0.0480 hh/kg) y oficial (0.0320 hh/kg) empleadas por kg de acero de refuerzo habilitado y colocado en elementos verticales como placas, estos ratios de productividad meta, servirán de referencia para comparar a los obtenidos en la producción diaria mediante observación directa y documentada en el LPS.

5. Definida la programación maestra, se realizó el desglose de la misma, es decir, la programación por fases – *Look Ahead Planning* (LAP), el cual se trabajó en períodos de 6 semanas, al igual que sus variaciones semanales. Cabe indicar que, en esta fase se realizó la gestión de restricciones.
  6. Después de haber gestionado las restricciones e identificado los hitos parciales plasmados en el LAP, se procedió al monitoreo por semana, el cual se define como plan semanal. En esta etapa se realizó el control del uso de tiempos de la mano de obra con cartas balance midiéndose el trabajo productivo, Contributorio y no Contributorio; además de la verificación de lo programado. Al finalizar la

semana se realizó el análisis del porcentaje del plan cumplimiento (PPC), el cual consistió en la medición del porcentaje de las actividades programadas que se cumplieron en la semana programada, identificando a su vez, las causas de incumplimiento de las que no lograron llevarse a cabo.

7. Identificadas las causas de incumplimiento de las partidas programadas en la semana, se realizaron reprogramaciones en el LAP para contar con un nuevo plan semanal libre de restricciones, así como nuevas estrategias para lograr lo programado. El aprendizaje del control semanal, es conocido como lecciones aprendidas, las cuales contribuyeron a la mejora continua para con el control del proyecto. Cabe señalar que, las reprogramaciones se realizaron en base a compromisos de los involucrados mediante reuniones de producción, donde todo el equipo técnico participa.
8. El ciclo de control se repitió hasta lograr un balance y estandarización en los procesos.
9. Paralelamente a la metodología *Last Planner System*, específicamente a los pasos de los ítems 5 y 6, comparando los trenes de trabajo previstos respecto a los trenes de trabajo reales, se realizó la medición de la productividad horas hombre, el cual se obtuvo de la división entre la HH Previstas respecto a las HH Reales. Los resultados de esta herramienta, se expresaron en porcentajes de productividad de mano de obra.
10. Asimismo, con fines de determinar los indicadores del factor cumplimiento del cronograma, se realizó la comparativo del avance real vs avance programado, además de emplearse técnicas de valor ganado, donde obtuvimos la variación del cronograma (SV) y el índice de desempeño del cronograma (SPI).
11. Posteriormente, se consolidó la información de los cronogramas en comparación con los trenes reales de trabajos que, en conjunto con la información brindada por el responsable de la logística y administración del proyecto en mención,

aplicamos las técnicas del valor ganado, obteniendo ratios de medición como Variación del costo (CV) e Índice de desempeño de costos (CPI), este último representaría la productividad global de la especialidad de estructuras.

Los indicadores de productividad resultantes de la presente investigación se compararon con los resultados esperados o previstos en el expediente técnico, con el fin de identificar la mejora de productividad.

#### **4.3. Métodos de investigación**

##### **Métodos del pensamiento:**

Dentro del método del tránsito de lo abstracto a lo concreto, o métodos del pensamiento, la presente fue elaborada bajo el método de carácter hipotético-deductivo, puesto que, se buscó evidenciar las mejoras de la productividad en la construcción de edificaciones educativas mediante la implementación y aplicación de un modelo de gestión, con el fin de reducir las posibilidades de incumplimiento de plazo de ejecución y aumento presupuestal.

#### **4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación**

##### **Población**

La población del presente estudio está conformada por todas las actividades constructivas que componen el proyecto de edificación de la Biblioteca Central de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, específicamente aquellas vinculadas a la ejecución de partidas de obra civil durante el periodo de intervención del proyecto. En este contexto, se delimita la población a las partidas desarrolladas por cuadrillas de obra de la especialidad de estructuras, dado que esta etapa representa

una porción crítica y técnicamente significativa en el proceso constructivo. La elección de esta población responde a dos criterios principales:

- a) volumen de recursos técnicos y humanos que demanda la especialidad, y
- b) su alta influencia en la línea base de costos y plazo proyectado según los Análisis de Precios Unitarios (APU) del expediente técnico.

### **Muestra**

La muestra está conformada por un conjunto intencional de partidas representativas de la especialidad de estructuras, seleccionadas bajo criterios de recurrencia, criticidad y peso presupuestal. Las partidas seleccionadas hacen referencia a elementos estructurales como muros de contención, zapatas y vigas de cimentación, placas, columnas, vigas, losa aligerada y losa maciza, escaleras, y cisterna, dentro de cada uno, se incluyen:

- Armado de acero
- Encofrado y desencofrado
- Vaciado de concreto armado

Adicionalmente, se estudiaron partidas de estructuras metálicas, como tijerales, arriostres y correas.

Estas actividades fueron seleccionadas por su alto nivel de repetitividad, lo cual facilita la observación continua y la recopilación de datos en campo; además, se encuentran entre las de mayor consumo de mano de obra directa y se vinculan directamente con los indicadores de productividad como el Ratio de Productividad Meta (calculado desde el APU), el Porcentaje de Plan Completado (PPC), así como con los índices de desempeño SPI (Schedule Performance Index) y CPI (Cost Performance Index) del método del Valor Ganado.

## Unidad de Análisis

La unidad de análisis corresponde a cada frente de trabajo estructural observado durante un ciclo de producción completo, definido como el conjunto de actividades ejecutadas por una cuadrilla para una partida específica, en un periodo diario o semanal, según corresponda.

Esta unidad permite relacionar directamente:

- El rendimiento real (medido en campo por la producción diaria),
- El ratio de productividad meta establecida en el APU,
- El cumplimiento de compromisos planificados (vía LPS y PPC), y
- El desempeño de costos y tiempos (a través del SPI y CPI).

Esta aproximación metodológica permite establecer relaciones causales y correlacionales entre la planificación técnica presupuestada y la ejecución real, validando la hipótesis de que la aplicación de un modelo de gestión Lean puede generar mejoras mensurables en productividad.

## 4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información

### Técnicas

#### a) Observación directa estructurada:

- Se aplicó observación sistemática en campo, dirigida al seguimiento del desempeño de cuadrillas durante la ejecución de partidas estructurales seleccionadas. Esta técnica permitió el levantamiento de datos sobre el tiempo efectivo de trabajo, interrupciones, esperas, desplazamientos y demás variables necesarias para elaborar la Carta Balance. La observación fue planificada según turnos de trabajo y con apoyo de asistentes de residente y residente de obra, para garantizar la continuidad del proceso constructivo durante la medición.

b) Medición documental

- Se empleó el análisis documental para extraer información de los planos de la especialidad de estructuras, verificación de metrados y análisis de precios unitarios (APU) del expediente técnico. Esta información fue clave para calcular el Ratio de Productividad Meta ( $IP_{Meta}$ ), así como para establecer los parámetros de tiempo y costo previstos con los que se comparó la productividad real.

c) Aplicación del sistema Last Planner (LPS)

- Durante las reuniones semanales de planificación, se aplicó la técnica de seguimiento del Porcentaje de Plan Completado (PPC), registrando los compromisos asumidos y cumplidos por las cuadrillas de trabajo en obra. Este indicador se convirtió en insumo clave para correlacionar el nivel de planificación colaborativa con los resultados de productividad observados.

d) Técnica del valor ganado (Earned Value Management – EVM)

- Se utilizó esta técnica para calcular los índices SPI (Schedule Performance Index) y CPI (Cost Performance Index), que expresan la eficiencia temporal y financiera del proyecto. La información fue extraída de la programación maestra, tren real del LAP (Lookahead Planning), y reporte de los gastos incurridos por mes de la especialidad de estructuras, emitida por el encargado de administración y logística de la empresa contratista de la ejecución; lo que permitió construir las curvas de Valor Planeado (PV), Valor Ganado (EV) y Costo Real (AC).

## Instrumentos

### a) Formato de carta balance

- Instrumento estructurado en matriz, diseñado para registrar en intervalos de tiempo (cada 2 minutos) las actividades observadas durante la jornada laboral. Cada registro fue categorizado como Trabajo Productivo, Contributorio o No Contributorio, permitiendo generar gráficos de distribución y ratios de eficiencia. Este formato fue adaptado del modelo propuesto por Ghio et al. (2000) y validado por estudios nacionales recientes (Villavicencio, 2024; Fernández Echevarría, 2024).

### b) Plantillas de cálculo de productividad

- Se emplearon hojas de cálculo para comparar los datos recolectados en campo con los rendimientos previstos en el APU. Estas plantillas incluyeron funciones de cálculo automático para el IP<sub>Meta</sub> y la Productividad Real (PR), así como su diferencia porcentual.

### c) Cuadro Programación semanal y control de PPC

- Se implementó un formato semanal para registrar el número de tareas planificadas, ejecutadas y reprogramadas, con el fin de calcular el Porcentaje de Plan Completado. Este instrumento fue aplicado y validado en las reuniones de planificación semanales del Last Planner System.

### d) Tablas de control de EVM

- Se construyeron matrices con datos de avance físico y valorizaciones económicas del proyecto, lo que permitió calcular los valores de PV, EV y AC y obtener los indicadores SPI y CPI. Estas tablas se cruzaron

posteriormente con los resultados del PPC y de productividad real para identificar correlaciones.

#### **4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información**

Organización gráfica de datos empleando tablas u organizadores visuales que faciliten la esquematización de los resultados numéricos y porcentuales en cuanto las dimensiones costo y tiempo del proyecto.

#### **4.7. Equipos, materiales e insumos**

**Tabla 31**

Equipos, materiales y servicios empleados en el presente estudio

<b>Equipos</b>	<b>Materiales</b>	<b>Insumos (Factor humano)</b>	<b>Servicios</b>
Impresora	Papel bond A4	Asesor UNC	Movilidad
Laptop Core i7	Papel bond A3	Ingenieros asistentes	Internet
Folder Manila	Planos en A2 y A1 CD regrabable y USB Folder Manila Lapiceros Tablero Pizarra acrílica Notas adhesivas de colores	Residente de obra	Alimentación Anillado y empastado

## 4.8. Matriz de consistencia metodológica

Tabla 32

### Matriz de consistencia metodológica

Título	MODELO DE GESTIÓN BAJO LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION PARA LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE INSTITUCIONES EDUCATIVAS - CASO BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, CAJAMARCA					
	Objetivos	Hipótesis	Definición operacional de las variables/categorías			
Formulación del problema			Variables/ categorías	Dimensiones/ factores	Indicadores/ cualidades	Fuente o instrumento de recolección de datos
<b>Objetivo General</b> Determinar la mejora de la productividad con un modelo de gestión basado en la filosofía Lean Construction puede mejorar la productividad en la ejecución de instituciones educativas, tomando como caso de estudio la construcción de la biblioteca de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, Cajamarca.	<b>Hipótesis General</b> La implementación de un modelo de gestión basado en la filosofía Lean Construction mejora significativamente la productividad en la construcción de instituciones educativas, en el caso específico de la Biblioteca de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, Cajamarca.	<b>Variable N°01:</b> <b>MODELO DE GESTIÓN BAJO LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION</b>	Eficiencia del plan (LPS)	- Porcentaje de Plan Completado (PPC) semanal - Análisis de Causas de Incumplimiento - Número de restricciones identificadas y liberadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formato de LPS</li> <li>• Registro de restricciones</li> </ul>	
<b>Preguntas Específicas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿De qué manera las herramientas del Lean Construction afectan el rendimiento de la mano de obra en la construcción de la Biblioteca de la UNACH?</li> <li>• ¿Qué impacto tiene la planificación colaborativa mediante el Last Planner System en el cumplimiento del cronograma de obra?</li> <li>• ¿Cómo contribuye la aplicación del modelo Lean Construction a la reducción de desperdicios y tiempos improductivos en el proceso constructivo?</li> <li>• ¿En qué medida la filosofía Lean Construction mejora la coordinación y comunicación entre los actores del proyecto durante la ejecución de la obra?</li> </ul>	<b>Objetivos Específicos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar el efecto de las herramientas Lean Construction sobre el rendimiento de la mano de obra durante la ejecución del proyecto.</li> <li>• Analizar el impacto del sistema de planificación colaborativa (Last Planner System) en el cumplimiento del cronograma de obra.</li> <li>• Identificar y medir la reducción de desperdicios y tiempos improductivos a partir de la implementación del modelo Lean Construction.</li> <li>• Determinar cómo influye la gestión Lean en la mejora de la coordinación y comunicación entre los involucrados en el proyecto constructivo.</li> </ul>		Uso de tiempos en el trabajo (Cartas Balance)	- Trabajo productivo (TP) - Trabajo Contributorio (TC) - Trabajo No Contributorio (TNC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartas balance de estructuras</li> </ul>	
			Colaboración y comunicación	- Índice de participación en reuniones LPS (%) - N° de coordinaciones interdisciplinarias semanales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis diario de producción con LPS</li> </ul>	
			Eficiencia en el uso de horas hombre	- Horas hombre previstas vs horas hombre reales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis diario de producción con LPS.</li> </ul>	
			Desempeño de cronograma (medida indirecta de productividad global)	- Fecha real de término vs Fecha de término planificado - Variación del cronograma (SV) - SPI (índice de desempeño de cronograma)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de hitos parciales</li> <li>• Presupuesto base</li> <li>• Reporte consolidado de gastos del Presupuesto de estructuras emitido por la Oficina de Administración y Logística</li> <li>• Valor Ganado (EVM)</li> </ul>	
			Desempeño de costos (medida indirecta de productividad global)	- Variación del costo (CV). - CPI (índice de desempeño de costos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis documental</li> <li>• Valor Ganado (EVM)</li> </ul>	

## CAPITULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### **5.1. Presentación de resultados**

##### **5.1.1. Resultados de la planificación colaborativa – Last Planner System**

###### **5.1.1.1. Resultados del Porcentaje de Plan Completado (PPC) semanal**

Durante la ejecución del proyecto, se realizó un seguimiento continuo al cumplimiento de las actividades planificadas semanalmente mediante la metodología Last Planner System (LPS), registrando tanto las tareas ejecutadas como aquellas no cumplidas por semana. A partir de estos datos, se calculó el Porcentaje de Plan Completado (PPC) semanal y su acumulado, permitiendo evaluar el nivel de confiabilidad de la planificación a lo largo del tiempo.

Como puede observarse en la tabla 33 y figura 10, en las primeras semanas del proyecto, los resultados mostraron una variabilidad significativa en el cumplimiento del plan, con un PPC inicial del 60% en la semana 1 y valores tan bajos como 55% en la semana 3, lo que evidenció una necesidad de ajuste en la planificación y en los compromisos de ejecución. Sin embargo, a partir de la semana 13, se alcanzó un 82% acumulado, lo que indica un proceso gradual de mejora en la capacidad de cumplimiento de compromisos por parte de las cuadrillas de trabajo. Esta progresión sugiere una curva de aprendizaje positiva, producto del ajuste continuo en la planificación semanal y la eliminación progresiva de restricciones identificadas en las reuniones de planificación.

A partir de la semana 14, se observó una estabilización del indicador, manteniéndose el PPC acumulado entre el 81 % y el 83 % durante las semanas siguientes. Esto refleja una mejora sostenida en la fiabilidad del

sistema de compromisos, característica fundamental del LPS. Asimismo, se destaca particularmente el desempeño durante las semanas 23 y 26, en las cuales se alcanzó un 100 % de cumplimiento semanal, lo que contribuyó directamente al fortalecimiento del promedio acumulado final. Cabe indicar que en la semana 17 no hubo actividad alguna, debido a que el plazo de ejecución de la obra fue suspendido por la resolución del contrato de la supervisión.

En la semana 20 se registró el menor valor semanal con un PPC de 63 % después del registrado en la semana 3, seguido por una recuperación progresiva que demuestra la capacidad del equipo para implementar acciones correctivas. Este tipo de variaciones evidencian que, si bien el sistema es sensible a factores externos y logísticos, también se comporta como una herramienta eficaz para retroalimentar el proceso constructivo.

Al cierre de las 26 semanas, el PPC acumulado se consolidó en 82 %, lo cual, según la literatura especializada (Ballard & Howell, 2003), se considera un desempeño eficiente y maduro dentro de un sistema de producción planificado bajo la filosofía Lean. Esta cifra sugiere que el modelo de gestión implementado favoreció un entorno colaborativo y disciplinado, con capacidad de adaptación frente a los desafíos propios de la obra.

**Tabla 33.**

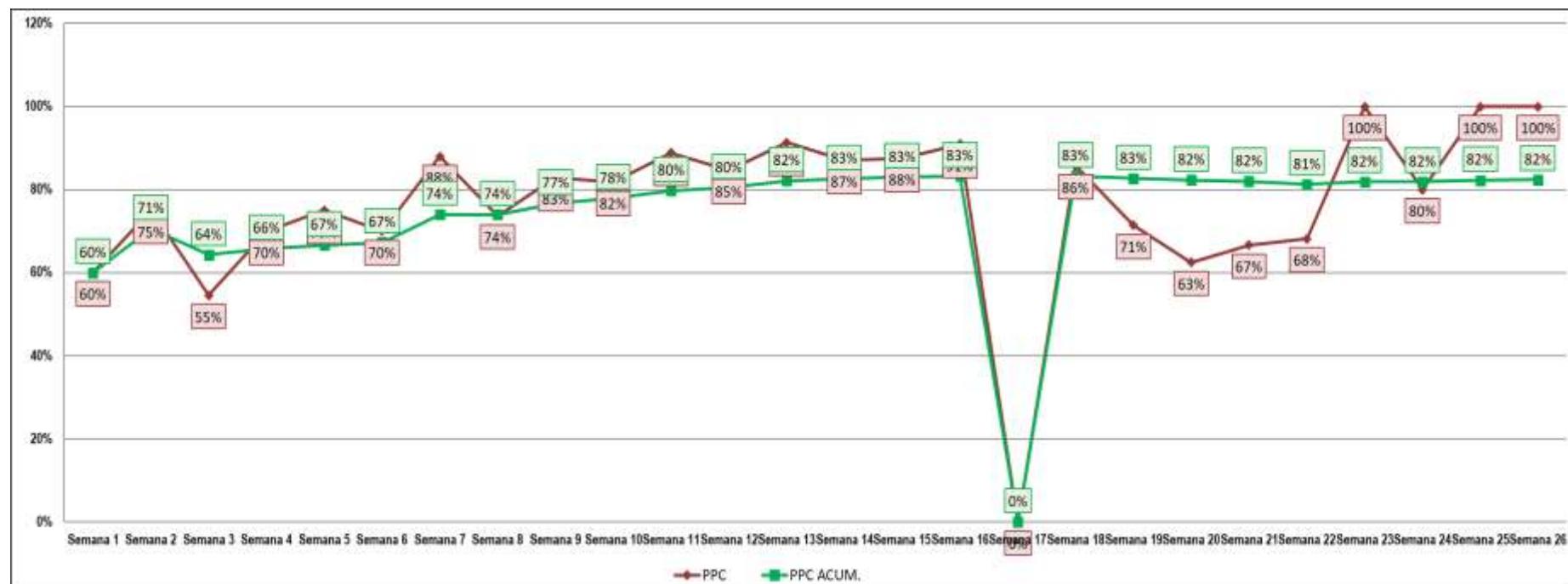
Resultados de porcentaje del plan completado

PPC ACUMULADO					
Semanas	Actividades Ejecutadas	Actividades No Cumplidas	PPC	PPC ACUM.	
Semana 1	15/08/2023-20/08/2023	3	2	60%	60%
Semana 2	21/08/2023-27/08/2023	9	3	75%	71%
Semana 3	28/08/2023-03/09/2023	6	5	55%	64%
Semana 4	04/09/2023-10/09/2023	7	3	70%	66%
Semana 5	11/09/2023-17/09/2023	3	1	75%	67%
Semana 6	18/09/2023-24/09/2023	7	3	70%	67%
Semana 7	25/09/2023-01/10/2023	22	3	88%	74%
Semana 8	02/10/2023-08/10/2023	14	5	74%	74%
Semana 9	09/10/2023-15/10/2023	34	7	83%	77%
Semana 10	16/10/2023-22/10/2023	36	8	82%	78%
Semana 11	23/10/2023-29/10/2023	32	4	89%	80%
Semana 12	30/10/2023-05/11/2023	33	6	85%	80%
Semana 13	06/11/2023-12/11/2023	42	4	91%	82%
Semana 14	13/11/2023-19/11/2023	27	4	87%	83%
Semana 15	20/11/2023-26/11/2023	28	4	88%	83%
Semana 16	27/11/2023-03/12/2023	10	1	91%	83%
Semana 17	04/12/2023-10/12/2023			0%	0%
Semana 18	11/12/2023-17/12/2023	6	1	86%	83%
Semana 19	18/12/2023-24/12/2023	15	6	71%	83%
Semana 20	25/12/2023-31/12/2023	5	3	63%	82%
Semana 21	01/01/2024-07/01/2024	6	3	67%	82%
Semana 22	08/01/2024-14/01/2024	15	7	68%	81%
Semana 23	15/01/2024-21/01/2024	16		100%	82%
Semana 24	22/01/2024-28/01/2024	4	1	80%	82%
Semana 25	29/01/2024-04/02/2024	9		100%	82%
Semana 26	05/02/2024-11/02/2024	4		100%	82%
<b>Total</b>		<b>393</b>	<b>84</b>	<b>82%</b>	<b>82%</b>

*Nota.* Registro de las actividades programadas ejecutadas y no cumplidas por semana de ejecución.

**Figura 11.**

Histograma de frecuencia del Porcentaje de Plan Cumplimiento Acumulado desde la subestructura hasta la superestructura de la biblioteca central de la UNACH



### 5.1.1.2. Resultados del análisis de causas de incumplimiento

Como parte de la implementación del LPS, la tabla 34 y figura 11, muestra el producto de un análisis detallado de las causas de incumplimiento acumuladas a lo largo del proyecto, lo que permitió identificar las fuentes más recurrentes de fallas en el cumplimiento de los compromisos semanales, lo cual es clave para la mejora continua y la toma de decisiones informadas en la planificación.

