

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

**“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN  
CONSTRUCTION EN LA PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO  
DE FABRICACIÓN Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS  
METÁLICAS PARA CONSTRUCCIÓN”**

**Trabajo de suficiencia profesional para optar al título  
profesional de:**

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

Miguel Angel Alza Terrones

**Asesor:**

**Mg. Henry Josue Villanueva Bazan**  
<https://orcid.org/0000-0001-8814-6079>

Lima - Perú

2025

## Informe de Similitud

### 16% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.




#### Filtered from the Report

- › Bibliography
- › Quoted Text
- › Cited Text
- › Small Matches (less than 8 words)

#### Exclusions

- › 1 Excluded Source

#### Top Sources

- 16%  Internet sources
- 2%  Publications
- 8%  Submitted works (Student Papers)

#### Integrity Flags

##### 1 Integrity Flag for Review

-  **Hidden Text**  
1110 suspect characters on 8 pages  
Text is altered to blend into the white background of the document.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

## **Dedicatoria**

Este trabajo lo dedico en primer lugar a Dios, quien me dio la vida y me sigue dando la salud, quien guio mis pasos y fortaleció mi vida académica, quien me acompañó y brindó la sabiduría para llegar al éxito.

En segundo lugar, a mis padres, hermano y pareja quienes siempre estuvieron presentes en cada tropiezo, caída, alegría, lo cual fueron fundamentales para lograr nuestros objetivos.

A todos mis docentes de la Universidad Privada del Norte que con sus experiencias y metodologías han transmitido sus conocimientos necesarios para hoy poder estar aquí.

## **Agradecimiento**

A Dios por darme la vida, la salud y las fuerzas necesarias

para cumplir mis metas, a mis padres por su apoyo moral.

También expreso gratitud a mi pareja quien supo brindarme su tiempo para escucharme. Expresar mi más