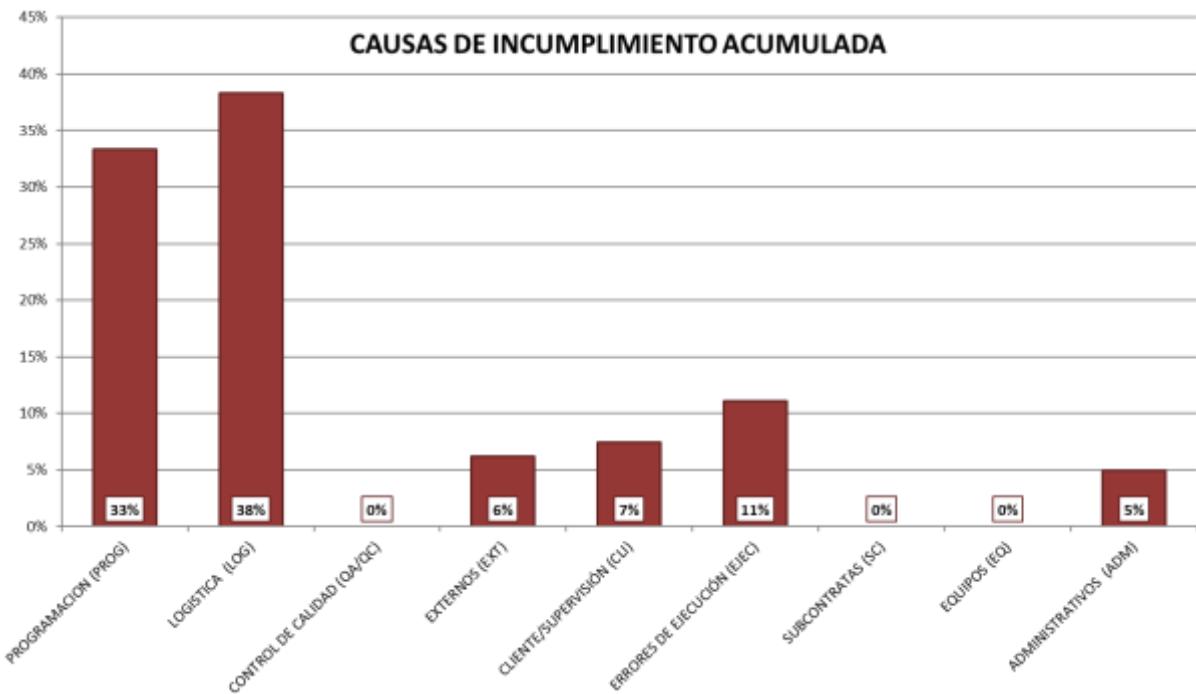
**Tabla 34.**

Análisis de causas de incumplimiento acumulado

SEMANAS	PROGRA- MACION (PROG)	LOGIS- TICA (LOG)	CONTROL DE CALIDAD (QA/QC)	EXTER- NOS (EXT)	CLIENTE/ SUPERVI- SIÓN (CLI)	ERRORES DE EJECU- CIÓN (EJEC)	SUB- CONTRATAS (SC)	EQUI- POS (EQ)	ADMINIS- TRATIVOS (ADM)
Semana 1	1	1							
Semana 2	3								
Semana 3	2				1	2			
Semana 4					1	2			
Semana 5	1								
Semana 6	2					1			
Semana 7	2	1							
Semana 8	2	1				2			
Semana 9	1	3							
Semana 10	2	2		1		1			
Semana 11		3		1					1
Semana 12		6		1					
Semana 13	3			1	1				
Semana 14	2			1		1			
Semana 15	1	1			2				
Semana 16					1				
Semana 17									
Semana 18		1							
Semana 19	2	4							
Semana 20	1	2							
Semana 21		1							2
Semana 22	2	5							
Semana 23									
Semana 24									1
Semana 25									
Semana 26									
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>	<b>31</b>		<b>5</b>	<b>6</b>	<b>9</b>			<b>4</b>
<b>PORC. %</b>	<b>33%</b>	<b>38%</b>		<b>6%</b>	<b>7%</b>	<b>11%</b>			<b>5%</b>

**Figura 12**

Gráfico de Análisis de Incumplimiento Acumulado desde la subestructura hasta la superestructura de la biblioteca central de la UNACH



Durante el período de análisis, se registraron un total de 82 causas de incumplimiento, clasificadas en ocho categorías principales:

- Logística (LOG): 38% (31 casos): Esta categoría representa la causa de incumplimiento más frecuente. Incluye demoras en la entrega de materiales, herramientas y recursos necesarios para la ejecución de las actividades planificadas. La alta recurrencia indica deficiencias en la coordinación de suministros y abastecimientos críticos.
- Programación (PROG): 33% (27 casos): Corresponde a errores o deficiencias en la planificación de las actividades, como sobrecarga de tareas o secuencias mal estructuradas. Esta categoría revela la necesidad de fortalecer la planificación colaborativa y realista en el corto plazo.

- Errores de Ejecución (EJEC): 11% (9 casos): Asociados a fallas en el desempeño técnico durante la ejecución de las tareas, generando retrabajos o incumplimientos. Estos hallazgos sugieren reforzar los procedimientos constructivos y el control de calidad en campo.
- Clientes/Supervisión (CLI): 7% (6 casos): Algunos incumplimientos se originaron por decisiones pendientes, observaciones o cambios no resueltos por parte del cliente o la supervisión. Esto resalta la necesidad de establecer canales de comunicación más ágiles y efectivos.
- Externos (EXT): 5 casos – 6% del total: Hubieron 5 causas atribuidas a factores externos ajenos (precipitaciones intensas) a la gestión interna del proyecto, lo cual indica una incidencia baja. Sin embargo, al ser la naturaleza, agentes no controlables, las actividades como relleno con material propio seleccionado y con material de préstamo afirmado, se vieron interrumpidas desde el 16 de octubre hasta el 19 de noviembre del 2023; es decir, entre la semana 10 y 14.
- Administrativos (ADM): 4 casos – 5%: Estas causas se deben a trámites, aprobaciones internas o gestiones administrativas que no fueron resueltas oportunamente. Representan una oportunidad de mejora en la gestión documental y de procesos internos.
- Control de Calidad (QA/QC): 0% (0 casos), subcontratas (SC): 0% (0 casos), y equipos 0% (0 casos), tuvieron mínima o nula incidencia en los incumplimientos, según el registro disponible.

### **5.1.1.3. Resultados de restricciones identificadas y liberadas**

Durante la implementación de la metodología Last Planner System (LPS), se identificaron y gestionaron múltiples restricciones que afectaban la ejecución de partidas correspondientes principalmente a la especialidad de estructuras. Estas restricciones se documentaron de forma sistemática a través del formulario de planificación anticipada semanal, permitiendo establecer acciones para su resolución, responsable asignado, estado y fecha requerida.

#### **Identificación y clasificación de restricciones**

Como se muestra en la En total, se registraron 40 restricciones asociadas a actividades críticas del cronograma de obra. Estas restricciones abarcaban aspectos relacionados con:

- Falta de liberación de frentes de trabajo
- Insuficiente dotación de materiales (como acero corrugado, madera, concreto)
- Requerimientos técnicos no definidos en el expediente
- Coordinación insuficiente entre logística y campo
- Aprobaciones pendientes por supervisión o laboratorio

Dichas restricciones fueron clasificadas según su origen en tres grupos principales:

- Logística y suministros
- Supervisión técnica
- Planificación de recursos (mano de obra y equipos)

**Tabla 35**

## Análisis de restricciones

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES						
COD. EDT	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	FECHA REQUERIDA	RESPONSABLE	ESTADO	SALDO EN DIAS
						19 vencidas
9	EXCAVACION ZANJAS PARA ZAPATAS EN MURO DE CONTENCCION	FALTAN TRAZOS TOPOGRÁFICOS POR EL TOPOGRAFO - REPLANTEO	15-Ago	RESIDENTE	SUPERADO	
11	ACARREO DE MATERIAL PROCEDENTE DE EXCAVACION Dprom. =50m	FALTA HABILITAR LUGAR DE ACOPIO PARA ALMACENAR MATERIAL EXCEDENTE	18-Ago	RESIDENTE	LEVANTADA	-2
12	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIA	BOTADERO NO ESTÁ UBICADO A LA DISTANCIA QUE EL EXPEDIENTE TÉCNICO ESTIPULA	18-Ago	SUPERVISION	LEVANTADA	-3
24	ZAPATAS MURO DE CONTENCIÓN: ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm <sup>2</sup>	CUADRILLAS EXIGEN MAYOR CANTIDAD DE VARILLAS DE ACERO CORRUGADO PARA TENER CONTINUIDAD DE TRABAJOS	18-Ago	RESIDENTE	SUPERADO	
15	RELLENO CONTROLADO CON MATERIAL DE PRESTAMO AFIRMADO COMPACTADO C/EQUIPO	FALTA CULMINAR LOS LLENADOS DE CONCRETO EN LAS PANTALLAS DE MUROS DE CONTENCIÓN PARA RELLENAR LA ZONA POSTERIOR DE LOS MUROS	29-Ago	RESIDENTE	LEVANTADA	-1
15	RELLENO CONTROLADO CON MATERIAL DE PRESTAMO AFIRMADO COMPACTADO C/EQUIPO	FALTA CULMINAR EL RELLENO CON MATERIAL HORMIGON - DEMORA EN LLEGAR AL GRADO DE COMPACTACION ESTIPULADO EN EL EXPEDIENTE TECNICO	08-Set	RESIDENTE	SUPERADO	
18	ENCOFRADO DE FALSA ZAPATA	ESTA ACTIVIDAD NO CUENTA CON PRESUPUESTO EN EL EXPEDIENTE TÉCNICO, POR PROCESO CONSTRUCTIVO ES NECESARIO ASUMIRLA.	13-Set	RESIDENTE	SUPERADO	
39	ARMADO DE ACERO EN ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN	SE CUENTA CON FRENTE PARA AVANCES EN PARALELO - FALTAN MÁS CUADRILLAS, ADEMÁS DE MAYORES CANTIDADES DE VARILLAS DE ACERO CORRUGADO	15-Set	LOGISTICA	LEVANTADA	-4

## ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

COD. EDT	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	FECHA REQUERIDA	RESPONSABLE	ESTADO	SALDO EN DÍAS
					19 vencidas	
53	ARMADO DE ACERO EN ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN	RESPECTO AL MÓDULO 02, FALTAN MÁS CUADRILLAS PARA CUMPLIR CON LO PLANIFICADO, ADEMÁS DE MAYORES CANTIDADES DE VARILLAS DE ACERO CORRUGADO	28-Set	RESIDENTE	LEVANTADA	-2
65	ACERO EN ELEMENTOS VERTICALES	MÓDULO 01: RESIDENTE DE OBRA SOLICITÓ MÁS CUADRILLAS PARA HABILITAR Y COLOCAR ACERO DE REFUERZO	02-Oct	LOGISTICA	SUPERADO	
96	COLOCACIÓN LADRILLO NRO 15 / 08 HUECOS	ADQUIRIR 4 MILLARES DE LADRILLO NRO. 15/08 HUECOS - COORDINAR PREVIAMENTE CON EL SUPERVISOR DE OBRA RESPECTO A LA CALIDAD DEL INSUMO.	02-Oct	LOGISTICA	LEVANTADA	-5
103	ACERO EN ELEMENTOS VERTICALES	RESPECTO AL MÓDULO 03, SE CUENTA CON EL MATERIAL SUFICIENTE PARA EL AVANCE; SIN EMBARGO, FALTAN MÁS CUADRILLAS PARA CUMPLIR CON LO PLANIFICADO. ESTABLECER CONTRATO O VELAR POR LOS PEDIDOS A CRÉDITO DEL CONCRETO	02-Oct	RESIDENTE	SUPERADO	
70	CONCRETO PARA ELEMENTOS VERTICALES	PREMEZCLADO fc 210kg/cm <sup>2</sup> TANTO PARA ELEMENTOS VERTICALES COMO HORIZONTALES. CUADRILLA DE FIERREROS DEBEN MEJORAR PRODUCCIÓN - GESTIONAR HORAS EXTRAS SI ES POSIBLE PARA CUMPLIR METAS.	05-Oct	LOGISTICA	SUPERADO	
87	ENCOFRADO DE ELEMENTOS VERTICALES	MÓDULO 03: COMUNICAR PEDIDO DE CONCRETO - CONFIRMAR VOLUMEN, Y FRECUENCIA DEL MIXER Y BOMBA PARA EL LLENADO.	07-Oct	RESIDENTE	SUPERADO	
118	CONCRETO EN LOSA Y VIGAS	MÓDULO 04: COMUNICAR PEDIDO DE CONCRETO - CONFIRMAR VOLUMEN, Y FRECUENCIA DEL MIXER Y BOMBA PARA EL LLENADO.	13-Oct	RESIDENTE	SUPERADO	
99	CONCRETO EN LOSA Y VIGAS	MÓDULO 01: COMUNICAR PEDIDO DE CONCRETO - CONFIRMAR VOLUMEN, Y FRECUENCIA DEL MIXER Y BOMBA PARA EL LLENADO.	18-Oct	RESIDENTE	SUPERADO	
80	CONCRETO EN LOSA Y VIGAS	MÓDULO 01: COMUNICAR PEDIDO DE CONCRETO - CONFIRMAR VOLUMEN, Y FRECUENCIA DEL MIXER Y BOMBA PARA EL LLENADO.	19-Oct	RESIDENTE	SUPERADO	
108 Y 127	CONCRETO PARA ELEMENTOS VERTICALES	MÓDULO 02 Y 03: CONFIRMAR VOLUMEN, CONSIDERANDO QUE EL VOLUMEN MÍNIMO DE PEDIDO ES DE 8 M <sup>3</sup> .	17-Oct	RESIDENTE	SUPERADO	

### ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

COD. EDT	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	FECHA REQUERIDA	RESPONSABLE	ESTADO	SALDO EN DÍAS
						19 vencidas
	MUROS DIVISORES EN ESTRUCTURAS APORTICADAS	NO INICIAR HASTA APROBAR Y REGISTRAR QUE SE USARÁ LADRILLO TIPO IV MÓDULO 03 - 2DO PISO: COMUNICAR PEDIDO DE CONCRETO - CONFIRMAR VOLUMEN, Y FRECUENCIA DEL MIXER Y BOMBA PARA EL LLENADO.	23-Oct	SUPERVISION	LEVANTADA	-75
118	CONCRETO EN LOSA Y VIGAS	NO DESENCOFRAR HASTA QUE HORMIGÓN ALCANCE $\geq 70\%$ DE RESISTENCIA DE DISEÑO	25-Oct	LOGISTICA	LEVANTADA	-1
101.00	DESENCOFRADO EN LOSA	FALTA MÁS MADERA PARA ENCOFRADO, ADEMÁS DE LA LIBERACIÓN DE INSTALACIONES Y CULMINACIÓN DE COLOCACIÓN DE LADRILLO NRO.15 PARA TECHO.	27-Oct	RESIDENTE	LEVANTADA	-1
133	ACERO EN LOSA		01-Nov	RESIDENTE	LEVANTADA	-2
137	CONCRETO EN LOSA Y VIGAS	MÓDULO 02: COMUNICAR PEDIDO DE CONCRETO - CONFIRMAR VOLUMEN, Y FRECUENCIA DEL MIXER Y BOMBA PARA EL LLENADO. MÓDULO 01 - 2DO PISO: COMUNICAR PEDIDO DE CONCRETO - CONFIRMAR VOLUMEN, Y FRECUENCIA DEL MIXER Y BOMBA PARA EL LLENADO.	03-Nov	RESIDENTE	SUPERADO	
80	CONCRETO EN LOSA Y VIGAS	LOGÍSTICA NO CANCELA VOLUMENES DE CONCRETO Y SERVICIO DE BOMBEO DEL MES DE OCTUBRE - NO DESEAN ATENDER MÁS REQUERIMIENTOS.	04-Nov	RESIDENTE	SUPERADO	
108 Y 127	CONCRETO PARA ELEMENTOS VERTICALES		09-Nov	LOGISTICA	SUPERADO	
136	LIBERACION DE ELEMENTOS	SUPERVISIÓN OBSERVÓ ESPACIAMIENTO DE PUNTALES EN ELEMENTOS HORIZONTALES, ADEMÁS DE LA MADERA, LA CUAL CALIFICÓ COMO VIEJA - GESTIONAR ADQUISICIÓN DE MÁS FENÓLICOS.	09-Nov	LOGISTICA	LEVANTADA	-1
118	CONCRETO EN LOSA Y VIGAS	FALTA APROBACIÓN DE NUEVO DISEÑO DE CONCRETO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ CON CEMENTO CEMEX. VERIFICACIÓN EN OBRA: REVISIÓN DE CERTIFICADOS DE RESISTENCIA, DENSIDAD, Y EXAMEN VISUAL (SIN GRIETAS NI DEFECTOS)	20-Nov	SUPERVISION	LEVANTADA	-1
	ADQUISICIÓN DE LADRILLOS		20-Nov	SUPERVISION	LEVANTADA	-47
70	CONCRETO PARA ELEMENTOS VERTICALES	SE REQUIERE CULMINAR LLENADO DE CONCRETO DE ELEMENTOS VERTICALES EN EL MÓDULO 01.	29-Nov	RESIDENTE	SUPERADO	
131 Y 132	ENCOFRADO DE VIGAS Y LOSAS	COORDINAR CON LOS TRABAJADORES DE MANO DE OBRA CALIFICADA EL REINICIO DE ACTIVIDADES	14-Dic	LOGISTICA	LEVANTADA	-5

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES						
COD. EDT	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	FECHA REQUERIDA	RESPONSABLE	ESTADO	SALDO EN DÍAS
						19 vencidas
H	ESTRUCTURAS METÁLICAS	SE HA REPROGRAMADO VARIAS VECES EL ARMADO DE LOS TIJERALES - ADQUIRIR MATERIALES PARA ESTRUCTURAS METÁLICAS SEGÚN LOS REQUERIMIENTOS ANTES ENVIADOS.	18-Dic	LOGISTICA	LEVANTADA	-5
80	CONCRETO EN LOSA Y VIGAS	FALTA LIBERACIÓN DE ENCOFRADOS, ACERO E INSTALACIONES PARA LLENADO DE CONCRETO DEL ÚLTIMO PISO DEL MÓDULO 01.	20-Dic	SUPERVISION	SUPERADO	
137	CONCRETO EN LOSA Y VIGAS	FALTA LIBERACIÓN DE ENCOFRADOS, ACERO E INSTALACIONES PARA LLENADO DE CONCRETO DEL TERCER PISO DEL MÓDULO 03.	23-Dic	RESIDENTE	SUPERADO	
137	CONCRETO EN LOSA Y VIGAS	COORDINAR CON LOS TRABAJADORES DE MANO DE OBRA NO CALIFICADA PARA LLENAR VACÍADO DE CONCRETO EN EL MÓDULO 02.	23-Dic	RESIDENTE	SUPERADO	
127	APROBACIÓN DE LADRILLOS	LADRILLOS NO PASAN PRUEBAS DE LABORATORIO PARA DETERMINAR SI ES INDUSTRIAL TIPO IV	26-Dic	SUPERVISION	LEVANTADA	-11
		ALQUILAR WINCHE PARA LLENAR PLACAS Y COLUMNAS DEL 4TO NIVEL DEL MÓDULO 02, DEBIDO A QUE EL REQUERIMIENTO ES MENOR A 8 CUBOS (MÍNIMO PARA SERVICIO DE BOMBEO Y PREMEZCLADO).	26-Dic	LOGISTICA	LEVANTADA	-1
133	ASENTADO DE LADRILLO TIPO IV	SUPERVISIÓN APRUEBA LADRILLO - COORDINAR CUADRILLA PARA INICIO DE TRABAJOS DE ASENTADO - Prohibido reemplazar por Tipo III o inferior; cualquier cambio requiere revisión de diseño	06-Ene	SUPERVISION	SUPERADO	
		FALTA MÁS CUADRILLA PARA CULMINAR LOS TRABAJOS EN ELEMENTOS HORIZONTALES DE CONCRETO EN EL 4TO NIVEL DEL MÓDULO 02.	08-Ene	LOGISTICA	LEVANTADA	-2
137	ACERO EN LOSA	CONFIRMAR REQUERIMIENTO DE SERVICIO DE BOMBEO Y PREMEZCLADO PARA LA LOSA DEL 4TO NIVEL DEL MÓDULO 02.	12-Ene	RESIDENTE	LEVANTADA	-1
J	ASCENSOR	RENAUDAR TRABAJOS DE ESTRUCTURAS METÁLICAS PARA CULMINAR ESTRUCTURA DE ASCENSOR PANORÁMICO - FIJADO AL MÓDULO 02.	15-Ene	RESIDENTE	SUPERADO	

## **Resultados de la gestión de restricciones**

Del total de restricciones registradas:

- 32 fueron levantadas oportunamente, antes de que la fecha requerida venciera, lo que equivale al 80 % de efectividad en la gestión preventiva.
- 8 restricciones fueron superadas luego de su vencimiento, lo que indica que no se logró prevenir su impacto a tiempo, representando el 20 % restante.

Este comportamiento revela una tendencia positiva hacia la planificación colaborativa, logrando anticipar y gestionar en forma efectiva la mayoría de los cuellos de botella que podrían haber afectado la ejecución de las actividades estructurales.

Además, se observa que el rol del residente fue clave en la mayoría de los casos, asumiendo el liderazgo en la gestión de 26 de las 40 restricciones. Las áreas de logística y supervisión también estuvieron involucradas, aunque en menor proporción, lo que evidencia la necesidad de fortalecer la integración entre estos actores.

### 5.1.2. Resultados de uso de tiempo en el trabajo mediante cartas balance

Los resultados obtenidos a partir de la aplicación de las cartas balance evidencian diferencias significativas en la distribución del tiempo de trabajo antes y después de la implementación del modelo de gestión Lean. En la medición inicial (Tabla 36), el porcentaje de Trabajo Productivo (TP) se mantuvo en niveles bajos e irregulares, con valores que oscilaron entre 20.55% en el encofrado de losas aligeradas y 57.78% en el vaciado de concreto en vigas de cimentación. En contraste, el Trabajo Contributivo (TC) y el Trabajo No Contributivo (TNC) alcanzaron valores elevados en la mayoría de partidas, llegando a representar hasta 53.23% en encofrados de elementos verticales (TC) y 36.98% en la colocación de concreto en techos (TNC). Esta situación reflejó una gestión deficiente del uso del tiempo, con altos niveles de actividades improductivas que incidían en la eficiencia de los procesos.

**Tabla 36**

Uso de tiempos en el trabajo antes de implementar mejoras Lean

ELEMENTO	ACTIVIDADES MEDIDAS	ANTES		
		TP	TC	TNC
MUROS DE CONTENCION	MUROS DE CONTENCION: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	34.44%	33.61%	31.95%
	MUROS DE CONTENCION: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	24.45%	41.39%	34.16%
	MUROS DE CONTENCION: CONCRETO PREMEZCLADO $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$	52.22%	16.39%	31.39%
ZAPATAS	ZAPATAS: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	28.75%	37.50%	33.75%
	ZAPATAS: CONCRETO PREMEZCLADO $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$	56.37%	21.34%	22.29%
VIGAS DE CIMENTACION	VIGAS DE CIMENTACION: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	30.84%	34.17%	35.00%
	VIGAS DE CIMENTACION: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	23.33%	48.06%	28.61%
	VIGAS DE CIMENTACION: CONCRETO PREMEZCLADO $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$	57.78%	28.89%	13.33%

ELEMENTO	ACTIVIDADES MEDIDAS	ANTES		
		TP	TC	TNC
SOBRECIMIENTO ARMADO	SOBRECIMIENTO: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	29.66%	38.56%	31.78%
	SOBRECIMIENTO: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	33.06%	33.89%	33.05%
	SOBRECIMIENTO: CONCRETO $f'_c=175 \text{ kg/cm}^2$	35.59%	37.18%	27.24%
PLACAS Y COLUMNAS	ELEMENTOS VERTICALES: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	37.50%	32.36%	30.14%
	ELEMENTOS VERTICALES: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	21.64%	53.23%	25.13%
	ELEMENTOS VERTICALES: CONCRETO PREMEZCLADO $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$	55.26%	26.32%	18.42%
VIGAS	VIGAS: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	29.17%	41.66%	29.17%
	VIGAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	26.67%	45.55%	27.78%
LOSA ALIGERADA Y MACIZA	LOSA ALIGERADA Y MACIZA: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	27.70%	36.25%	36.05%
	LOSA ALIGERADA Y MACIZA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	20.55%	46.67%	32.78%
	LOSA ALIGERADA: COLOCACION DE LADRILLO NRO. 15	23.47%	50.83%	25.70%
ELEMENTOS HORIZONTALES	TECHO: CONCRETO PREMEZCLADO $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$	36.46%	26.56%	36.98%
ESTRUCTURAS METÁLICAS	TIJERALES METÁLICOS CON TUBOS LAC	19.17%	46.25%	34.58%
	ARRIESTRES METALICOS CON TUBOS LAC 50mm x 50mm x 2.50mm	24.77%	42.42%	32.81%
	CORREAS METALICAS CON TUBOS LAC 60mm x 40mm x 2.5mm	25.42%	41.67%	32.92%
<b>USOS DE TIEMPOS PROMEDIO EN EL TRABAJO</b>		33.00%	37.00%	30.00%

Posteriormente, con la implementación de las mejoras Lean (Tabla 37), se observó un incremento generalizado del Trabajo Productivo (TP) en todas las partidas. Por ejemplo, en el acero de refuerzo de muros de contención se pasó de 34.44% a 41.67%, en el encofrado de vigas de cimentación de 23.33% a 41.67%, y en la colocación de ladrillo N°15 para losas de 23.47% a 35.00%. De manera similar, los procesos de vaciado de concreto alcanzaron niveles superiores de productividad, superando el 59% de TP en varios casos.

Asimismo, se identificó una reducción significativa de los porcentajes de Trabajo No Contributivo (TNC), que en varias partidas descendió en más de 10 puntos porcentuales; por ejemplo, en el encofrado y desencofrado de muros de contención, de 34.16% a 24.17%, y en las correas metálicas, de 32.92% a 25.63%. Aunque el Trabajo Contributivo (TC) mantuvo valores cercanos a los iniciales en algunos procesos, en otros mostró reducciones importantes, como en el concreto premezclado de elementos verticales, donde pasó de 26.32% a 25.00%.

**Tabla 37**

Uso de tiempos en el trabajo después de implementar mejoras Lean

ELEMENTO	ACTIVIDADES MEDIDAS	DESPUES		
		TP	TC	TNC
MUROS DE CONTENCION	MUROS DE CONTENCION: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	41.67%	34.72%	23.61%
	MUROS DE CONTENCION: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	40.83%	35.00%	24.17%
	MUROS DE CONTENCION: CONCRETO PREMEZCLADO $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$	60.00%	15.00%	25.00%
ZAPATAS	ZAPATAS: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	36.46%	36.46%	27.08%
	ZAPATAS: CONCRETO PREMEZCLADO $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$	58.41%	23.17%	18.41%

ELEMENTO	ACTIVIDADES MEDIDAS	DESPUES		
		TP	TC	TNC
VIGAS DE CIMENTACION	VIGAS DE CIMENTACION: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	36.88%	38.33%	24.79%
	VIGAS DE CIMENTACION: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	41.67%	38.89%	19.44%
	VIGAS DE CIMENTACION: CONCRETO PREMEZCLADO $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$	60.63%	25.71%	13.65%
SOBRECIMIENTO ARMADO	SOBRECIMIENTO: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	39.83%	37.29%	22.88%
	SOBRECIMIENTO: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	40.00%	32.22%	27.78%
	SOBRECIMIENTO: CONCRETO $f'_c=175 \text{ kg/cm}^2$	41.44%	36.72%	21.85%
PLACAS Y COLUMNAS	ELEMENTOS VERTICALES: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	42.22%	30.70%	27.08%
	ELEMENTOS VERTICALES: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	29.17%	46.39%	24.45%
	ELEMENTOS VERTICALES: CONCRETO PREMEZCLADO $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$	59.26%	25.00%	15.74%
VIGAS	VIGAS: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	37.22%	37.78%	25.00%
	VIGAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	35.28%	43.89%	20.83%
LOSA ALIGERADA Y MACIZA	LOSA ALIGERADA Y MACIZA: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	30.08%	49.78%	20.14%
	LOSA ALIGERADA Y MACIZA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	34.26%	40.39%	25.35%
	LOSA ALIGERADA: COLOCACION DE LADRILLO NRO. 15	35.00%	42.64%	22.36%
ELEMENTOS HORIZONTALES	TECHO: CONCRETO PREMEZCLADO $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$	42.36%	28.06%	29.58%
ESTRUCTURAS METÁLICAS	TIJERALES METÁLICOS CON TUBOS LAC	36.15%	36.56%	27.29%
	ARRIESTRES METALICOS CON TUBOS LAC 50mm x 50mm x 2.50mm	36.38%	39.08%	24.54%
	CORREAS METALICAS CON TUBOS LAC 60mm x 40mm x 2.5mm	40.63%	33.75%	25.63%
<b>USOS DE TIEMPOS PROMEDIO EN EL TRABAJO</b>		42.00%	35.00%	23.00%

### 5.1.3. Resultados del número de participaciones en reuniones LPS semanales

En el marco del desarrollo del proyecto “Modelo de gestión bajo la filosofía Lean Construction para la productividad en la construcción de instituciones educativas – Caso Biblioteca de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, Cajamarca”, se llevó a cabo un seguimiento detallado de la participación en las reuniones semanales bajo el sistema Last Planner System (LPS). Estas reuniones constituyeron un componente clave para garantizar la planificación colaborativa, la coordinación interdisciplinaria y el cumplimiento de los compromisos semanales, tal y como puede observarse en la tabla 38.

#### Índice de Participación

El índice promedio de participación durante las 25 semanas evaluadas (excluyendo las semanas 16 y 17 por suspensión de obra) fue 86%, alcanzando picos de 100% en las semanas 8, 22, 24 y 26. El valor más bajo se registró en la semana 10, con apenas 40%, pese a que los involucrados estuvieron presentes, y esto debido a que el ritmo de la obra no indicaba restricción alguna.

#### Participación por Involucrados

Durante el periodo analizado se contabilizaron un total de 223 participaciones, distribuidas entre los distintos actores del proyecto. Los roles con mayor frecuencia de participación fueron:

- Maestro de obra: 36 participaciones
- Capataz de encofrado: 35 participaciones
- Capataz de acero: 27 participaciones
- Residente de obra: 32 participaciones
- Encargado de logística y administración: 17 participaciones

- Técnico electricista: 16 participaciones

Por otro lado, los especialistas técnicos como el especialista en estructuras (22), especialista en arquitectura (15), y especialista en suelos y geotecnia (23), tuvieron participaciones moderadas, generalmente orientadas a resolver coordinaciones específicas o tratar discrepancias técnicas, como se evidenció en las semanas 11, 15 y 19.

### **Coordinaciones Interdisciplinarias**

Se registró un total de 106 coordinaciones interdisciplinarias, con un promedio de 4 a 5 coordinaciones por semana, alcanzando un máximo de 7 en las semanas 11, 14 y 15. Estas coordinaciones fueron fundamentales para resolver conflictos técnicos, tales como la compatibilización entre arquitectura y estructuras, y la definición de detalles constructivos críticos (ladrillos no aprobados, cimentaciones, etc.).

### **Observaciones Relevantes**

Entre las observaciones más destacadas se incluyen:

- Buena coordinación inicial y compromiso del área logística con los pagos puntuales (semanas 1 a 3).
- Problemas de agenda e instalaciones en la semana 5.
- Desacuerdos entre arquitectura y logística respecto a especificaciones técnicas de materiales (semana 11).
- Suspensión de obra por falta de supervisión en las semanas 16 y 17.
- Incorporación de contratistas externos en la semana 18 para reforzar la coordinación.

A partir de la semana 22, se evidenció una alineación completa del equipo con la filosofía LPS, lo que derivó en una mayor eficacia en la planificación y ejecución.

Tabla 38

### Participaciones en reuniones LPS semanales

Semana	Participaciones en reuniones LPS semanales													Observaciones	
	Índice de Participación en Reuniones LPS (%)	Maestro de Obra	Capataz de acero	Capataz de encofrado	Técnico de electricidad	Residente de obra	Especialista en Suelos y Geotecnia	Especialista en estructuras	Especialista en arquitectura	Encargado de logística y administración	Otros presentes	Nº de Coordinaciones Interdisciplinarias	Nº de personas presentes en la reunión	Total de participaciones	
1	90%	1	1	1		2	2			2	1	4	10	9	Alta asistencia, buena coordinación inicial
2	85%	2	1			1	3	1		3	4	5	13	11	Logístico atiende a tiempo requerimientos y se compromete con pagos puntuales
3	85%	1	2	4		1	2	1			4	4	13	11	
4	92%	1	1	3		1	3	2		1	4	6	13	12	Logístico saca crédito con 2 proveedores
5	77%	1	1	1		2	4	1			4	7	13	10	
6	87%	3	3	2		1		3		1	6	4	15	13	Problemas de agenda en instalaciones
7	92%	2	3	1	2	1		2			3	5	12	11	
8	100%	2	2	3	2	1				2	3	5	12	12	
9	80%	1	1	4	3	2		1			6	2	15	12	
10	40%	2	1				1			2	6	1	15	6	
11	87%	3		2	1		2	3	1	1	6	7	15	13	Coordinación entre arquitectura y estructuras - arquitecto discrepa con los ladrillos que logístico quiere comprar
12	92%	2	2	1		2	2			2	3	4	12	11	
13	79%	2	1	2	1	2	1	2			5	6	14	11	
14	92%	2	1	3		2	2			2	4	4	13	12	
15	85%	1	1	1	2	1	1	1	2	1	4	7	13	11	Comunicación efectiva entre arquitectura y estructuras
16															
17															
	OBRA SUSPENDIDA POR FALTA DE SUPERVISIÓN														
18	73%	2	1	1	1	2			1		2	4	11	8	Se incorporó coordinación con contratistas externos
19	91%	2	1	2	1			1	3		2	5	11	10	Comunicación efectiva entre arquitectura y estructuras
20	88%	2	2	1		2					2	2	8	7	Maestro comunica la necesidad de asentar ladrillos, los cuales no se aprobaban aún
21	82%		1	2	2	2		1	1		2	6	11	9	Inicio de asentado de ladrillo
22	100%	1	1		1	1			2		2	4	6	6	Equipo completamente alineado con LPS
23	83%	1				1		1	2		2	4	6	5	Equipo completamente alineado con LPS
24	100%					2			2		2	4	4	4	Equipo completamente alineado con LPS
25	80%			1		1			2		2	3	5	4	
26	100%	2				2			1		2	3	5	5	Se culmina toda la especialidad de estructuras - se prioriza arquitectura
Total	36	27	35	16	32	23	22	15	17	81	106	265	223		

### **5.1.5. Resultados del análisis de productividad de mano de obra (PL)**

Como parte del seguimiento del desempeño en obra dentro del marco de la metodología de control de producción, se analizaron los ratios de productividad previstos (IP META) en comparación a los ratios de productividad reales (IP REAL) obtenidos. Este análisis permite evaluar la eficiencia del uso de la mano de obra (PL) y su impacto en la planificación y control de la producción.

De lo expuesto, la tabla 39 muestra que, de 80 actividades analizadas, 72 denotan mayor rendimiento respecto a la productividad meta, mientras que solo 8 actividades poseen menos rendimiento.

**Tabla 39**

Ratios de productividad de mano de obra IP Meta vs IP Real

RATIOS DE PRODUCTIVIDAD DE MANO DE OBRA EN PARTIDA DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS										
PARTIDA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	RATIO DE PRODUCTIVIDAD (IP META)		RATIO DE PRODUCTIVIDAD REAL (IP REAL)		RELACIÓN	RENDIMIENTO MAYOR	RENDIMIENTO MENOR
3	<b>ESTRUCTURAS</b>									
3.01	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>									
03.01.01	<b>EXCAVACIONES</b>									
03.01.01.01	EXCAVACION DE ZANJA PARA ZAPATAS, VIGAS DE CIMENTACION, CIMENTOS CORRIDOS	m3	72.60	1.778	hh / m3	0.193	hh / m3	11%	1	
03.01.01.02	NIVELACIÓN INTERIOR Y COMPACTADO CON EQUIPO	m2	911.28	0.133	hh / m2	0.036	hh / m2	27%	2	
03.01.01.03	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO, COMPACTADO C/EQUIPO	m3	337.29	0.640	hh / m3	0.854	hh / m3	133%	1	
03.01.01.05	RELLENO CONTROLADO CON MATERIAL DE PRESTAMO AFIRMANDO	m3	880.67	0.857	hh / m3	0.890	hh / m3	104%	2	
03.01.01.06	ACARREO DE MATERIAL PROCEDENTE DE EXCAVACION Dprom. =50m	m3	573.41	1.333	hh / m3	0.049	hh / m3	4%	3	
03.01.01.07	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIA	m3	723.77	0.040	hh / m3	0.041	hh / m3	104%	3	
03.01.01.08	RELLENO CONTROLADO CON MATERIAL DE PRESTAMO HORMIGON COMPACTADO C/EQUIPO EN CAPAS DE 20 CM	m3	267.90	0.533	hh / m3	0.140	hh / m3	26%	4	
03.01.01.09	FILTRO DE MATERIAL GRANULAR DE 1/2" A 3/4" EN MUROS DE CONTECCION	m3	148.41	1.800	hh / m3	0.755	hh / m3	42%	5	
3.02	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>									
03.02.01	<b>SOLADO</b>									
03.02.01.01	CONCRETO FALZA ZAPATA C:H 1:12 + 30% PG - CISTERNA	m2	31.11	1.280	hh / m2	0.964	hh / m2	75%	6	
03.02.01.02	CONCRETO FALSA ZAPATA 1:10 + 30% P.M. 2" MAX. - EDIFICACIÓN	m2	669.76	1.280	hh / m2	1.254	hh / m2	98%	7	
03.02.01.03	CONCRETO EN SOLADO DE MUROS DE CONTENCIÓN 1:10	m2	212.88	1.280	hh / m2	1.282	hh / m2	100%	4	
03.02.02	<b>CIMENTOS CORRIDOS</b>									
03.02.02.01	CONCRETO CICLOPEO C:H 1:10 + 30% P. G	m3	4.40	2.560	hh / m3	2.386	hh / m3	93%	8	

**RATIOS DE PRODUCTIVIDAD DE MANO DE OBRA EN PARTIDAD DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS**

PARTIDA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	RATIO DE PRODUCTIVIDAD (IP META)		RATIO DE PRODUCTIVIDAD REAL (IP REAL)		RELACIÓN	RENDIMIENTO MAYOR	RENDIMIENTO MENOR
03.02.03	<b>FALSO PISO</b>									
03.02.03.01	FALSO PISO C:H 1:8 e=4"	m2	836.17	0.867	hh / m2	0.818	hh / m2	94%	9	
3.03	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>									
03.03.01	<b>ZAPATAS</b>									
03.03.01.01	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ EN ZAPATA	m3	348.96	0.622	hh / m3	0.466	hh / m3	75%	10	
03.03.01.02	ZAPATAS: ACERO DE REFUERZO $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$	kg	20833.00	0.080	hh / kg	0.068	hh / kg	85%	11	
03.03.02	<b>VIGAS DE CIMENTACION</b>									
03.03.02.01	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ EN VIGAS DE CIMENTACION	m3	116.73	0.622	hh / m3	0.466	hh / m3	75%	12	
03.03.02.02	VIGAS DE CIMENTACION: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	440.05	1.600	hh / m2	1.516	hh / m2	95%	13	
03.03.02.03	VIGAS DE CIMENTACION: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	kg	17299.65	0.080	hh / kg	0.068	hh / kg	85%	14	
03.03.03	<b>SOBRECIMIENTOS ARMADOS</b>									
03.03.03.01	SOBRECIMIENTO ARMADO: CONCRETO $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$	m3	36.27	4.400	hh / m3	2.964	hh / m3	67%	15	
03.03.03.02	SOBRECIMIENTO ARMADO: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	543.26	1.600	hh / m2	1.436	hh / m2	90%	16	
03.03.03.03	SOBRECIMIENTO ARMADO: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	kg	2857.16	0.080	hh / kg	0.057	hh / kg	72%	17	
03.03.04	<b>PLACAS</b>									
03.03.04.01	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ EN PLACAS	m3	360.32	1.400	hh / m3	1.271	hh / m3	91%	18	
03.03.04.02	PLACAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	2553.92	2.000	hh / m2	1.969	hh / m2	98%	19	
03.03.04.03	PLACAS: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	kg	66380.00	0.080	hh / kg	0.058	hh / kg	72%	20	
03.03.05	<b>COLUMNAS</b>									
03.03.05.01	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ EN COLUMNAS	m3	81.62	1.400	hh / m3	1.271	hh / m3	91%	21	
03.03.05.02	COLUMNAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	587.24	2.000	hh / m2	1.969	hh / m2	98%	22	
03.03.05.03	COLUMNAS: ACERO DE REFUERZO $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$	kg	16017.01	0.080	hh / kg	0.058	hh / kg	72%	23	

**RATIOS DE PRODUCTIVIDAD DE MANO DE OBRA EN PARTIDAD DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS**

PARTIDA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	RATIO DE PRODUCTIVIDAD (IP META)		RATIO DE PRODUCTIVIDAD REAL (IP REAL)		RELACIÓN	RENDIMIENTO MAYOR	RENDIMIENTO MENOR
<b>03.03.06</b>	<b>VIGAS</b>									
03.03.06.01	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ EN VIGAS	m3	318.03	1.067	hh / m3	0.463	hh / m3	43%	24	
03.03.06.02	VIGAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	2047.77	2.000	hh / m2	1.490	hh / m2	74%	25	
03.03.06.03	VIGAS: ACERO DE REFUERZO $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$	kg	40420.00	0.080	hh / kg	0.062	hh / kg	77%	26	
<b>03.03.07</b>	<b>LOSA ALIGERADA</b>									
03.03.07.01	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ EN LOSA ALIGERADA	m3	161.40	1.067	hh / m3	0.463	hh / m3	43%	27	
03.03.07.02	LOSA ALIGERADA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	1737.68	2.000	hh / m2	1.468	hh / m2	73%	28	
03.03.07.03	LOSA ALIGERADA: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	kg	10633.00	0.080	hh / kg	0.060	hh / kg	75%	29	
03.03.07.04	LOSA ALIGERADA: LADRILLO HUECO DE ARCILLA 15x30x30 cm	und	14798.58	0.063	hh / und	0.041	hh / und	65%	30	
<b>03.03.08</b>	<b>LOSA MACIZAS</b>									
03.03.08.01	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ EN LOSA MACIZA	m3	93.29	1.067	hh / m3	0.463	hh / m3	43%	31	
03.03.08.02	LOSA MACIZA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	466.48	2.000	hh / m2	1.468	hh / m2	73%	32	
03.03.08.03	LOSA MACIZA: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	kg	22538.00	0.080	hh / kg	0.060	hh / kg	75%	33	
<b>03.03.09</b>	<b>CISTERNA</b>									
03.03.09.01	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ EN CISTERNA	m3	51.09	1.600	hh / m3	0.499	hh / m3	31%	34	
03.03.09.02	CISTERNA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	246.60	1.600	hh / m2	1.395	hh / m2	87%	35	
03.03.09.03	CISTERNA: ACERO DE REFUERZO $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$	kg	4743.00	0.080	hh / kg	0.062	hh / kg	77%	36	
<b>03.03.10</b>	<b>ESCALERAS</b>									
03.03.10.01	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ EN ESCALERAS	m3	38.15	1.600	hh / m3	0.996	hh / m3	62%	37	
03.03.10.02	ESCALERAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	185.61	2.000	hh / m2	1.751	hh / m2	88%	38	
03.03.10.03	ESCALERAS: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	kg	2691.00	0.080	hh / kg	0.076	hh / kg	95%	39	

**RATIOS DE PRODUCTIVIDAD DE MANO DE OBRA EN PARTIDAD DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS**

PARTIDA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	RATIO DE PRODUCTIVIDAD (IP META)		RATIO DE PRODUCTIVIDAD REAL (IP REAL)		RELACIÓN	RENDIMIENTO MAYOR	RENDIMIENTO MENOR
03.03.11	<b>GRADERIAS</b>									
03.03.11.01	GRADERIAS: CONCRETO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$	m3	3.91	7.111	hh / m3	6.138	hh / m3	86%	40	
03.03.11.02	GRADERIAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	5.67	1.333	hh / m2	1.235	hh / m2	93%	41	
03.03.12	<b>ESTRUCTURA METALICA</b>									
03.03.12.01	<b>ESTRUCTURA METALICA</b>									
03.03.12.01.01	TIJERAL METALICO T-1	kg	340.02	0.240	hh / kg	0.163	hh / kg	68%	42	
03.03.12.01.02	TIJERAL METALICO T-2	kg	759.72	0.240	hh / kg	0.163	hh / kg	68%	43	
03.03.12.01.03	TIJERAL METALICO T-3	kg	510.04	0.240	hh / kg	0.163	hh / kg	68%	44	
03.03.12.01.04	TIJERAL METALICO T-4	kg	716.75	0.240	hh / kg	0.163	hh / kg	68%	45	
03.03.12.01.05	TIJERAL METALICO T-5	kg	6129.06	0.240	hh / kg	0.163	hh / kg	68%	46	
03.03.12.01.06	TIJERAL METALICO T-6	kg	57.36	0.240	hh / kg	0.163	hh / kg	68%	47	
03.03.12.01.07	TIJERAL METALICO T-7	kg	464.86	0.240	hh / kg	0.163	hh / kg	68%	48	
03.03.12.01.08	TIJERAL METALICO T-8	kg	192.04	0.240	hh / kg	0.163	hh / kg	68%	49	
03.03.12.01.09	ARRIOSTRES TLAC 50mm x 50mm x 2.50mm	kg	2128.21	0.240	hh / kg	0.167	hh / kg	69%	50	
03.03.12.02	<b>CORREA METALICA</b>									
03.03.12.02.01	CORREA TLAC 60mm x 40mm x 2.5mm	kg	3513.71	0.240	hh / kg	0.141	hh / kg	59%	51	
03.03.13	<b>ASCENSOR</b>									
03.03.13.01	CONCRETO EN PEDESTALES $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ PL-ASCENSOR 01	m3	2.88	1.400	hh / m3	0.694	hh / m3	50%	52	
03.03.13.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PEDESTALES	m2	11.88	2.000	hh / m2	1.431	hh / m2	72%	53	
03.03.13.03	PEDESTAL DE CONCRETO: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	kg	297.18	0.080	hh / kg	0.057	hh / kg	72%	54	
03.03.13.04	PEDESTAL DE CONCRETO: ANCLAJE DE ACERO ESTRUCTURAL	und	4.00	8.000	hh / und	0.500	hh / und	6%	55	
03.03.13.05	CM1 PERfil W8X67	kg	6465.32	0.240	hh / kg	0.111	hh / kg	46%	56	
03.03.13.06	VM1 PERfil HUECO RECTANGULAR 150X200mm $e=4\text{mm}$	kg	390.93	0.240	hh / kg	0.111	hh / kg	46%	57	

**RATIOS DE PRODUCTIVIDAD DE MANO DE OBRA EN PARTIDAS DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS**

PARTIDA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	RATIO DE PRODUCTIVIDAD (IP META)	RATIO DE PRODUCTIVIDAD REAL (IP REAL)	RELACIÓN	RENDIMIENTO MAYOR	RENDIMIENTO MENOR
03.03.13.07	VM2 PERfil HUECO RECTANGULAR 150X250mm e=4.5mm	kg	489.84	0.240 hh / kg	0.111 hh / kg	46%	58	
03.03.13.08	VM3 PERfil HUECO RECTANGULAR 150X150mm e=4mm	kg	349.33	0.240 hh / kg	0.111 hh / kg	46%	59	
03.03.13.09	VM4 PERfil HUECO RECTANGULAR 150X250mm e=4.5mm	kg	88.23	0.240 hh / kg	0.111 hh / kg	46%	60	
03.03.13.10	CONEXIÓN CARTEL PL 1/4"x200x200mm	kg	73.77	0.240 hh / kg	0.111 hh / kg	46%	61	
03.03.13.11	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ EN LOSA ALIGERADA / CONEXIÓN LOSA ALIGERADA - ASCENSOR	m3	0.46	1.067 hh / m3	2.174 hh / m3	204%		5
03.03.13.12	ÁNGULO 3/16" / CONEXIÓN LOSA ALIGERADA - ASCENSOR	und	8.00	0.200 hh / und	0.500 hh / und	250%		6
03.03.13.13	PLACA - 350x250x3/8" / CONEXIÓN LOSA ALIGERADA - ASCENSOR	kg	26.17	0.096 hh / kg	0.076 hh / kg	80%	62	
03.03.13.14	PERNOS 3/4" ASTM A325 OJO CHINO / CONEXIÓN LOSA ALIGERADA - ASCENSOR	und	40.00	0.240 hh / und	0.125 hh / und	52%	63	
<b>03.03.13.15</b>	<b>ANCLAJE ENTRE UNIONES</b>							
03.03.13.15.01	ANCLAJE ENTRE COLUMNA METALICA Y VIGA METALICA CON PL. 180x90x1/4"	kg	4.04	0.069 hh / kg	0.371 hh / kg	541%		7
03.03.13.15.02	ANCLAJE ENTRE COLUMNA METALICA Y VIGA METALICA CON PL. 180x75x1/4"	kg	1.68	0.069 hh / kg	0.893 hh / kg	1302%		8
<b>03.03.14</b>	<b>MUROS DE CONTENCIÓN</b>							
03.03.14.01	EXCAVACION ZANJAS PARA ZAPATA EN MUROS DE CONTENCIÓN	m3	579.02	1.778 hh / m3	0.189 hh / m3	11%	64	
03.03.14.02	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ EN ZAPATA DE MURO DE CONTENCIÓN	m3	145.06	0.622 hh / m3	0.427 hh / m3	69%	65	
03.03.14.03	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ EN PANTALLA DE MURO DE CONTENCIÓN	m3	109.74	1.400 hh / m3	0.451 hh / m3	32%	66	
03.03.14.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MURO DE CONTENCIÓN	m2	548.60	1.600 hh / m2	1.580 hh / m2	99%	67	
03.03.14.05	MURO DE CONTENCIÓN: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	kg	20229.76	0.080 hh / kg	0.067 hh / kg	84%	68	
03.03.14.06	JUNTA DE DILATACIÓN $e=1"$	m2	168.09	0.343 hh / m2	0.324 hh / m2	95%	69	
03.03.14.07	LLORADEROS DE PVC CON FILTRO GRANULAR	und	58.00	1.600 hh / und	0.056 hh / und	4%	70	
03.03.14.08	SUM. E INSTAL GEOTEXTIL NO TEJIDO 200 gr/Cm2	m2	262.54	0.224 hh / m2	0.183 hh / m2	82%	71	
<b>03.03.15</b>	<b>JUNTAS</b>							
03.03.16.01	BASE DE REFUERZO TIPO RESORTE CON TECNOPOR H=0.10 m	m2	20.66	0.640 hh / m2	0.097 hh / m2	15%	72	

**Tabla 40**

Cálculo de índice de productividad de mano de obra total

HORAS HOMBRE REALES PREVISTAS	HORAS HOMBRE REALES EMPLEADAS	HORAS HOMBRE GANADAS
50125.73	38479.08	11646.65
<b>INDICE DE PRODUCTIVIDAD DE MANO DE OBRA (HH PREVISTAS / HH REALES)</b>		1.30

**Comparación de Ratios de Productividad (Previsto vs Real)**

El ratio de productividad (IP) expresa las horas-hombre necesarias para ejecutar una unidad de medida de una partida específica (PL – productividad de mano de obra según el marco teórico de la presente tesis de maestría). Por tanto, un  $IP_{REAL}$  menor al  $IP_{META}$  indica mayor productividad (menos tiempo para ejecutar una unidad), mientras que un  $IP_{REAL}$  mayor al  $IP_{META}$  refleja menor productividad (más tiempo empleado por unidad).

Al analizar los datos, tenemos que respecto a las partidas 03.01. Movimiento de tierras, se tienen 1,098.81 horas hombre ganadas, notándose mejoras de productividad a excepción de las siguientes partidas:

- 03.01.01.03 Relleno compactado con material propio, compactado c/equipo:  $IP_{META} = 0.6400 \text{ hh/m}^3$  vs  $IP_{REAL} = 0.8539 \text{ hh/m}^3 \rightarrow$  Baja productividad, debido a interferencias, dificultad en accesos, sumado a que el suelo no era un material idóneo para rellenos.
- 03.01.01.05 Relleno controlado con material de préstamo afirmado:  $IP_{META} = 0.8571 \text{ hh/m}^3$  vs  $IP_{REAL} = 0.8902 \text{ hh/m}^3 \rightarrow$  Ligera pérdida de eficiencia, debido al material afirmado de mediana calidad, pruebas de compactación por capas que demoraban en su realización pero que eran necesarias para la liberación y culminación de la partida.

- 03.01.01.07 Eliminación de material excedente c/maquinaria:  $IP_{META} = 0.0400 \text{ hh/m}^3$  vs  $IP_{REAL} = 0.0414 \text{ hh/m}^3 \rightarrow$  Pérdida de eficiencia casi nula.

Respecto a las partidas de 03.02 Obras de concreto simple, se tiene 211.92 horas hombre pedidas, lo que indica una disminución de la productividad, debido a que el encofrado de falsa zapata no estaba contemplado en el expediente técnico de la obra, pese a que el problema fue advertido previamente a la supervisión vía cuaderno de obra.

Respecto a las partidas de 03.03 Obras de concreto armado, se tienen 10'759.77 horas hombre ganadas, denotándose un incremento significativo de la productividad.

- Concretos  $f'c = 175$  y  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ : los  $IP_{META}$  resultan menores a los  $IP_{REAL} \rightarrow$  Buen rendimiento de vaciado, similar a las partidas de encofrado.
- Estructura metálica – montaje de perfiles metálicos:  $IP_{REAL}$  en muchos casos  $< IP_{META} \rightarrow$  Buen rendimiento general de esta partida.

De manera general, los resultados evidencian variabilidad en la productividad de mano de obra entre partidas, influenciada por factores como:

- Tipo de actividad: Las partidas de concreto vaciado, encofrado y armado de acero presentan en su mayoría un buen desempeño, lo cual sugiere adecuada planificación de cuadrillas y continuidad operativa.
- Dificultad de ejecución: Partidas como rellenos compactados con material propio y afirmado, no suelen tener complejidad técnica; sin embargo, restricciones de accesibilidad, material de baja calidad inciden negativamente la productividad.

- Manejo de acero de refuerzo: Varias actividades relacionadas con acero (kg) presentan  $IP_{REAL}$  superiores al  $IP_{META}$ , indicando posibles retrasos por logística, corte, armado en sitio o interferencias.
- Ganancia de horas-hombre: Se observa una alta cantidad de horas-hombre ganadas, reflejando una gestión eficiente de la mano de obra.

El análisis muestra una mejora de la productividad de la mano de obra en el proyecto de 1.30, mejora considerable, con buenos desempeños en partidas críticas de concreto y estructuras metálicas, pero también con oportunidades de mejora en partidas de encofrado, acero y elementos verticales. Este control de productividad permitió obtener una base confiable para la toma de decisiones y mejorar la fiabilidad del plan semanal (PPC) como parte de la aplicación del Last Planner System.

#### **5.1.6. Cálculo de índices de desempeño del proyecto con valor ganado**

Durante el periodo de evaluación del proyecto denominado “Creación del servicio de biblioteca central para el desarrollo académico e investigación de los usuarios de la Universidad Nacional Autónoma de Chota”, se evidencia una evolución progresiva del costo real acumulado (AC), lo que refleja el avance en la ejecución de las actividades estructurales. En el primer mes, el gasto real fue de S/ 420,075.29, mientras que al cierre del séptimo mes el acumulado alcanzó S/ 4,008,392.12. Este comportamiento indica una distribución variable en la ejecución mensual de los recursos, con un pico significativo en el tercer mes (S/ 1,078,301.28), seguido de una reducción en los meses posteriores. Esta variabilidad está asociada a factores como la naturaleza secuencial de las partidas estructurales, la disponibilidad de insumos o mano de obra, y la planificación propia del cronograma físico-financiero. En términos de control de

costos, el seguimiento del AC permite identificar tendencias y ajustar estrategias para mantener la eficiencia en la gestión presupuestal del proyecto.

**Tabla 41**

Costos reales de la especialidad de estructuras del proyecto

ESPECIALIDAD ESTRUCTURAS	MES 01 15/08 – 10/09 del 2023	MES 02 11/09 – 08/10 del 2023	MES 03 09/10 – 05/11 del 2023	MES 04 06/11 – 03/12 del 2023	MES 05 04/12 – 31/12 del 2023	MES 06 01/01 – 28/01 del 2024	MES 07 29/01 – 11/02 del 2024
Costo Actual por Mes	S/ 420,075.29	S/ 657,935.19	S/ 1,078,301.28	S/ 792,419.16	S/ 271,591.38	S/ 570,988.44	S/ 217,081.38
Costo Actual Acumulado (AC)	S/ 420,075.29	S/ 1,078,010.48	S/ 2,156,311.76	S/ 2,948,730.92	S/ 3,220,322.30	S/ 3,791,310.74	S/ 4,008,392.12

Nota. Adaptación propia de los datos otorgados por el área de logística y administración de la empresa CALOF CONSTRUCCIONES, respecto a los costos reales de la especialidad de estructuras de la obra “CREACIÓN DEL SERVICIO DE BIBLIOTECA CENTRAL PARA EL DESARROLLO ACADÉMICO DE INVESTIGACIÓN DE LOS USUARIOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA”.

Asimismo, el comportamiento del Valor Ganado (EV) acumulado en la especialidad de estructuras revela un avance constructivo constante durante el periodo de medición del proyecto. El EV inicia en S/ 514,401.00 y alcanza S/ 4,630,142.66 al mes 07, lo que representa un progreso físico significativo en relación con lo programado. Se observan incrementos marcados en los meses 03 y 04, lo cual sugiere una etapa de mayor actividad estructural, vinculada a la ejecución de elementos fundamentales del proyecto (superestructura de la edificación). En contraste, los meses 05 y 07 muestran menores montos ganados, lo que podría reflejar fases de menor demanda de recursos estructurales y ajustes en la planificación operativa. La continuidad en el crecimiento del EV acumulado indica que, en términos generales, el desarrollo del proyecto ha mantenido un ritmo estable, lo cual es esencial para garantizar el cumplimiento de los objetivos dentro del marco temporal establecido.

**Tabla 42**

Valor ganado de la especialidad de estructuras del proyecto

ESPECIALIDAD ESTRUCTURAS	MES 01 15/08 – 10/09 del 2023	MES 02 11/09 – 08/10 del 2023	MES 03 09/10 – 05/11 del 2023	MES 04 06/11 – 03/12 del 2023	MES 05 04/12 – 31/12 del 2023	MES 06 01/01 – 28/01 del 2024	MES 07 29/01 – 11/02 del 2024
Valor ganado por Mes	S/ 514,401.00	S/ 839,176.06	S/ 1,244,030.48	S/ 879,170.42	S/ 301,537.51	S/ 614,891.70	S/ 236,935.50
<b>Valor ganado Acumulado (EV)</b>	S/ 514,401.00	S/ 1,353,577.07	S/ 2,597,607.54	S/ 3,476,777.96	S/ 3,778,315.47	S/ 4,393,207.16	S/ 4,630,142.66

Nota. Elaboración propia.

Por otro lado, se realizó el análisis del Valor Planificado (PV), desde el mes 01 hasta el mes 07, donde se observa un crecimiento progresivo del PV, partiendo de S/ 518,245.79 hasta alcanzar un total acumulado de S/ 4,630,142.66. Esta evolución refleja una planificación escalonada que responde a la secuencia lógica de ejecución de obras, siendo más intensiva entre los meses 02 y 04, donde se registra una aceleración en la programación de los recursos. La tendencia indica que, para el mes 07, se había previsto ejecutar el 100% del presupuesto asignado a esta especialidad, lo cual sugiere que este periodo marca el cierre planificado de las actividades estructurales. Este comportamiento permite contrastar el rendimiento real y ganado frente a lo programado, facilitando el cálculo de indicadores clave como el SPI (Schedule Performance Index) para evaluar el grado de cumplimiento del cronograma.

**Tabla 43**

Valor planificado de la especialidad de estructuras del proyecto

ESPECIALIDAD ESTRUCTURAS	MES 01 15/08 – 10/09 del 2023	MES 02 11/09 – 08/10 del 2023	MES 03 09/10 – 05/11 del 2023	MES 04 06/11 – 03/12 del 2023	MES 05 04/12 – 31/12 del 2023	MES 06 01/01 – 28/01 del 2024	MES 07 29/01 – 11/02 del 2024
<b>Valor planificado mensual</b>	S/ 518,245.79	S/ 771,043.73	S/ 1,160,334.38	S/ 1,019,931.42	S/ 350,681.75	S/ 589,123.53	S/ 220,782.06
<b>Valor Planificado Acumulado (PV)</b>	S/ 518,245.79	S/ 1,289,289.52	S/ 2,449,623.90	S/ 3,469,555.32	S/ 3,820,237.07	S/ 4,409,360.60	S/ 4,630,142.66

El análisis integral de los indicadores de desempeño del proyecto revela una gestión altamente eficiente tanto en términos de costos como de cronograma.

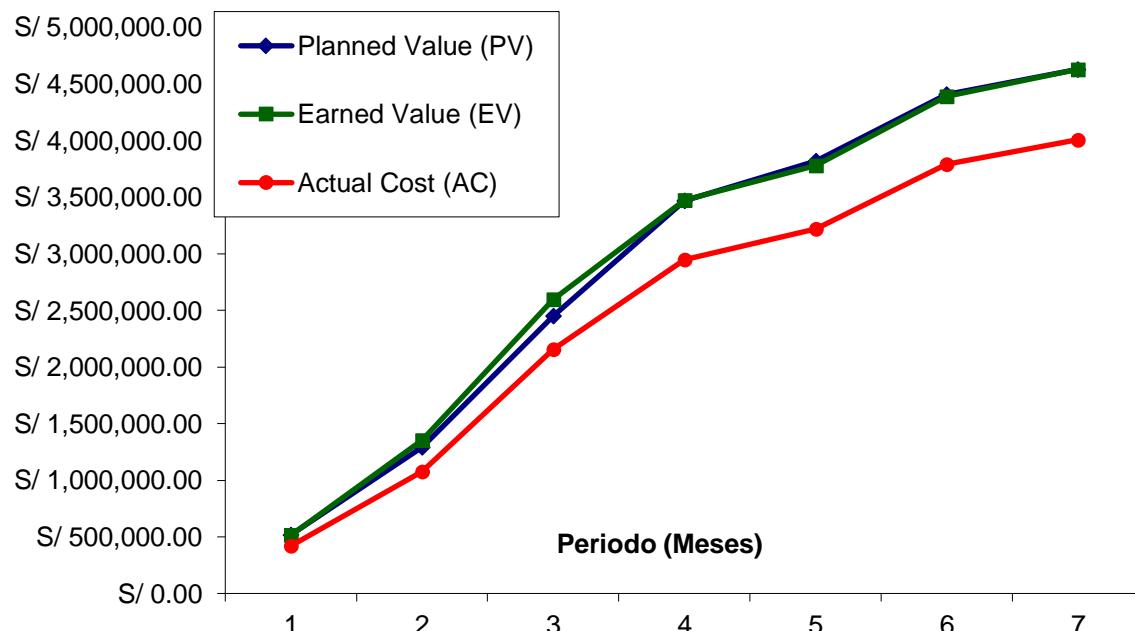
**Tabla 44**

índices de desempeño del proyecto con valor ganado

ÍNDICES DE DESEMPEÑO DEL PROYECTO	MES 01	MES 02	MES 03	MES 04	MES 05	MES 06	MES 07
	15/08 – 10/09 del 2023	11/09 – 08/10 del 2023	09/10 – 05/11 del 2023	06/11 – 03/12 del 2023	04/12 – 31/12 del 2023	01/01 – 28/01 del 2024	29/01 – 11/02 del 2024
Variación del costo (CV = EV - AC)	S/ 94,325.71	S/ 275,566.59	S/ 441,295.78	S/ 528,047.04	S/ 557,993.17	S/ 601,896.42	S/ 621,750.54
Variación del cronograma (SV = EV - PV)	-S/ 3,844.78	S/ 64,287.55	S/ 147,983.64	S/ 7,222.64	-S/ 41,921.61	-S/ 16,153.44	S/ 0.00
Índice de desempeño de costo (CPI = EV/AC)	1.225	1.256	1.205	1.179	1.173	1.159	1.155
Índice de desempeño de cronograma (SPI = EV/PV)	0.993	1.050	1.060	1.002	0.989	0.996	1.000
Estimación de costos al completarse (EAC)	S/ 3,781,113.38	S/ 3,687,519.86	S/ 3,843,548.69	S/ 3,926,924.58	S/ 3,946,349.05	S/ 3,995,784.62	S/ 4,008,392.12

**Figura 13**

Valor Planificado vs Valor Ganado vs Costo Real del proyecto



La variación de costo (CV) se mantuvo positiva durante todo el periodo evaluado, alcanzando S/ 621,750.54 al cierre del séptimo mes. Este comportamiento refleja un control financiero riguroso, donde el valor del trabajo efectivamente ejecutado fue superior al costo incurrido, consolidando una ejecución presupuestal favorable.

Por otro lado, el índice de desempeño de costo (CPI) presentó valores superiores a 1 en todos los periodos, lo que confirma una utilización eficiente de los recursos financieros. Aunque se observa una leve disminución del CPI hacia el final del proyecto (de 1.256 en el mes 02 a 1.155 en el mes 07), este indicador permanece dentro de rangos aceptables que sugieren un manejo disciplinado del presupuesto.

En cuanto al desempeño del cronograma, el SPI mostró valores mixtos, con momentos por debajo de 1 que indicaban ligeros retrasos temporales (meses 01, 06 y 07), y otros superiores a 1 que representaban adelantos. No obstante, el hecho de que el proyecto haya sido concluido dos días antes de la fecha programada evidencia que estos desfases fueron gestionados adecuadamente, permitiendo recuperar el ritmo y optimizar la planificación en los tramos críticos.

La evolución del Costo Estimado al Completarse (EAC) confirma la eficiencia del proceso, cerrando en S/ 4,008,392.12, sin desviaciones respecto al costo acumulado real, lo cual reafirma el cumplimiento del presupuesto original. En conjunto, estos resultados reflejan una ejecución sólida, con un equilibrio adecuado entre tiempo, costo y alcance, y un cierre anticipado que denota un nivel alto de coordinación técnica y administrativa.

## 5.2. Discusión de resultados

### 5.2.1. De la planificación colaborativa (LPS)

Dentro de la filosofía Lean Construction, uno de los pilares es la confiabilidad en los compromisos futuros: el PPC es un indicador clave que mide cuán predictivo es el flujo del trabajo. Un PPC cercano o superior al 80 % se considera buen desempeño en muchas aplicaciones de LPS (Ballard & Howell, 2003). En este caso:

- El incremento del PPC semanal acumulado hasta estabilizarse cerca al 82 % evidencia que las prácticas de LPS, como las reuniones de planificación, identificación de restricciones, seguimiento de actividades no cumplidas, fueron efectivas para mejorar la previsibilidad de las entregas.
- Las caídas puntuales muestran que persisten variables externas o imprevistos como suministros, decisiones de supervisión, y paros administrativos que requieren atención constante.

Por otro lado, los resultados de la presente se compararon con las siguientes investigaciones:

- Un estudio titulado “Incorporation of the Lean Construction model to innovate time management in construction projects” (Murillo Manrique y Llerena Carhuas, 2024) reporta, para proyectos en Lima y Cusco, valores del trabajo productivo TP = 40 %, TC= 41 %, y TNC de 19 %; además de un PPC cercano al 80 %. Estos datos son muy parecidos a los obtenidos en esta tesis, donde se obtuvo un PPC acumulado de 82 % y mejoras en TP obtenidas con el uso de las cartas balance.
- En Chile, Alarcón, Baladrón, Gahona y Long (2024) evaluaron la implementación de metodologías Lean en un proyecto minero público y encontraron mejoras en todos los indicadores estudiados, incluyendo reducción de variabilidad y mejoras en

PPC como indicador de confiabilidad del planeamiento. Esto refuerza que los procesos de mejora continua y uso de LPS llevan a estabilizar los planes.

- El estudio Statistical Analysis of Lean Construction Barriers to Optimize Its Implementation (Buildings, 2024) identificó que barreras como comunicación deficiente, liderazgo débil u oposición al cambio dificultan alcanzar altos PPC al inicio de los proyectos. Este hallazgo coincide con las primeras semanas de bajo cumplimiento, lo que sugiere que superar estas barreras podría acelerar la mejora.

### **5.2.2. Del uso de tiempo en el trabajo**

Murillo Manrique y Llerena Carhuas (2024) investigaron la incorporación del modelo Lean en gestión de tiempos en proyectos de construcción en Perú. Los autores encontraron que en el proyecto de Barranco 360°, los valores de TP, TC y TNC, oscilaban entre 40%, 41 % y 19 % respectivamente, lo que se aproxima a los resultados obtenidos en la presente tesis, los cuales son TP= 42%, TC=35%; y, TNC=23%.

En el estudio de Jiang, Shen y Zhang (2024) sobre productividad laboral con conciencia situacional y mapeo de flujo de valor mejorado (Value Stream Mapping), se reporta que el enfoque Lean permite mejorar significativamente la productividad de la mano de obra al involucrar a los trabajadores en la identificación de desperdicios y ajustes en su entorno operativo. Esto respalda el enfoque participativo implícito en la intervención Lean de la presente investigación.

Por otro lado, en la investigación “Investigating effectiveness of time studies in lean construction projects” de Demirkesen et al. (2020), se afirma que los estudios de tiempo no son el medio directo de mejora, pero sí actúan como un indicador indispensable para orientar las estrategias Lean, pues permiten distinguir claramente actividades de valor y no valor. Este planteamiento coincide con la metodología sustentada en las mediciones con carta balance y su utilidad.

### **5.2.3. De la participación en reuniones LPS semanales**

Los resultados obtenidos encuentran soporte en estudios actuales que han evaluado la implementación del LPS en contextos similares.

En la investigación de Murillo Manrique y Llerena Carhuas (2024), desarrollada en proyectos de edificación pública en Lima y Cusco, se observó que un alto índice de participación en reuniones LPS (mayor al 85 %) se correlacionó directamente con mejoras en el PPC y reducción de restricciones imprevistas.

Otro estudio realizado en Chile por Alarcón et al. (2024) evidenció que los proyectos con mayor número de coordinaciones interdisciplinarias (más de 90 en proyectos similares) lograron una menor cantidad de reprocesos y mayor confiabilidad en la planificación.

Por su parte, la investigación de Moradi y Sormunen (2023), publicada en Buildings, identificó que, entre las barreras más frecuentes para la implementación de Lean Construction se encuentran la falta de liderazgo comprometido, resistencia al cambio por parte de los equipos, y bajo conocimiento o comprensión de Lean. Estas barreras coinciden con los factores observados en este proyecto, en los cuales una menor participación activa en reuniones LPS semanales aparece como síntoma de dichas barreras.

Estos estudios coinciden en señalar que la participación efectiva en las reuniones no solo se mide por la asistencia, sino también por la calidad de los aportes, la preparación previa y la capacidad para generar compromisos realistas. En ese sentido, el proyecto de la creación de la biblioteca UNACH, no solo alcanzó una alta tasa de participación promedio, sino que además logró coordinar con actores diversos en momentos clave, lo que es consistente con las mejores prácticas reportadas en la literatura.

#### 5.2.4. Del análisis de productividad de mano de obra

El análisis de productividad encaja con los principios Lean en los siguientes aspectos:

##### **Reducción de desperdicios (muda)**

Las partidas donde  $IP_{REAL}$  fue menor que  $IP_{META}$  sugieren que lograron reducir desperdicios (tiempos de espera, descanso, retrabajos, tiempos de ocio, entre otros), esto gracias a una planificación y ejecución más afinadas.

##### **Flujo predecible y estabilidad**

Tal como lo postula la literatura (p. ej. Ballard & Howell, trabajos sobre variación de flujo), la productividad mejora cuando el flujo del trabajo es más predecible y las interrupciones mínimas. En este caso, las partidas más estables exhibieron mejores ratios, lo que es coherente con ese principio.

##### **Especialización y apropiación del equipo**

Las mejoras en concreto y estructuras metálicas sugieren que las cuadrillas adquirieron dominio y continuidad en esas actividades, lo que promovió eficiencia. Esto se alinea con la filosofía de cultivar capacidades locales y empoderar a los equipos en Lean.

##### **Feedback para mejora continua y ajustes en planificación**

El contraste sistemático entre lo planificado y lo realizado permite retroalimentar el sistema de planificación (PPC, cartas balance, lookahead), cerrando el ciclo Lean de planificación - ejecución - aprendizaje.

Por otro lado, las 11,646.65 horas-hombre ganadas en este proyecto representan una mejora de productividad cercana al 30 %, lo que supera el ahorro de 16.7 % reportado en un estudio que aplicó prefabricación eléctrica (ASCE, 2016), y es un poco mayor que el 24.07 % de mejora presentado por Jiang, Shen y Zhang (2024) al combinar conciencia situacional con mapeo del flujo de valor.

Estas diferencias se deben, en parte, a que las partidas estructurales en este estudio permitieron una mayor especialización, continuidad y menor variabilidad en los procesos, mientras que en los otros estudios algunas partidas enfrentaban mayores restricciones operativas o dependían de coordinación interdisciplinaria compleja. Además, los estudios de encofrado observacional (Mine et al., ISARC 2015) coinciden en que este tipo de actividades tiene un alto potencial de mejora si se aplican métodos Lean y control de proceso, lo cual valida los resultados favorables que se obtuvieron en algunas partidas estructurales.

#### **5.2.5. De los índices de desempeño del proyecto con valor ganado**

La utilización de la técnica de Valor Ganado (Earned Value Management, EVM) en la especialidad de estructuras del proyecto de la Biblioteca de la UNACH permite evaluar simultáneamente desempeño en costos y cronograma, mediante indicadores como CV (Cost Variance), SV (Schedule Variance), CPI (Cost Performance Index), SPI (Schedule Performance Index) y la estimación al completarse (EAC). A partir de las tablas y cálculos presentados, se pueden extraer múltiples lecciones sobre la eficacia de la gestión bajo el enfoque Lean Construction.

##### **Variaciones de costo positivas (CV > 0) constantes**

En todos los meses evaluados, la variación de costo ( $CV = EV - AC$ ) se mantiene positiva, alcanzando hasta S/ 621,750.54 al mes 07. Esto indica que el valor del trabajo ejecutado (EV) supera el costo real incurrido, es decir, la obra ha sido ejecutada con costos menores de los previstos para esa producción realizada.

##### **CPI consistentemente mayor que 1**

El indicador CPI ( $EV / AC$ ) se sitúa siempre por encima de 1 (ej. 1.225 en mes 1, 1.256 en mes 2, decreciendo ligeramente hacia 1.155 al final). Esto es una señal de eficiencia en costos: cada sol invertido produjo un valor mayor al planeado.

### **SPI con valores mixtos, pero con recuperación**

El SPI (EV / PV) shows momentos de adelanto, retraso y ajuste.

Por ejemplo:

- Mes 1: SPI = 0.993 (ligera demora frente al plan)
- Meses 2 y 3: SPI > 1 (adelanto)
- Meses 5 y 6: SPI ligeramente inferior a 1
- Mes 7: SPI = 1.000 (cumplimiento exacto del plan)

Esta evolución sugiere que, aunque en algunas etapas hubo desalineamientos frente al cronograma previsto, el proyecto fue capaz de corregir esos desfases hacia el final y alcanzar la programación planificada.

### **Estimación al completarse (EAC) coincide con costo real acumulado**

El EAC estimado al completarse toma valores que convergen al costo real acumulado del mes 07 (S/ 4,008,392.12), sin grandes desviaciones. Ese comportamiento sugiere que los ajustes realizados a lo largo del proyecto permitieron mantener el control presupuestal.

Con el fin de contextualizar los resultados de la presente tesis, tenemos investigaciones respecto a proyectos de construcción donde se aplicó la técnica de EVM, reportando comportamientos similares al estudiado en este estudio.

- En el estudio Cost and Time Performance Evaluation of a Sports Hall Construction Project Using the Earned Value Method (Pratiwi, Prihadi y Al-Pashya, 2023), realizado en Indonesia, los autores aplicaron EVM en un proyecto de construcción de sala deportiva y encontraron que la variación de costo fue positiva, lo que indica que los costos reales estaban por debajo del valor ganado, similar al patrón observado en el proyecto de la Biblioteca de la UNACH.

- En otro caso de uso del método EVM en Indonesia para edificaciones integradas (GKT Building, Surabaya), Bahari y Rizki (2023) reportan que al evaluar el AC - Costo Real, PV – Valor Programado y EV – Valor ganado, se obtuvo CV positivo y SV positivo, lo que indicaba que la obra se encontraba adelantada frente al plan y con eficiencia de costos, reflejado en un  $CPI \geq 1$  y  $SPI = 1.00$  al corte del análisis.
- En el artículo Analysis of Time and Cost Control in a 2-Storey Construction Project Using the Earned Value Method (Setiawati et al., 2019), se identificaron meses con  $CPI$  inferior a 1 (pérdida de eficiencia) y  $SPI$  variable, lo cual resalta la importancia del monitoreo constante en obra para mantener los indicadores dentro de rango favorable.

Estas comparaciones refuerzan que los resultados en el modelo de gestión bajo filosofía Lean Construction, siguen tendencias exitosas observadas en otros proyectos reales de construcción: obtener CV positivos y  $CPI > 1$  son indicadores de gestión eficiente, mientras que variabilidad en  $SPI$  es esperable por el contexto operativo, pero debe ser corregida oportunamente.

### 5.3. Contrastación de hipótesis

#### 5.3.1. Contrastación de hipótesis general

**Hipótesis general:** La implementación de un modelo de gestión basado en la filosofía Lean Construction mejora significativamente la productividad en la construcción de instituciones educativas, en el caso específico de la Biblioteca de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, Cajamarca.

#### Contrastación:

- Entre los principales hallazgos de aplicar la filosofía lean construction, destaca el incremento del PPC acumulado hasta un 82 %, lo cual supera el umbral del 80 % considerado como buen desempeño en la literatura especializada (Ballard & Howell, 2003).

Además, el análisis de productividad laboral reflejó una mejora del 30 % en horas-hombre, cifra superior a la reportada en estudios previos. Estos resultados confirman que la adopción de la filosofía Lean con herramientas como el LPS mejora sustancialmente la planificación, la confiabilidad y la eficiencia operativa.

- Asimismo, la aplicación del enfoque Lean permitió una ejecución por debajo del costo previsto, reflejado en una variación de costo (CV) positiva constante, y un índice de desempeño de costos (CPI) mayor a 1 en todos los periodos analizados. Esto refuerza la validez de la hipótesis general, ya que se evidencia una mejora tangible en la productividad y eficiencia del proyecto.

### **5.3.2. Contrastación de hipótesis específicas**

Respecto a la primera hipótesis específica: La aplicación de herramientas del Lean Construction permite aumentar el rendimiento de la mano de obra en la ejecución del proyecto de construcción de la Biblioteca de la UNACH. El estudio de tiempos mediante cartas balance mostró un incremento del Trabajo Productivo (TP) hasta el 42 %, valor que supera el promedio nacional reportado (aproximadamente 40 %), y una disminución relativa de tiempos contributivos y no contributivos. Además, la reducción de actividades sin valor agregado y la mejora en continuidad de cuadrillas fueron claves para alcanzar dicha mejora. Esto demuestra que las herramientas Lean contribuyen efectivamente al aumento del rendimiento de la mano de obra.

Respecto a la segunda hipótesis específica: El uso de sistemas de planificación colaborativa, como el Last Planner System, contribuye al cumplimiento efectivo del cronograma de obra en el proyecto de construcción de la Biblioteca de la UNACH. El análisis del Schedule Performance Index (SPI) muestra valores que, aunque fluctuaron, convergen a 1 al final del periodo, indicando cumplimiento del cronograma proyectado. Además, el uso sistemático de reuniones LPS, el control de restricciones, y el

compromiso de los actores permitió estabilizar el flujo de trabajo. La tasa alta de participación en reuniones y la generación de compromisos realistas sustentan esta afirmación.

Respecto a la tercera hipótesis específica: La implementación del modelo Lean Construction reduce los desperdicios de recursos y tiempos improductivos durante el desarrollo de la obra. Se logró una reducción en tiempos no productivos (TNC), que descendieron a un 23 %, y se identificaron actividades con mejora de ratios IPREAL/IPMETA debido a mejor coordinación y eliminación de mudas (desperdicios). Las 11,646.65 horas-hombre ganadas representan evidencia cuantitativa de esta mejora, y superan comparativamente los ahorros en productividad observados en estudios similares.

Respecto a la cuarta hipótesis específica: El enfoque Lean Construction mejora la coordinación y comunicación entre los actores del proyecto, lo que se refleja en una mayor eficiencia operativa en el proceso constructivo. La implementación de reuniones semanales LPS, con una alta participación de los involucrados, permitió mejorar la comunicación, generar compromisos reales y reducir reprocesos. La mejora en eficiencia operativa se reflejó tanto en indicadores de confiabilidad (PPC) como en el control de variabilidad, así como en el índice de costo (CPI > 1), lo que respalda una gestión eficiente basada en mejor coordinación y flujo de información entre actores.

## CONCLUSIONES

- En relación al objetivo general, se concluye que, la aplicación de este modelo, logra evidenciar una mejora significativa en la productividad general del proyecto. Esta mejora se reflejó en indicadores clave de desempeño como el índice de desempeño de costo (CPI) y el índice de desempeño del cronograma (SPI), los cuales se mantuvieron en valores superiores a 1 durante la mayor parte del periodo evaluado, demostrando eficiencia tanto en el uso de recursos como en la adherencia al cronograma planificado.
- Respecto al primer objetivo específico, la implementación de herramientas Lean, tales como la estandarización de procesos, la mejora continua (Kaizen) y la gestión visual en las reuniones LPS, tuvo una influencia positiva sobre el rendimiento de la mano de obra. De las 82 partidas ejecutadas, se observó un incremento en las horas-hombre productivas (11,646.65 hh ganadas), lo que evidencia una mejor utilización del tiempo disponible en campo. Esto se debió en gran medida a la eliminación de tiempos improductivos asociados a actividades innecesarias, esperas por materiales o falta de coordinación. En comparación con métricas obtenidas en proyectos similares sin enfoque Lean, los indicadores de eficiencia de la fuerza laboral fueron superiores, confirmando que dichas herramientas actúan como catalizadores de productividad en obra.
- Respecto al segundo objetivo específico, el sistema de planificación colaborativa Last Planner System (LPS) generó impactos positivos sobre el cumplimiento del cronograma al promover una programación realista, consensuada y flexible. La planificación a corto plazo, basada en compromisos verificables por los equipos de trabajo, permitió una mejor identificación de restricciones y una rápida adaptación ante eventualidades. La relación entre el valor ganado (EV) y el valor planificado (PV) evidenció una ejecución alineada con los plazos previstos, y con capacidad de

recuperación ante desviaciones, logrando concluir el proyecto incluso antes de la fecha contractual. Esto valida al LPS como una herramienta eficaz para fortalecer la confiabilidad de la planificación en proyectos constructivos.

- Respecto al tercer objetivo específico, se aplicaron herramientas como la carta balance para evaluar el uso del tiempo en obra, clasificándolo en Trabajo Productivo (TP), Trabajo Contributivo (TC) y Trabajo No Contributivo (TNC). En las mediciones iniciales, se obtuvo un promedio de TP = 33 %, TC = 37 % y TNC = 30 %; sin embargo, tras la aplicación de mejoras bajo la filosofía Lean Construction, estos valores mejoraron significativamente, alcanzando TP = 42 %, TC = 35 % y TNC = 23 %. Esto representa un incremento del trabajo productivo en 9%, así como una reducción del trabajo contributivo en 2% y del trabajo no contributivo en 7%, lo que evidencia una disminución efectiva de desperdicios y tiempos improductivos en el proceso constructivo.
- Respecto al último objetivo específico, la filosofía Lean promueve una cultura de colaboración y comunicación transparente entre todos los actores del proyecto. En este caso de estudio, la implementación de reuniones de planificación colaborativa y rutinas de retroalimentación fomentó una mejor articulación entre residente de obra, supervisor de obra, especialistas, subcontratistas y trabajadores. Esta coordinación efectiva fue clave para anticipar problemas, resolver conflictos en tiempo real y tomar decisiones basadas en datos confiables. Como resultado, se logró una ejecución más armónica, con menor cantidad de interferencias entre actividades y mayor capacidad de respuesta ante imprevistos, aspectos fundamentales para el éxito de cualquier proyecto de construcción pública.

## RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS

- Debido a que esta investigación se centró exclusivamente en la construcción de una biblioteca universitaria, se recomienda desarrollar estudios comparativos en otras tipologías de infraestructura educativa como colegios, institutos técnicos, centros de investigación o laboratorios, bajo condiciones similares de contratación pública. Esta línea de investigación permitiría analizar si el impacto del modelo bajo la filosofía Lean Construction en la productividad varía según la complejidad técnica o el tipo funcional del proyecto.
- Si bien los resultados obtenidos evidencian la efectividad del LPS en un proyecto de mediana escala, es necesario fomentar investigaciones que analicen su rendimiento en obras de mayor magnitud y largo plazo, como campus universitarios completos o programas integrados de infraestructura educativa. Estudiar la adaptabilidad y sostenibilidad del sistema a lo largo de ciclos constructivos más prolongados aportaría evidencia valiosa para la institucionalización del enfoque Lean en la planificación pública.
- A medida que la digitalización de la construcción avanza, se sugiere explorar el impacto de herramientas como el Building Information Modeling (BIM), debido a infraestructuras cuya geometría sea variable; dashboards colaborativos o plataformas de seguimiento en tiempo real cuando se integran con metodologías bajo filosofía Lean. La sinergia entre Lean y tecnología puede representar un nuevo paradigma de gestión para instituciones públicas, mejorando la trazabilidad, el control y la toma de decisiones en tiempo real.

- Finalmente, se recomienda investigar la aplicación de los principios Lean más allá de la fase de construcción, particularmente en las etapas de operación y mantenimiento de la infraestructura educativa. Ello permitiría determinar si la eficiencia alcanzada durante la obra puede extenderse a la vida útil del edificio, generando ahorros sostenidos y mayor valor público para los usuarios del servicio educativo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, L. F., Baladrón, C., Gahona, P., & Long, D. (2024). Lean Methodologies and Productivity in Mining Development – A Case in a Public Company. *Revista Ingeniería de Construcción*, 38 (Special Issue).
- <https://doi.org/10.7764/RIC.00085.21>
- Alarcón, L. F., y Serpell, A. (1996). Performance measuring, benchmarking and modeling of construction projects. *Proceedings of the 5th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-5)*, 1–12. <https://iglc.net/>
- Araujo, A., Ávila, K., Barbarán, C., Castillo, F., & Chinchihualpa, J. (2019). *Implementación de herramientas Lean Construction en proyectos multifamiliares de densidad media. Caso Proyecto Precursoros en Surco*. [Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. RENATI. <http://hdl.handle.net/10757/648717>
- Asenjo, G., Castillo, J., y Muñoz, J. (2017). *Plan de gestión de los procesos alcance, tiempo y costo para el proyecto denominado: "Provisión de servicios de saneamiento para el distrito de Punta Hermosa"*. [Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/622720>
- Awad, T., Guardiola, J., y Fraíz, D. (2021). Sustainability and construction: A review of Lean and industrialised building methods. *Sustainability*, 13(24), 13877. <https://doi.org/10.3390/su132413877>
- Bahari, V. F., & Rizki, M. A. (2023). Cost and Time Performance Analysis Using the Earned Value Concept in the Construction of the Integrated Lecture Building at the State Polytechnic of Shipbuilding Surabaya. *Journal La Multiapp*, 6(3). <https://doi.org/10.37899/journallamultiapp.v6i3.2154>
- Bahri, M., & Sembiring, K. (2023). Analisis Kinerja Waktu Menggunakan Metode Earned Value pada Proyek Pembangunan Gedung Kejaksaan Tinggi DKI Jakarta. *Journal Teknika*, 15(2), 107–116. <https://doi.org/10.30736/jt.v15i2.1086>
- Ballard, G., y Howell, G. (2003). Lean project management. *Building Research & Information*, 31(2), 119–133. <https://doi.org/10.1080/09613210301997>
- Ballard, G. (2000). The Last Planner System of Production Control. University of Birmingham.

- Ballard, G., y Howell, G. (1998). Shielding production: Essential step in production control. *Journal of Construction Engineering and Management*, 124(1), 11-17. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1998\)124:1\(11\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1998)124:1(11))
- Ballé, M., Jones, D., Chaize, J., y Fiume, O. (2018). *Estrategia Lean. Utilizar Lean para crear ventaja competitiva, generar innovación y facilitar el crecimiento sostenible*. Profit Editorial. [https://www.google.com.pe/books/edition/Estrategia\\_Lean/53NuDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=libros+de+Lean+construction&printsec=frontcover](https://www.google.com.pe/books/edition/Estrategia_Lean/53NuDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=libros+de+Lean+construction&printsec=frontcover)
- Bertelsen, Koskela, Henrich, y Rooke. (2006). Critical Flow – Towards a Construction Flow Theory. *Proceedings IGLC*(14), 31-40. <https://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/25962>
- Botero, L. (2021). *Principios, herramientas e implementación de Lean Construction*. Medellín: EAFIT. [https://www.google.com.pe/books/edition/Principios\\_herramientas\\_e\\_implementaci%C3%B3n/161BEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=libros+de+Lean+construction&printsec=frontcover](https://www.google.com.pe/books/edition/Principios_herramientas_e_implementaci%C3%B3n/161BEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=libros+de+Lean+construction&printsec=frontcover)
- Botero, L. (2002). *El tiempo improductivo en obras de construcción: análisis y medidas de mejora*. Universidad Nacional de Colombia.
- Bustamante, R. (2024). *Aplicación de la filosofía Lean Construction para el mejoramiento de la productividad en la ejecución de la I.E. 16939 Vicente de la Vega, distrito de Namballe, San Ignacio, Cajamarca, 2023*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/7149>
- Caballero, S., Zambrano, B., y Ponce, E. (2018). Estado actual de la aplicación de la metodología Lean Construction en la gestión de proyectos de construcción en Colombia. *ingeniare*, 2(25). <https://doi.org/https://doi.org/10.18041/1909-2458/ingeniare.25.5968>
- Calderon, M. (2020). *Implementación de Lean Construction en Cusco*. [Trabajo final de master, Universitat Politecnica de Valencia]. <http://hdl.handle.net/10251/152827>
- Campero, y Alarcón. (2018). *Administración de proyectos civiles* (Tercera ed.). Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile. [https://www.google.com.pe/books/edition/Administraci%C3%B3n\\_de\\_proyectos\\_civiles/3XCMDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=libros+de+last+planner+system&printsec=frontcover](https://www.google.com.pe/books/edition/Administraci%C3%B3n_de_proyectos_civiles/3XCMDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=libros+de+last+planner+system&printsec=frontcover)

- Carrillo, D. (2022). *Implementación Last Planner System (LPS) en el proyecto Urban Salitre Zúrich E2, construido por Ménsula Ingenieros S. A.* [Tesis de maestría, Universidad de los Andes]. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. Bogotá. <http://hdl.handle.net/1992/58168>
- CDT (Corporación de Desarrollo Tecnológico). (2023). *Guía de implementación de Lean Construction en proyectos públicos*. Santiago, Chile.
- Chau, K. W. (1995). Application of a construction productivity measurement model. *International Journal of Project Management*, 13(1), 17–25. [https://doi.org/10.1016/0263-7863\(94\)00003-C](https://doi.org/10.1016/0263-7863(94)00003-C)
- Contraloría General de la República. (2023). *Reporte de obras paralizadas en el territorio nacional en el marco de la Ley N° 13589 a diciembre 2022*. Gerencia de Modernización y Planeamiento, Subgerencia de Seguimiento y Evaluación del Sistema Nacional de Control. Gerencia de Comunicación Corporativa. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4084578/Reporte%20de%20Obras%20Paralizadas%20en%20el%20territorio%20nacional%20a%20diciembre%202022.pdf>
- Cuadros Pillpe, J. A. (2024). *Metodología Lean Construction y su influencia en la dirección de proyectos de construcción de plantas de disposición final de residuos sólidos en el Perú* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio UNFV. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/9962>
- Damian Ccallata, G. (2020). *Implementación de la filosofía Lean Construction en el proyecto de sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Staff Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019*. [Tesis de maestría, Universidad Privada de Tacna]. RENATI. <http://hdl.handle.net/20.500.12969/1673>
- Daneshgari, P., & Moore, H. (2024). *Industrialization of Construction: How it will happen, and how to stay ahead using Agile Construction*. KDP.
- Dávila Martínez, K. M. (2025). *Efecto de Lean Construction en la productividad de la construcción de muros de contención en la Avenida Country, Nuevo Chimbote* [Tesis, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio UNS. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/5008>
- De La Vega, H., Palomino, J., Gutiérrez, H., y Salcedo, E. (2018). *Mejora de la productividad implementando el sistema Lean Construction en la ejecución de*

- obras por administración directa de infraestructuras educativas públicas Caso de estudio: I.E. Wiñayhuayna Mariano Santos del distrito de Urcos, provincia de Quispicá. [Tesis, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].* <http://hdl.handle.net/10757/624257>
- Decreto Supremo N° 082-2019-EF. (2018). *Reglamento de la Ley N° 30225, Ley de Contrataciones del Estado.* Diario El Peruano, Decreto Supremo N°344-2018-EF. Lima: Editora Perú.  
[https://diarioficial.elperuano.pe/pdf/0022/LEY\\_CONTRATACIONES\\_ESTADO\\_Y\\_REGLAMENTOv04.pdf](https://diarioficial.elperuano.pe/pdf/0022/LEY_CONTRATACIONES_ESTADO_Y_REGLAMENTOv04.pdf)
- Demirkesen, S., Ghosh, S., & Ardit, D. (2020). Investigating effectiveness of time studies in lean construction projects. *Production Planning & Control*, 33(13), 1160–1175. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1859151>
- Dozzi, S. P., & AbouRizk, S. M. (1993). Productivity in construction. Institute for Research in Construction, National Research Council Canada.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., y Liston, K. (2018). *BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers* (3rd ed.). Wiley.
- Fernández Echevarría, A. (2024). *Aplicación de la carta balance para la mejora de la productividad de mano de obra en la partida de estructuras en una obra de edificación en Pucallpa* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/138159>
- Fleming, Q. W., y Koppelman, J. M. (2016). *Earned value project management* (4th ed.). Project Management Institute.
- Fontalvo, T., De La Hoz, E., y Morelos, J. (2017). La productividad y sus factores: incidencia en el mejoramiento organizacional. *Dimensión Empresarial*, 16(1), 47-60. <https://doi.org/https://doi.org/10.15665/dem.v16i1.1375>
- Garcés, y Peña. (2023). Una revisión de Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción. *Revista ingeniería de construcción*, 38(1), 43-60. <https://doi.org/10.7764/ric.00051.21>
- Ghio, A., Velarde, G., & Gómez, D. (2000). *Productividad en obras de construcción en el Perú.* Universidad Nacional de Ingeniería.
- GlobalABC. (2021). *Informe de estado global sobre los Edificios y la Construcción 2021.* Alianza mundial para los edificios y la construcción:

- <https://globalabc.org/resources/publications/2021-global-status-report-buildings-and-construction>
- González, V., Alarcón, L. F., y Molenaar, K. (2018). Gestión proactiva de restricciones en proyectos de construcción: Integración de Lean y Last Planner System. *Revista Ingeniería de Construcción*, 33(2), 121-132. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732018000200121>
- Guerrero, D. (2017). *La gestión de adquisiciones y su planificación*. Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Piura: Universidad de Piura. <https://hdl.handle.net/11042/3412>
- Guillermo, H. (2021). La productividad en la industria de la construcción. *Lean Construction Institute*. <https://lcimexico.org/articulos/la-productividad-en-la-industria-de-la-construccion/>
- Hamzeh, F., González, V., Alarcón, L., y Khalife, S. (2023). Lean Construction 4.0: Exploring the Challenges of Development in the AEC Industry. *Buildings*, 13(1), 100. <https://doi.org/10.3390/buildings13010100>
- Hanna, A. S., Taylor, C. S., y Sullivan, K. T. (2005). Impact of extended overtime on construction labor productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(6), 734–739. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2005\)131:6\(734\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:6(734))
- Henríquez, G., Cardona, D., Rada, J., y Robles, N. (2018). Medición de Tiempos en un Sistema de Distribución bajo un Estudio de Métodos y Tiempos. *Información tecnológica*, 29(6), 277-286. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000600277>
- HM Government. (2023). *Transforming Infrastructure Performance: Roadmap to 2030*. UK Cabinet Office. <https://www.gov.uk>
- Hohmann, C., Smith, T., y Berger, M. (2024). Lean Construction in North America: Trends and Case Studies. *Journal of Construction Innovation*, 25(2), 132–149.
- Horta, I. M., Camanho, A. S., Moreira da Costa, J., y Angulo Meza, L. (2019). Performance assessment in construction industry: A productive efficiency approach. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(3), 04019008. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001611](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001611)

- Howell, G., y Koskela, L. (2000). Reforming Project Management: The Role of Lean Construction. In Proceedings of the 8th Annual Conference of the International Group for Lean Construction.
- Howell, G., y Ballard, G. (1998). Implementing Lean Construction: Understanding and action. In Proceedings IGLC-6, 1–10.
- Hoyos, y Botero. (2018). Evolution and global impact of the Last Planner System: a literature review. *Ingeniería y Desarrollo*, 36(1). <https://doi.org/10.14482/inde.36.1.10946>
- Hoyos, y Botero. (2021). Implementation of the last planner system in colombian construction sector: A case study. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 29(4). <https://doi.org/10.4067/S0718-33052021000400601>
- Huapaya, C., y Torres, H. (2021). *Implementación de la metodología Lean Construction y las herramientas de la calidad para mejorar la productividad en la obra de reconstrucción y modernización de la Institución Educativa N°21508 ubicado en el distrito de Imperial - Cañete - Lima*. [Tesis, Universidad de San Martín de Porres]. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/8713>
- IFLA. (2019). Guidelines for university libraries. <https://www.ifla.org/publications/guidelines-for-university-libraries>
- Jiménez, A. (2019). Productividad en Obras de Construcción. *Revista de la Facultad de Ingenierías y Tecnologías de la Información y Comunicación*, 2(6). <https://revistas.ulatina.ac.cr/index.php/tecnologivital/article/view/248>
- Jiang, Y., Shen, G. Q., y Zhang, C. (2024). Study on Labor Productivity Improvement Based on Situational Awareness and Improved Value Stream Mapping. *Buildings*, 14(5), 1253. <https://doi.org/10.3390/buildings14051253>
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1996). *The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action*. Harvard Business School Press.
- Kerzner, H. (2017). Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling (12th ed.). John Wiley & Sons.
- Khaleghian, H., Shan, Y., et al. (2016). A Case Study of Productivity Improvement by Electrical Prefabrication. In Construction Research Congress 2016. ASCE. <https://doi.org/10.1061/9780784479827.175>

- Khan, A. H., Musa, H., y Idris, N. (2025). Critical factors for Lean Construction implementation in developing countries. *Journal of Engineering and Project Management*, 7(1), 1–14.
- Koskela, L. (1992). Application of the new production philosophy to construction. CIFE Technical Report No. 72, Stanford University.
- Koskenvesa, A., Mäki, T., Koskela, L., y Tolonen, T. (2010). Improving construction flow through production control. *Lean Construction Journal*, 1(1), 1–16.
- 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* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio UNI. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/12158>
- LCI Perú. (2023). *V Congreso Internacional Lean Construction Perú*. <https://congresolci.pe/Lean-construction/>
- Lean Construction Institute (LCI). (2020). Last Planner® System: Implementation Guide. Retrieved from <https://www.Leanconstruction.org/>
- Lean Construction Institute. (2021). Transforming Design and Construction: A Framework for Change. LCI.
- Lurueña, D. (2020). *La Gestión de Proyectos de Construcción*. (D. Lurueña, Ed.) Madrid.
- Másmela, R. (2014). *Como implementar Sistemas para la Gestión de Proyectos*. (R. Másmela, Ed.) Bogotá, Colombia: Armada digital, impresión y acabados. <https://books.google.com.pe/books?id=9206BAAAQBAJ&pg=PA243&dq=gestion+de+adquisicion+de+proyectos&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi90POj9vL6AhXvLbkGHRCDAcQQ6AF6BAgDEAI#v=onepage&q=gestion%20de%20adquisicion%20de%20proyectos&f=false>
- Masquez, K. D. (2023). *Planificación de la construcción de la Institución Educativa Talentos de María, aplicando los procesos PMBOK y los principios Lean Construction* [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio UPAO. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/12091>
- Mattos, A., y González, F. (2019). *Métodos de planificación y control de obras*. Barcelona: Reverté.

- [https://www.google.com.pe/books/edition/M%C3%A9todos\\_de\\_planificaci%C3%A3o\\_B%C3%A3sica\\_de\\_Control\\_de\\_Projeto/419&gbpv=1&dq=libros+de+Lean+construction&printsec=frontcover](https://www.google.com.pe/books/edition/M%C3%A9todos_de_planificaci%C3%A3o_B%C3%A3sica_de_Control_de_Projeto/419&gbpv=1&dq=libros+de+Lean+construction&printsec=frontcover)
- Marini Indriani, A., Utomo, G., y Rizqy, M. (2022). Analisis Kinerja Waktu dan Biaya Proyek Konstruksi dengan Metode Earned Value Analysis. *Jurnal GeoEkonomi*, 13(2), 128–137. <https://doi.org/10.36277/geoekonomi.v13i2.219>
- Maryclara, N., Uwadiengwu, G., Charles, B., y Muhammad, M. (2024). Evaluation of Lean Construction practices for improving construction project delivery. Case study of Bushenyi District, Uganda. *Cogent Engineering*, 11(1), <https://doi.org/10.1080/23311916.2024.2365902>
- Meza, A. J., y Palacios, C. (2023). *Aplicación de la metodología Lean Construction para mejorar la productividad en la ejecución de proyectos de agua potable de la provincia de Hualgayoc – Cajamarca, 2023* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN. <https://hdl.handle.net/11537/36198>
- Mine, N., Wai, S. H., Lim, T. C., y Kang, W. (2015). An Observational Study on the Productivity of Formwork in Building Construction. *Proceedings of the 32nd ISARC*, Oulu, Finland. <https://doi.org/10.22260/ISARC2015/0112>
- Ministerio de Educación. (2021). *Norma Técnica "Criterios Generales de Diseño para Infraestructura Educativa*. Lima: MINEDU.
- Ministerio de Educación del Perú. (2022). Lineamientos técnicos para infraestructura educativa. MINEDU.
- Moore, H., & Daneshgari, P. (2020). *Agile Construction for the Electrical Contractor* (2nd ed.). CreateSpace.
- Montoya, J. (2016). *Planeación, programación y control de obras de construcción con MS Project 2016*. Colombia: Alfaomega. <https://books.google.com.pe/books?id=aaFxEAAAQBAJ&pg=PA43&dq=planeacion+de+actividades+en+construccion&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiCoIWRpvD6AhW-GbkGHVgJDCAQ6AF6BAgKEAI#v=onepage&q=planeacion%20de%20actividades%20en%20construccion&f=false>
- Moradi, S., y Sormunen, P. (2023). Implementing Lean Construction: A Literature Study of Barriers, Enablers, and Implications. *Buildings*, 13(2), 556. <https://doi.org/10.3390/buildings13020556>

- Mubarak, S. A. (2015). *Construction project scheduling and control* (3rd ed.). Wiley.
- Murillo, M., y Llerena, J. (2024). Incorporación del modelo Lean Construction para innovar la gestión del tiempo en proyectos de construcción. *Perfiles de Ingeniería*, 20(21), 38-57. <https://doi.org/10.31381/perfilesingenieria.v20i21.6599>
- Nasirian, B., Aghaei, M., y Yazdani, A. (2020). Investigating the factors affecting labor productivity in construction projects: A case study. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 69(5), 1113–1132. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-04-2019-0177>
- Niven, P. R. (2006). *Balanced Scorecard Step-by-Step: Maximizing Performance and Maintaining Results* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.
- Ordoñez, J. (2017). Metodología Lean Construction: hacia una edificación eficiente. *Revista Tecnológica*, 13(19), 24-27. [http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1729-75322017000100008&lng=es&nrm=iso](http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-75322017000100008&lng=es&nrm=iso)
- Orihuela Núñez, M. R. (2023). *Lean Construction en la ejecución de infraestructura educativa en la especialidad de estructuras, Caravelí - Arequipa* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes]. Repositorio UPLA. <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/5694>
- Palomar , A., Campaña, A., Cacho , F., y Vidal, R. (2022). *Ejecución y modificación de los contratos públicos*. Cuba: Editorial Aranzadi. [https://www.google.com.pe/books/edition/Ejecuci%C3%B3n\\_y\\_modificaci%C3%A9n\\_de\\_los\\_contratos\\_p%C3%BCblicos/iiV9EAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1](https://www.google.com.pe/books/edition/Ejecuci%C3%B3n_y_modificaci%C3%A9n_de_los_contratos_p%C3%BCblicos/iiV9EAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1)
- Peinado, H., y Rodríguez, J. (2021). *Manual de gestión y administración educativa: Como crear, gestionar, legalizar, liderar y administrar una institución educativa*. Colombia: Magisterio. [https://books.google.com.pe/books?id=HNcpEAAAQBAJ&pg=PT30&dq=Construcci%C3%B3n+de+edificaciones+educativas&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjmp\\_TxI\\_P6AhXWCbkGHUShCekQ6AF6BAgJEAI#v=onepage&q=Construcci%C3%B3n%20de%20edificaciones%20educativas&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=HNcpEAAAQBAJ&pg=PT30&dq=Construcci%C3%B3n+de+edificaciones+educativas&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjmp_TxI_P6AhXWCbkGHUShCekQ6AF6BAgJEAI#v=onepage&q=Construcci%C3%B3n%20de%20edificaciones%20educativas&f=false)

- Pons, y Rubio. (2018). *Lean construcción y la planificación colaborativa - Metodología del Last Planner System*. España: Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.
- Putra, H. R., Koespiadi, & Oetomo, W. (2024). Cost and Time Analysis Using Methods Earned Value. *Asian Journal of Engineering, Social and Health*, 3(1). <https://doi.org/10.46799/ajesh.v3i1.204>
- Pratiwi, A. N., Prihadi, W. R., y Al-Pashya, M. D. R. (2025). Cost and Time Performance Evaluation of a Sports Hall Construction Project Using the Earned Value Method: A Case Study at Gunung Kidul Campus, Universitas Negeri Yogyakarta. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, 21(1), 91–101. <https://doi.org/10.21831/inersia.v21i1.84089>
- Priyo, M. (2021). Earned Value Management System in Indonesian Construction Projects. *International Journal of Integrated Engineering*, 13(3), 37–45. <https://publisher.uthm.edu.my/ojs/index.php/ijie/article/view/7179>
- Project Management Institute. (2021). *A guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)* (7th ed.). PMI.
- Project Management Institute. (2017). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)* (6th ed.). PMI.
- Punniyamoorthy, M., y Murali, R. (2008). Balanced score for the balanced scorecard: A benchmarking tool. *Measuring Business Excellence*, 12(1), 50–64. <https://doi.org/10.1108/13683040810861196>
- Quispe, P. (2023). *Mejora de la productividad de mano de obra en proyecto de infraestructura vial aplicando herramientas Lean*. [Tesis de pregrado]. Repositorio UPeU. <https://repositorio.upeu.edu.pe/items/bfb0421b-adb7-40c4-9bfe-527202897da1>
- Rabanal Westreycher, A. S. (2024). *Metodología Lean Construction y su efecto en la productividad de la construcción de una obra de edificación, Pucallpa 2023* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/138159>
- Rahmadani, L. P., Susanti, J. E., y Dwiyana, P. A. (2024). Cost and Time Performance Evaluation Based on Earned Value Analysis Method. *Journal of Civil Engineering and Planning (JCEP)*, 6(1). <https://doi.org/10.37253/jcep.v6i1.10691>

- Rofani, M. M. R., y Susanto, H. (2023). Earned Value Analysis dalam Perencanaan Konstruksi Pembangunan Gedung Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. *Composite: Journal of Civil Engineering*, 2(1), 33–43. <https://doi.org/10.26905/jtsc.v2i1.10437>
- Rosero , J. (2016). *Modelo de gestión para mejorar la calidad y productividad de los proyectos de construcción de viviendas, caso de estudio Tohogar Cía. Ltda.* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/19214>
- Saad, M., y Chafi, A. (2019). Improving productivity of steel reinforcement works using Lean Construction and discrete event simulation. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 68(5), 931-952. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-06-2019-0309>
- Saad, M., y Chafi, A. (2018). Lean Construction implementation in the Moroccan construction industry: Awareness, benefits and barriers. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 16(4), 533-556. <https://doi.org/10.1108/JEDT-02-2018-0031>
- Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., y Teicholz, P. (2020). *BIM and Lean Construction: A guide to integration and implementation*. Wiley.
- Salazar, F. R., y Torres, M. (2025). *Building Information Modeling (BIM) y Lean Construction: El caso de un centro educativo en la región Cusco* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/items/fe707090-8759-41f4-9dce-55b26ecfe370>
- Salvador , K. (2015). *Planificación de compras e influencia en reducción de costos de adquisición de materiales en la empresa fabricaciones metálicas Carranza S.A.C. - Sede Trujillo 2015*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4759528>
- Sánchez, Rosa, y Benavides. (2015). *Implementación del sistema de Lean Construction para la mejora de productividad en la ejecución de los trabajos de estructuras en obras de edificación de viviendas*. [Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. RENATI. <http://hdl.handle.net/10757/566982>
- Sandoval, A. Z., y Valdez, V. (2020). Aplicación de la filosofía Lean Construction para la mejora de la productividad en la construcción de 129 unidades básicas de saneamiento en cuatro caseríos del distrito de Llama – provincia de Chota –

- departamento de Cajamarca [Tesis de pregrado, Universidad de San Martín de Porres]. Repositorio USMP. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/9217>
- Serpell, A., y Alarcón, L. (2019). *Planificación y control de proyectos*. Chile: Ediciones UC. <https://books.google.com.pe/books?id=e1TDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Planeaci%C3%B3n+de+actividades+construcción&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjRhbTsivP6AhWOBLkGHf9vDQ8Q6AF6BAgGEAI#v=onepage&q=Planeaci%C3%B3n%20de%20actividades%20construcción&f=false>
- Serpell, A., Maturana, S., y Guerra, R. (1995). Evaluation of labor productivity in the Chilean construction industry. *3rd International Conference on Lean Construction*.
- Sickles, R., & Zelenyuk, V. (2019). *Measurement of Productivity and Efficiency: Theory and Practice*. Cambridge University Press.
- Solís, R., Zaragoza, N., y González, A. (2019). Gestión de la maquinarias de construcción. *Ingeniería*, 23(3), 1-14. <https://www.redalyc.org/journal/467/46761359008/html/>
- Torres, E., y Delgado, J. (2024). El enfoque Lean como norma en la gestión pública de obras: desafíos y oportunidades. *Revista Iberoamericana de Ingeniería de Proyectos*, 12(1), 25–41.
- Torres, E., Ríos, E., y Otálora, S. (2018). *Propuesta de un modelo de gestión para la mejora de la calidad de los procesos en proyectos de construcción*. Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano, Bogotá. <https://alejandria.poligran.edu.co/bitstream/handle/10823/1704/PROPUESTA%20DE%20UN%20MODELO%20DE%20GESTI%C3%93N%20PARA%20LA%20MEJORA%20DE%20LA%20CALIDAD%20DE%20LOS%20PROCESOS%20EN%20PROYECTOS%20DE%20CONSTRUCCI%C3%93N.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Torres. (2018). *Análisis y mejora de la productividad aplicando la filosofía Lean Construction en el mejoramiento de la Av. Pedro Niotta en San Juan de Miraflores*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Martín de Porres]. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/5635>

- Torres, C. (2018). *Mejoramiento de la productividad en obra por medio del análisis y la implementación del pre-planning*. [Tesis de pregrado, Universidad de los Andes]. <http://hdl.handle.net/1992/45561>
- Silva, M. A., Gomes, V., y Pereira, T. (2024). Lean Construction adoption and its impact on productivity in public sector projects. *Construction Economics and Management Review*, 19(2), 66–81.
- Villar, G., y Álvarez, A. (2022). *(Casi) todo bajo control* (Primera ed.). Málaga: ExLibric. [https://www.google.com.pe/books/edition/Casi\\_to\\_do\\_bajo\\_control/wn93EAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=Lean+construction+en+el+mundo&pg=PT24&printsec=frontcover](https://www.google.com.pe/books/edition/Casi_to_do_bajo_control/wn93EAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=Lean+construction+en+el+mundo&pg=PT24&printsec=frontcover)
- Villavicencio Herrera, J. (2024). *Aplicación de la carta balance como herramienta de mejora de productividad en la obra: edificio comercial Granados – Cusco* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio UNSAAC. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/9801>
- Womack, y Jones. (2003). *LEAN THINKING: BANISH WASTE AND CREATE WEALTH IN YOUR CORPORATION* (Second ed.). New York: FREE PRESS. [https://books.google.es/books?hl=es&lr&id=2eWHaAyiNrgC&oi=fnd&pg=PA5&dq=Lean%2Bthinking%2Bde%2BWomack&ots=2KL\\_vxapTn&sig=E62DX22t7k1WXAKQtegxqbHMJMU#v=onepage&q=Lean%2Bthinking%2Bde%2BWomack&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr&id=2eWHaAyiNrgC&oi=fnd&pg=PA5&dq=Lean%2Bthinking%2Bde%2BWomack&ots=2KL_vxapTn&sig=E62DX22t7k1WXAKQtegxqbHMJMU#v=onepage&q=Lean%2Bthinking%2Bde%2BWomack&f=false)
- Yahya, M. M. R., y Susanto, H. (2023). Earned Value Analysis dalam Perencanaan Konstruksi Pembangunan Gedung Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. *Composite: Journal of Civil Engineering*, 2(1), 33–43. <https://doi.org/10.26905/jtsc.v2i1.10437>
- Yazdani, A., Hosseini, R., y Akhavan, A. (2025). Organizational barriers to Lean Construction implementation: A global perspective. *Built Environment Research*, 33(2), 88–102.
- Zúñiga Sulca, M. J. (2023). *Aplicación de la carta balance como herramienta de mejora de productividad de mano de obra en el sistema de agua potable y alcantarillado* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/items/c50aa832-2fea-479d-8106-9e5ed5f2a589>

## ANEXOS

### A. PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1.

Charla diaria de seguridad y salud ocupacional.



Fotografía 2

Cartel de obra de 3.60x7.20m - trabajos preliminares.



Fotografía 3

Oficinas del staff técnico de CALOF CONSTRUCCIONES S.R.L.



Fotografía 4

Almacén de obra - obras provisionales.



Fotografía 5

Realización de ensayos de estudio de mecánica de suelos - ensayo de penetración estándar.



Fotografía 6

Habilitación de acero estructural en secciones de elementos verticales.



Nota. Verificación de secciones habilitadas. Nótese el área para habilitación de acero.

**Fotografía 7**

Habilitación de acero estructural en secciones de elementos verticales.



*Nota.* Verificación de dimensionamiento de estribos de elementos verticales en conjunto con la supervisión CONSORCIO HOFE.

**Fotografía 8**

Trazo y replanteo de los muros de contención.



*Nota.* El control topográfico es permanente. Partida del adicional deductivo vinculante N°01.

### Fotografía 9

Concreto premezclado  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  en zapatas de muro de contención.



*Nota. Partida del adicional deductivo vinculante N°01.*

### Fotografía 10

Acero de refuerzo  $fy=4200 \text{ kg/cm}^2$  en zapatas de muros de contención.



*Nota. Partida del adicional deductivo vinculante N°01.*

### Fotografía 11

Pruebas de calidad: prueba del Slump y toma de muestras de concreto para los ensayos de resistencia.



*Nota.* Nótese la presencia del equipo de supervisión y del coordinador de la UNACH. Elaboración propia.

### Fotografía 12

Colocación del geotextil no tejido para el sistema de drenaje en los muros de contención.



*Nota.* Nótese la tubería longitudinal perforada en el muro de contención MC3, de forma curva. Partida del adicional deductivo vinculante N°01.

### Fotografía 13

Colocación de material de filtro en los muros de contención.



Nota. Partida del adicional deductivo vinculante N°01.

### Fotografía 14

Colocación de material de hormigón para relleno estructural en la plataforma donde se van a ubicar los módulos de la edificación.



Nota. Nótese el uso de la motoniveladora y el rodillo liso vibratorio para la respectiva "mezcla" del material y su compactación. Partida del adicional deductivo vinculante N°01.

Fotografía 15

Llenado de concreto en falsas zapatas.



Fotografía 16

Colocación de acero en las zapatas del módulo 01.



Nota. Nótese que los castillos de acero de las placas y columnas en el módulo 01 ya están izados. Partida del adicional deductivo vinculante N°01.

**Fotografía 17**

Colocación de acero en las zapatas y vigas de cimentación del módulo 02.



*Nota.* Nótese la presencia del coordinador de obra de la UNACH, supervisión y especialista de estructuras del contratista ejecutor. Partida del adicional deductivo vinculante N°01.

**Fotografía 18**

Reunión de producción.



Fotografía 19

Encofrado de losa aligerada del primer nivel del módulo 03.



Fotografía 20

Vaciado de concreto en placas del segundo piso del módulo 01.



*Nota.* Nótese el encofrado de techo del segundo piso del módulo 04. Elaboración propia.

Fotografía 21

Reunión de semanal de producción.



Fotografía 22

Reunión de semanal de producción.



*Nota.* Intervención del encargado de instalaciones eléctricas respecto a restricciones en el cronograma planteado. Elaboración propia.

Fotografía 23

Vaciado de concreto en techo del cuarto piso del módulo 01.



Fotografía 24

Reunión de semanal de producción.



*Nota. Programación respecto al tren de actividades de tijerales, correas metálicas y cobertura TR4 0.40mm tipo teja.*

**Fotografía 25**

Colocación de acero para placas en el piso 04 del módulo 02.



*Nota.* Nótese la presencia del coordinador de obra y de la supervisión. El techo del piso 03 ya está listo para vaciado de concreto.

**Fotografía 26**

Encofrado y vaciado de concreto en placas y columnas del piso 04 del módulo 02.



Fotografía 27

Rotura de probetas de concreto en el laboratorio.



Fotografía 28

Colocación de ladrillo nro. 15 en el techo del cuarto piso del módulo 02.



Fotografía 29

Llenado de concreto del techo del cuarto piso del módulo 02.



Fotografía 30

Perfiles metálicos en ascensor panorámico.



*Nota.* Armado de perfiles metálicos de la torre que sujetará el ascensor panorámico.  
Elaboración propia.

Fotografía 31

Reunión de producción.



Nota. Tratamiento de otras especialidades ajenas a estructuras. Trabajos con problemas: telecomunicaciones y tableros eléctricos. Elaboración propia.

Fotografía 32

Adquisición de mobiliario.



Nota. Visita al almacén de la contratista ejecutora para verificar las cantidades de mobiliarios del proyecto. Elaboración propia.

## B. DOCUMENTOS DE GESTIÓN



Actividades de Ingeniería y Construcción

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Chota, 16 de abril del 2023

**CARGO****Señores:**

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE POST GRADO  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**Presente.-**

**Asunto:** Autorización para la elaboración de tesis de maestría en obra ejecutada por CALOF CONSTRUCCIONES S.R.L.

**Referencia:** MODELO DE GESTIÓN PARA LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE INSTITUCIONES EDUCATIVAS - CASO BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, CAJAMARCA.

**De nuestra consideración:**

Por medio de la presente, yo, SALDAÑA SANCHEZ EDITH DEL PILAR, identificada con DNI N.º 43473373, en calidad de Representante Legal de CALOF CONSTRUCCIONES S.R.L., me permito comunicar a ustedes que autorizamos al Ing. Segundo Alcarti Chupillón Carrón a desarrollar su tesis profesional de maestría en el marco de la obra:

**"CREACIÓN DEL SERVICIO DE BIBLIOTECA CENTRAL PARA EL DESARROLLO ACADÉMICO Y DE INVESTIGACIÓN DE LOS USUARIOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA – COLPAMATARA – CAJAMARCA",** proyecto actualmente ejecutado por nuestra empresa.

Nos comprometemos a brindarle al mencionado profesional el acceso a la información técnica y administrativa pertinente, estrictamente con fines académicos, respetando la confidencialidad de los datos sensibles y en el marco de las políticas internas de la empresa.

Sin otro particular, reiteramos nuestro compromiso con el desarrollo académico y profesional de los ingenieros en formación.

**Atentamente,**

CALOF CONSTRUCCIONES S.R.L.  
  
 Edith Del Pilar Saldaña Sánchez  
 REPRESENTANTE LEGAL

Revisado:  
 CALOF CONSTRUCCIONES S.R.L.  
  
 Ing. Segundo Alcarti Chupillón Carrón  
 ARQUITECTO EN EL MARCO DE OBRA



# Universidad Nacional de Cajamarca

Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 080 - 2018 - SUNEDU/CD.

## Escuela de Posgrado

Creada con Resolución Rectoral N° 22056-90 UNC



*"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"*

Cajamarca, 21 de noviembre de 2024

OFICIO MULTIPLE N° 1016-2024-SA-EPG-UNC

Señor (a):

Dr. Jaime Octavio Amorós Delgado  
Miembro del Jurado Evaluador  
Escuela de Posgrado-UNC

PRESENTE:

De mi mayor consideración:

A través del presente me dirijo a usted, con la finalidad de expresarle mi cordial saludo y al mismo tiempo, hacer de su conocimiento que en Sesión Ordinaria de Consejo de Coordinación de Escuela, de fecha 07 de noviembre del presente año, se acordó aceptar la propuesta del (la) Director (a) de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, en donde usted ha sido **Incorporado (a) como Miembro Titular del Jurado Evaluador** para la evaluación y posterior sustentación de Tesis, del estudiante **Segundo Alcarti Chupillón Carrión**, del Programa de Maestría en Ciencias, Mención Ingeniería y Gerencia de la Construcción. Así mismo le informamos que el Jurado Evaluador está conformado por los siguientes docentes:

Mg. Perlita Rosmery Esaine Barrantes	(Asesor (a))
M.Cs. Francisco Urteaga Becerra	
Dr. Jaime Octavio Amorós Delgado	
M. en T. Héctor Hugo Miranda Tejada	
M.Cs. Marco Antonio Silva Silva	(Miembro Accesitario)

En tal sentido agradecemos se sirva prestar el apoyo correspondiente a fin de llevar un buen desarrollo del trabajo de investigación para una posterior sustentación.

Agradezco anticipadamente la atención que le brinde al presente y aprovecho la oportunidad para reiterarle las muestras de mi especial estima y consideración.

Atentamente,



# CARGO

CARTA N°01-2025-LOG.ADM.CQC

Chota, 11 de abril del 2025

Ingeniero Segundo Alcarti Chupillón Carrión  
Presente.-

**Asunto: Informe de gastos reales incurridos – Especialidad de estructuras del proyecto: "CREACIÓN DEL SERVICIO DE BIBLIOTECA CENTRAL PARA EL DESARROLLO ACADÉMICO DE INVESTIGACIÓN DE LOS USUARIOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA"**

Estimado ingeniero Alcarti:

Por medio de la presente, me dirijo a usted con el fin de remitir la información correspondiente a los **gastos reales incurridos** en la especialidad de **estructuras** del proyecto mencionado, información que ha sido recopilada y sistematizada exclusivamente con fines de **investigación académica** en el marco del desarrollo de su tesis de maestría "Modelo de gestión para la productividad en la construcción de instituciones educativas - Caso Biblioteca de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, Cajamarca".

A continuación, se detalla el desglose de los gastos por periodo de ejecución:

Periodo	Gastos incurridos (S.)
Mes 01 (15 de agosto al 10 de setiembre del 2023)	: 420,075.29
Mes 02 (11 de setiembre al 08 de octubre del 2023)	: 657,935.19
Mes 03 (09 de octubre al 05 de noviembre del 2023)	: 1,078,301.28
Mes 04 (06 de noviembre al 03 de diciembre del 2023)	: 792,419.16
Mes 05 (04 de diciembre al 31 de diciembre del 2023)	: 271,591.38
Mes 06 (01 al 28 de enero del 2024)	: 570,988.44
Mes 07 (29 de enero al 25 de febrero del 2024)	: 217,081.38
<b>Costo Total de Inversión</b>	<b>: 4,008,392.12</b>

Cabe indicar que los costos no contemplan gastos generales, reitero que esta información es de uso estrictamente académico y corresponde únicamente a la especialidad de estructuras dentro del marco del estudio de caso aplicado.

Sin otro particular, quedo atento a cualquier consulta o información adicional que considere necesaria para su trabajo de investigación.

Atentamente,

  
CALOF CONSTRUCCIONES S.A.L.  
JULIO CESAR QUISEPE  
ADMINISTRACIÓN Y LOGÍSTICA

Recibido:  
  
CALOF CONSTRUCCIONES S.A.L.  
JULIO CESAR QUISEPE  
ADMINISTRACIÓN Y LOGÍSTICA

Chota, 18 de setiembre del 2025

### CARTA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Yo, **ARRIOLA BARRANTES, RICARDO**, identificado con DNI N.º31681054 en calidad de especialista en **gestión de la construcción y control de proyectos**, a su vez, como **residente de obra** de la ejecución del proyecto: "**CREACIÓN DEL SERVICIO DE BIBLIOTECA CENTRAL PARA EL DESARROLLO ACADÉMICO Y DE INVESTIGACIÓN DE LOS USUARIOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA – COLPAMATARA - CAJAMARCA**", **CODIGO UNICO DE INVERSIONES N° 2324203**; certifico haber realizado la **evaluación y validación de los instrumentos de investigación** propuestos en la tesis del **Ingeniero Segundo Alcarti Chupillón Carrión**, titulada:

**"“MODELO DE GESTIÓN BAJO LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION PARA LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE INSTITUCIONES EDUCATIVAS - CASO BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, CAJAMARCA”.**

Los instrumentos revisados corresponden a metodologías y herramientas aplicadas en la gestión de proyectos de construcción, siendo los siguientes:

- **Last Planner System (LPS)**: Plan Maestro, Look Ahead, Programación Semanal, PPC Semanal, PPC Acumulado, Hojas de Restricciones.
- **Hoja de cálculo de la técnica de Valor Ganado (EVM)**.
- **Cartas Balance**.

Tras la revisión, se considera que los instrumentos cumplen con los **criterios de pertinencia, claridad, aplicabilidad y coherencia** respecto a los objetivos de la investigación, garantizando la validez de los mismos para su aplicación en campo.

En consecuencia, se otorga la presente **validación de instrumentos** para efectos de sustentar académicamente el trabajo de investigación mencionado.

Atentamente,

  
 Ricardo Arriola Barrantes  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 42597  
**Ricardo Arriola Barrantes**  
 Ingeniero Civil  
 CIP 42597  
 MAESTRO EN EDUCACION CON MENCION  
 EN DOCENCIA UNIVERSITARIA Y GESTION  
 EDUCATIVA  
 UNIVERSIDAD SAN PEDRO

Cel. 955 080 330

Lima, 12 de setiembre del 2025

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS**

El que suscribe, **MG. ING. JORMAN MARTIN, TORRES TERRONES**, identificado con CIP N.º234542 y DNI N.º73946589, en calidad de especialista en gestión de proyectos de construcción, hace constar que he efectuado la **revisión técnica y académica** de los instrumentos diseñados por el **Ing. Segundo Alcarti Chupillón Carrión** para su investigación titulada:

**"MODELO DE GESTIÓN BAJO LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION PARA LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE INSTITUCIONES EDUCATIVAS - CASO BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, CAJAMARCA".**

Los instrumentos sometidos a evaluación corresponden a metodologías de gestión y control de la producción en obra, siendo los siguientes:

1. **Last Planner System (LPS):** Plan Maestro, Look Ahead, Programación Semanal, PPC Semanal, PPC Acumulado y Hojas de Restricciones.
2. **Hoja de cálculo de la Técnica del Valor Ganado (EVM).**
3. **Cartas Balance.**

Luego de la evaluación, concluyo que dichos instrumentos son **pertinentes, consistentes y aplicables** al objeto de estudio, garantizando su validez como soporte metodológico de la investigación.

Se expide la presente constancia para los fines que estime conveniente el interesado.

Atentamente,



**MG. ING. JORMAN MARTIN, TORRES TERRONES**  
REG. CIP N.º234542  
MAESTRO EN DIRECCION Y ADMINISTRACION DE LA CONSTRUCCION  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Celular: 939 438 085

Brasil, 10 de setiembre del 2025

### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, BRIAN IRVING ARRIOLA OLIVEROS, identificado con CIP N.º162941, como especialista en gestión de proyectos bajo filosofía Lean Construction, certifico haber revisado los instrumentos de investigación elaborados por el Ing. Segundo Alcarti Chupillón Carrión para su tesis titulada:

**“MODELO DE GESTIÓN BAJO LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION PARA LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE INSTITUCIONES EDUCATIVAS - CASO BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA, CAJAMARCA”.**

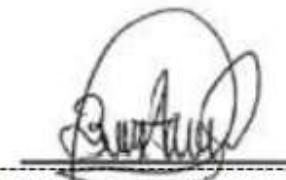
Los instrumentos evaluados corresponden a:

- **Last Planner System (Plan Maestro, Look Ahead, Programación Semanal, PPC, Hojas de Restricciones)**
- **Hojas de cálculo de la Técnica del Valor Ganado**
- **Cartas Balance**

Concluyendo que cumplen con los criterios de  **validez, pertinencia, claridad, aplicabilidad y coherencia** requeridos para el desarrollo de su investigación.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado.

Atentamente,



Brian Arriola Oliveros  
Ingeniero Civil  
CIP 162941  
MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL EN LA  
ESPECIALIDAD DE CONSTRUCCIÓN  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS -  
BRASIL

**C. CUANTIFICACIÓN DE PARTIDAS**

**CUANTIFICACIÓN DE PARTIDAS PARA SEGUIMIENTO CON LPS DEL PROYECTO: "CREACIÓN DEL SERVICIO DE BIBLIOTECA CENTRAL PARA EL DESARROLLO ACADÉMICO DE INVESTIGACIÓN DE LOS USUARIOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA" - CUI 2324203**

COD. EDT	TREN DE SECUENCIA DE TRABAJO / SUB Y SUPER - ESTRUCTURA	UND.	METRADO TOTAL
A	OBRAS PROVISIONALES		NO MEDIDA
B	TRABAJOS PRELIMINARES		NO MEDIDA
C	ESPECIALIDAD ESTRUCTURAS A NIVEL DE SUB - ESTRUCTURA		CONTROL CON LPS
C.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
8	EXCAVACION ZANJAS PARA ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN	m3	72.60
9	EXCAVACION ZANJAS PARA ZAPATAS EN MURO DE CONTENCCION	m3	579.02
10	NIVELACIÓN INTERIOR Y COMPACTADO CON EQUIPO	m2	911.28
11	ACARREO DE MATERIAL PROCEDENTE DE EXCAVACION Dprom.=50m	m3	573.41
12	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIA	m3	723.77
13	RELLENO CONTROLADO CON MATERIAL DE PRESTAMO HORMIGON COMPACTADO C/EQUIPO	m3	267.90
14	RELLENO CONTROLADO CON MATERIAL PROPIO COMPACTADO C/EQUIPO	m3	337.29
15	RELLENO CONTROLADO CON MATERIAL DE PRESTAMO AFIRMADO COMPACTADO C/EQUIPO	m3	880.67
16	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL NO TEJIDO 200gr/cm2	m2	262.54
17	FILTRO DE MATERIAL GRANULAR	m3	148.41
C.02	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE		
18	ENCOFRADO DE FALSA ZAPATA	m2	222.51
19	FALSA ZAPATA: CONCRETO $f_c=100 \text{ kg/cm}^2 + 30\% \text{ P.G.}$ - CISTERNA	m2	31.11
20	FALSA ZAPATA: CONCRETO $f_c=100 \text{ kg/cm}^2 + 30\% \text{ P.G.}$ - EDIFICACIÓN	m2	669.76
21	SOLADO DE MUROS DE CONTENCIÓN 1:10 C:H	m2	212.88
22	CIMENTO CORRIDO: CONCRETO CICLOPEO C:H 1:10 + 30% P.G	m3	4.40
23	FALSO PISO C:H 1:8 e=4"	m2	836.17
C.03	MUROS DE CONTENCIÓN		
24	ZAPATAS MURO DE CONTENCIÓN: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	kg	8447.73
25	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ EN ZAPATA DE MURO DE CONTENCIÓN	m3	145.06
26	PANTALLA MURO DE CONTENCIÓN: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	kg	11782.03
26	LLORADEROS DE PVC	und	58.00
27	ENCOFRADO DE MURO DE CONTENCIÓN	m2	548.60
28	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ EN PANTALLA DE MURO DE CONTENCIÓN	m3	109.74
29	DESENCOFRADO DE MURO DE CONTENCIÓN	m2	548.60
30	JUNTA DE DILATACIÓN e=1"	m2	168.09
C.04	ZAPATAS, VIGAS DE CIMENTACIÓN Y SOBRECIMIENTO ARMADO		
C.04.01	JUNTAS		
31	BASE DE REFUERZO TIPO RESORTE CON TECKNOPOR H=0.10M	m2	20.66
C.04.02	MODULO 01		
32	ARMADO DE ACERO EN ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN	kg	7781.01
33	LIBERACIÓN DE ACERO	glb	1.00
34	ENCOFRADO DE ZAPATAS	m2	57.84
35	ENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACIÓN	m2	114.39
36	LIBERACIÓN DE ENCOFRADO	glb	1.00
37	CONCRETO DE ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN	m3	114.13
38	DESENCOFRADO DE ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN	m2	172.24

**CUANTIFICACIÓN DE PARTIDAS PARA SEGUIMIENTO CON LPS DEL PROYECTO: "CREACIÓN DEL SERVICIO DE BIBLIOTECA CENTRAL PARA EL DESARROLLO ACADÉMICO DE INVESTIGACIÓN DE LOS USUARIOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA" - CUI 2324203**

COD. EDT	TREN DE SECUENCIA DE TRABAJO / SUB Y SUPER - ESTRUCTURA	UND.	METRADO TOTAL
C	ESPECIALIDAD ESTRUCTURAS A NIVEL DE SUB - ESTRUCTURA		CONTROL CON LPS
C.04	ZAPATAS, VIGAS DE CIMENTACIÓN Y SOBRECIMIENTO ARMADO		
C.04.03	<b>MODULO 04</b>		
39	ARMADO DE ACERO EN ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN	kg	6108.03
40	LIBERACIÓN DE ACERO	glb	1.00
41	ENCOFRADO DE ZAPATAS	m2	41.08
42	ENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACIÓN	m2	81.24
43	LIBERACIÓN DE ENCOFRADO	glb	1.00
44	CONCRETO DE ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN	m3	61.36
45	DESENCOFRADO DE ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN	m2	122.33
C.04.04	<b>MODULO 03</b>		
46	ARMADO DE ACERO EN ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN	kg	3334.98
47	LIBERACIÓN DE ACERO	glb	1.00
48	ENCOFRADO DE ZAPATAS	m2	28.96
49	ENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACIÓN	m2	57.27
50	LIBERACIÓN DE ENCOFRADO	glb	1.00
51	CONCRETO DE ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN	m3	55.73
52	DESENCOFRADO DE ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN	m2	86.23
C.04.05	<b>MODULO 02</b>		
53	ARMADO DE ACERO EN ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN	kg	20908.62
54	LIBERACIÓN DE ACERO	glb	1.00
55	ENCOFRADO DE ZAPATAS	m2	94.63
56	ENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACIÓN	m2	187.14
57	LIBERACIÓN DE ENCOFRADO	glb	1.00
58	CONCRETO DE ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN	m3	234.47
59	DESENCOFRADO DE ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN	m2	281.77
C.05	<b>SOBRECIMIENTO ARMADO</b>		
60	ACERO EN SOBRECIMIENTOS	kg	2857.16
61	ENCOFRADO DE SOBRECIMIENTO ARMADO	m2	543.26
62	CONCRETO $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ EN SOBRECIMIENTO ARMADO	m3	36.27
63	DESENCOFRADO DE SOBRECIMIENTO ARMADO	m2	543.26
D	<b>MODULO 01 - A NIVEL DE SUPER-ESTRUCTURA</b>		
D.01.	<b>ELEMENTOS VERTICALES HASTA FONDO DE VIGAS</b>		
64	ARMADO DE ANDAMIOS PARA HABILITACION DE ACERO	glb	1.00
65	ACERO EN ELEMENTOS VERTICALES	kg	25335.01
66	LIBERACION DE ACERO	glb	1.00
67	SALIDA DE TOMACORRIENTES	glb	1.00
68	ENCOFRADO DE ELEMENTOS VERTICALES	m2	1088.00
69	LIBERACION DE ENCOFRADO	glb	1.00
70	CONCRETO PARA ELEMENTOS VERTICALES	m3	140.01
71	DESENCOFRADO DE ELEMENTOS VERTICALES	m2	1088.00
D.02.	<b>ELEMENTOS HORIZONTALES</b>		
72	ENCOFRADO DE FONDO DE VIGA	m2	144.96
73	ACERO EN VIGAS	kg	12452.00
74	ENCOFRADO DE LATERAL DE VIGAS	m2	368.72
75	ENCOFRADO DE FONDO DE LOSA	m2	689.00
76	ACERO EN LOSA	kg	7430.00
77	COLOCACIÓN LADRILLO NRO 15 / 08 HUECOS	und	5197.92
78	INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y SANITARIAS	glb	1.00
79	LIBERACION DE ELEMENTOS	glb	1.00
80	CONCRETO EN LOSA Y VIGAS	m3	149.16
81	DESENCOFRADO EN VIGAS	m2	513.68
82	DESENCOFRADO EN LOSA	m2	689.00

**CUANTIFICACIÓN DE PARTIDAS PARA SEGUIMIENTO CON LPS DEL PROYECTO: "CREACIÓN DEL SERVICIO DE BIBLIOTECA CENTRAL PARA EL DESARROLLO ACADÉMICO DE INVESTIGACIÓN DE LOS USUARIOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA" - CUI 2324203**

COD. EDT	TREN DE SECUENCIA DE TRABAJO / SUB Y SUPER - ESTRUCTURA	UND.	METRADO TOTAL
E	<b>MODULO 04 - A NIVEL DE SUPER-ESTRUCTURA</b>		
E.01.	<b>ELEMENTOS VERTICALES HASTA FONDO DE VIGAS</b>		
83	ARMADO DE ANDAMIOS PARA HABILITACION DE ACERO	glb	1.00
84	ACERO EN ELEMENTOS VERTICALES	kg	22037.00
85	LIBERACION DE ACERO	glb	1.00
86	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	glb	1.00
87	ENCOFRADO DE ELEMENTOS VERTICALES	m2	750.11
88	LIBERACION DE ENCOFRADO	glb	1.00
89	CONCRETO PARA ELEMENTOS VERTICALES	m3	102.09
90	DESENCOFRADO DE ELEMENTOS VERTICALES	m2	750.11
E.02.	<b>ELEMENTOS HORIZONTALES</b>		
91	ENCOFRADO DE FONDO DE VIGA	m2	90.24
92	ACERO EN VIGAS	kg	7595.00
93	ENCOFRADO DE LATERAL DE VIGAS	m2	227.44
94	ENCOFRADO DE FONDO DE LOSA	m2	233.44
95	ACERO EN LOSA	kg	3640.00
96	COLOCACIÓN LADRILLO NRO 15 / 08 HUECOS	und	1798.96
97	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	glb	1.00
98	LIBERACION DE ELEMENTOS	glb	1.00
99	CONCRETO EN LOSA Y VIGAS	m3	74.40
100	DESENCOFRADO EN VIGAS	m2	317.68
101	DESENCOFRADO EN LOSA	m2	233.44
F	<b>MODULO 03 - A NIVEL DE SUPER-ESTRUCTURA</b>		
F.01.	<b>ELEMENTOS VERTICALES HASTA FONDO DE VIGAS</b>		
102	ARMADO DE ANDAMIOS PARA HABILITACION DE ACERO	glb	1.00
103	ACERO EN ELEMENTOS VERTICALES	kg	11232.00
104	LIBERACION DE ACERO	glb	1.00
105	SALIDA DE TOMACORRIENTES	glb	1.00
106	ENCOFRADO DE ELEMENTOS VERTICALES	m2	377.60
107	LIBERACION DE ENCOFRADO	glb	1.00
108	CONCRETO PARA ELEMENTOS VERTICALES	m3	48.17
109	DESENCOFRADO DE ELEMENTOS VERTICALES	m2	377.60
F.02.	<b>ELEMENTOS HORIZONTALES</b>		
110	ENCOFRADO DE FONDO DE VIGA	m2	80.00
111	ACERO EN VIGAS	kg	6740.00
112	ENCOFRADO DE LATERAL DE VIGAS	m2	187.72
113	ENCOFRADO DE FONDO DE LOSA	m2	295.16
114	ACERO EN LOSA	kg	3122.00
115	COLOCACIÓN LADRILLO NRO 15 / 08 HUECOS	und	2298.58
116	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	glb	1.00
117	LIBERACION DE ELEMENTOS	glb	1.00
118	CONCRETO EN LOSA Y VIGAS	m3	71.20
119	DESENCOFRADO EN VIGAS	m2	267.72
120	DESENCOFRADO EN LOSA	m2	295.16

**CUANTIFICACIÓN DE PARTIDAS PARA SEGUIMIENTO CON LPS DEL PROYECTO: "CREACIÓN DEL SERVICIO DE BIBLIOTECA CENTRAL PARA EL DESARROLLO ACADÉMICO DE INVESTIGACIÓN DE LOS USUARIOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA" - CUI 2324203**

COD. EDT	TREN DE SECUENCIA DE TRABAJO / SUB Y SUPER - ESTRUCTURA	UND.	METRADO TOTAL
G	<b>MODULO 02 - A NIVEL DE SUPER-ESTRUCTURA</b>		
G.01.	<b>ELEMENTOS VERTICALES HASTA FONDO DE VIGAS</b>		
121	ARMADO DE ANDAMIOS PARA HABILITACION DE ACERO	glb	1.00
122	ACERO EN ELEMENTOS VERTICALES	kg	23793.00
123	LIBERACION DE ACERO	glb	1.00
124	SALIDA DE TOMACORRIENTES	glb	1.00
125	ENCOFRADO DE ELEMENTOS VERTICALES	m2	925.45
126	LIBERACION DE ENCOFRADO	glb	1.00
127	CONCRETO PARA ELEMENTOS VERTICALES	m3	151.67
128	DESENCOFRADO DE ELEMENTOS VERTICALES	m2	925.45
G.02.	<b>ELEMENTOS HORIZONTALES</b>		
129	ENCOFRADO DE FONDO DE VIGA	m2	265.16
130	ACERO EN VIGAS	kg	13633.00
131	ENCOFRADO DE LATERAL DE VIGAS	m2	683.52
132	ENCOFRADO DE FONDO DE LOSA	m2	986.56
133	ACERO EN LOSA	kg	18979.00
134	COLOCACIÓN LADRILLO NRO 15 / 08 HUECOS	und	5503.12
135	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	glb	1.00
136	LIBERACION DE ELEMENTOS	glb	1.00
137	CONCRETO EN LOSA Y VIGAS	m3	277.96
138	DESENCOFRADO EN VIGAS	m2	948.68
139	DESENCOFRADO EN LOSA	m2	986.56
H	<b>ESTRUCTURAS METÁLICAS</b>		
140	MÓDULO 01	kg	1157.10
141	MÓDULO 04	kg	716.75
142	MÓDULO 03	kg	510.04
143	MÓDULO 02	kg	6785.96
144	ARRIESTRES TLAC 50mm x 50mm x 2.50mm		
	MÓDULO 01	kg	522.26
	MÓDULO 04	kg	183.38
	MÓDULO 03	kg	216.83
	MÓDULO 02	kg	1205.74
145	CORREA TLAC 60mm x 40mm x 2.5mm		
	MÓDULO 01	kg	443.38
	MÓDULO 04	kg	274.65
	MÓDULO 03	kg	195.44
	MÓDULO 02	kg	2600.25
I	<b>CISTERNA</b>		
146	HABILITACIÓN DE ACERO EN PAREDES Y FONDO DE CISTERNA	kg	4417.88
147	ENCOFRADO DE PAREDES	m2	201.60
148	LIBERACION DE ACERO	glb	1.00
149	LIBERACION DE ENCOFRADO	glb	1.00
150	CONCRETO EN FONDO Y PAREDES DE CISTERNA	m3	42.09
151	ENCOFRADO DE TECHO DE CISTERNA	m2	45.00
152	HABILITACIÓN DE ACERO EN TECHO	kg	325.12
153	CONCRETO PARA TECHO DE CISTERNA	m3	9.00
154	DESENCOFRADO DE CISTERNA	m2	246.60

**CUANTIFICACIÓN DE PARTIDAS PARA SEGUIMIENTO CON LPS DEL PROYECTO: "CREACIÓN DEL SERVICIO DE BIBLIOTECA CENTRAL PARA EL DESARROLLO ACADÉMICO DE INVESTIGACIÓN DE LOS USUARIOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA" - CUI 2324203**

COD. EDT	TREN DE SECUENCIA DE TRABAJO / SUB Y SUPER - ESTRUCTURA	UND.	METRADO TOTAL
J	<b>ASCENSOR</b>		
155	CONCRETO EN PEDESTALES $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ PL-ASCENSOR 01	m3	2.88
156	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PEDESTALES	m2	11.88
157	PEDESTAL DE CONCRETO: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	kg	297.18
158	PEDESTAL DE CONCRETO: ANCLAJE DE ACERO ESTRUCTURAL	und	4.00
159	CM1 PERfil W8X67	kg	6465.32
160	VM1 PERfil HUECO RECTANGULAR 150X200mm e=4mm	kg	390.93
161	VM2 PERfil HUECO RECTANGULAR 150X250mm e=4.5mm	kg	489.84
162	VM3 PERfil HUECO RECTANGULAR 150X150mm e=4mm	kg	349.33
163	VM4 PERfil HUECO RECTANGULAR 150X250mm e=4.5mm	kg	88.23
164	CONEXIÓN CARTEL PL 1/4"x200x200mm	kg	73.77
165	CONCRETO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ EN LOSA ALIGERADA / CONEXIÓN LOSA ALIGERADA - ASCENSOR	m3	0.46
166	ÁNGULO 3/16" CONEXIÓN LOSA ALIGERADA - ASCENSOR	und	8.00
167	PLACA 350X250X3/8" CONEXIÓN LOSA ALIGERADA - ASCENSOR	kg	26.17
168	PERNOS 3/4" ASTM A325 OJO CHINO CONEXIÓN LOSA ALIGERADA - ASCENSOR	und	40.00
169	ANCLAJE ENTRE COLUMNA METALICA Y VIGA METALICA CON PL 180X90X1/4"	kg	4.04
170	ANCLAJE ENTRE COLUMNA METALICA Y VIGA METALICA CON PL 180X90X1/4"	kg	1.68
K	<b>ESCALERAS</b>		
K.01	<b>MODULO 01</b>		
K.01.01	<b>PRIMER NIVEL</b>		
171	ENCOFRADO DE TRAMO 1	m2	9.66
172	HABILITACIÓN DE ACERO EN EL TRAMO 1	kg	141.85
173	ENCOFRADO DE TRAMO 2	m2	8.06
174	HABILITACIÓN DE ACERO EN EL TRAMO 2	kg	121.80
175	LIBERACION DE ACERO	glb	1.00
176	LIBERACION DE ENCOFRADO	glb	1.00
177	CONCRETO PARA ESCALERA	m3	4.11
178	DESENCOFRADO DE ESCALERA	m2	17.72
K.02	<b>MODULO 02</b>		
K.02.01	<b>PRIMER A SEGUNDO NIVEL</b>		
179	ARMADO DE ANDAMIOS PARA HABILITACION DE ACERO	glb	1.00
180	ENCOFRADO DE ESCALERA	m2	27.51
181	HABILITACIÓN DE ACERO EN ESCALERA	kg	387.76
182	LIBERACION DE ACERO	glb	1.00
183	LIBERACION DE ENCOFRADO	glb	1.00
184	CONCRETO PARA ESCALERA	m3	6.34
185	DESENCOFRADO DE ESCALERA	m2	27.51
K.02.02	<b>SEGUNDO A TERCER NIVEL</b>		
186	ARMADO DE ANDAMIOS PARA HABILITACION DE ACERO	glb	1.00
187	ENCOFRADO DE ESCALERA	m2	26.82
188	HABILITACIÓN DE ACERO EN ESCALERA	kg	392.63
189	LIBERACION DE ACERO	glb	1.00
190	LIBERACION DE ENCOFRADO	glb	1.00
191	CONCRETO PARA ESCALERA	m3	5.08
192	DESENCOFRADO DE ESCALERA	m2	26.82
K.02.03	<b>TERCER A CUARTO NIVEL</b>		
193	ARMADO DE ANDAMIOS PARA HABILITACION DE ACERO	glb	1.00
194	ENCOFRADO DE ESCALERA	m2	26.82
195	HABILITACIÓN DE ACERO EN ESCALERA	kg	392.63
196	LIBERACION DE ACERO	glb	1.00
197	LIBERACION DE ENCOFRADO	glb	1.00
198	CONCRETO PARA ESCALERA	m3	5.08
199	DESENCOFRADO DE ESCALERA	m2	26.82

**CUANTIFICACIÓN DE PARTIDAS PARA SEGUIMIENTO CON LPS DEL PROYECTO: "CREACIÓN DEL SERVICIO DE BIBLIOTECA CENTRAL PARA EL DESARROLLO ACADÉMICO DE INVESTIGACIÓN DE LOS USUARIOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA" - CUI 2324203**

COD. EDT	TREN DE SECUENCIA DE TRABAJO / SUB Y SUPER - ESTRUCTURA	UND.	METRADO TOTAL
K	<b>ESCALERAS</b>		
K.03	<b>MODULO 04</b>		
K.03.01	<b>PRIMER NIVEL</b>		
200	ENCOFRADO DE TRAMO 1	m2	16.80
201	HABILITACIÓN DE ACERO EN EL TRAMO 1	kg	240.41
202	ENCOFRADO DE TRAMO 2	m2	14.02
203	HABILITACIÓN DE ACERO EN EL TRAMO 2	kg	206.65
204	LIBERACION DE ACERO	glb	1.00
205	LIBERACION DE ENCOFRADO	glb	1.00
206	CONCRETO PARA ESCALERA	m3	7.14
207	DESENCOFRADO DE ESCALERA	m2	30.82
K.03.02	<b>SEGUNDO NIVEL</b>		
208	ENCOFRADO DE TRAMO 1	m2	13.94
209	HABILITACIÓN DE ACERO EN EL TRAMO 1	kg	196.86
210	ENCOFRADO DE TRAMO 2	m2	14.02
211	HABILITACIÓN DE ACERO EN EL TRAMO 2	kg	206.65
212	LIBERACION DE ACERO	glb	1.00
213	LIBERACION DE ENCOFRADO	glb	1.00
214	CONCRETO PARA ESCALERA	m3	5.20
215	DESENCOFRADO DE ESCALERA	m2	27.96
K.03.03	<b>TERCER NIVEL</b>		
216	ENCOFRADO DE TRAMO 1	m2	13.94
217	HABILITACIÓN DE ACERO EN EL TRAMO 1	kg	196.86
218	ENCOFRADO DE TRAMO 2	m2	14.02
219	HABILITACIÓN DE ACERO EN EL TRAMO 2	kg	206.65
220	LIBERACION DE ACERO	glb	1.00
221	LIBERACION DE ENCOFRADO	glb	1.00
222	CONCRETO PARA ESCALERA	m3	5.20
223	DESENCOFRADO DE ESCALERA	m2	27.96
L	<b>GRADERIAS</b>		
L.01	<b>INGRESO A BIBLIOTECA</b>		
224	ENCOFRADO DE GRADERÍA	m2	5.67
225	LIBERACION DE ENCOFRADO	glb	1.00
226	CONCRETO EN GRADERÍA	m3	3.91
227	DESENCOFRADO DE GRADERÍA	m2	5.67

**CUANTIFICACIÓN DE PARTIDAS PARA SEGUIMIENTO CON LPS DEL PROYECTO:  
“CREACIÓN DEL SERVICIO DE BIBLIOTECA CENTRAL PARA EL DESARROLLO  
ACADEMICO DE INVESTIGACIÓN DE LOS USUARIOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE CHOTA” - CUI 2324203**

<b>ELEMENTO</b>	<b>ACTIVIDADES MEDIDAS</b>
	MUROS DE CONTENCION: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$
MUROS DE CONTENCION	MUROS DE CONTENCION: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
	<u>MUROS DE CONTENCION: CONCRETO PREMEZCLADO <math>f'c=210 \text{ kg/cm}^2</math></u>
ZAPATAS	ZAPATAS: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$
	<u>ZAPATAS: CONCRETO PREMEZCLADO <math>f'c=210 \text{ kg/cm}^2</math></u>
	VIGAS DE CIMENTACION: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$
VIGAS DE CIMENTACION	VIGAS DE CIMENTACION: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
	<u>VIGAS DE CIMENTACION: CONCRETO PREMEZCLADO <math>f'c=210 \text{ kg/cm}^2</math></u>
SOBRECIMIENTO ARMADO	SOBRECIMIENTO: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$
	SOBRECIMIENTO: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
	<u>SOBRECIMIENTO: CONCRETO <math>f'c=175 \text{ kg/cm}^2</math></u>
PLACAS Y COLUMNAS	ELEMENTOS VERTICALES: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$
	ELEMENTOS VERTICALES: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
	<u>ELEMENTOS VERTICALES: CONCRETO PREMEZCLADO <math>f'c=210 \text{ kg/cm}^2</math></u>
VIGAS	VIGAS: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$
	<u>VIGAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO</u>
	LOSA ALIGERADA Y MACIZA: ACERO DE REFUERZO $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$
LOSA ALIGERADA Y MACIZA	LOSA ALIGERADA Y MACIZA: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
	<u>LOSA ALIGERADA: COLOCACION DE LADRILLO NRO. 15</u>
ELEMENTOS HORIZONTALES	TECHO: CONCRETO PREMEZCLADO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
	TIJERALES METÁLICOS CON TUBOS LAC
ESTRUCTURAS METÁLICAS	ARRIOSTRES METALICOS CON TUBOS LAC 50mm x 50mm x 2.50mm
	<u>CORREAS METALICAS CON TUBOS LAC 60mm x 40mm x 2.5mm</u>

**D. PLANO DE SECTORIZACIÓN CON BALANCE DE METRADOS**

**E. PLANOS DE ESTRUCTURAS**

**F. PLANOS DE ARQUITECTURA**

**G. CARTAS BALANCE DE CUADRILLAS**

## H. METODOLOGÍA LAST PLANNER SYSTEM ®

- **PLAN MAESTRO (MASTER SCHEDULE)**
- **PROGRAMACIÓN MAESTRA PREVISTA CON METRADOS**
- **TREN DE TRABAJO REAL CON METRADOS**
- **TREN DE TRABAJO REAL CON HORAS HOMBRE EMPLEADAS**
- **PORCENTAJE DE PLAN COMPLETADO Y ANÁLISIS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO ACUMULADO**
- **PORCENTAJE DE PLAN COMPLETADO Y ANÁLISIS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO POR SEMANA**
- **HITOS PARCIALES**
- **CÁLCULO DE HORAS HOMBRE GANADAS E INDICE DE PRODUCTIVIDAD HORA HOMBRE**
- **GESTIÓN DE RESTRICCIONES**
- **CATÁLOGO DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO**



## I. TÉCNICA DE VALOR GANADO

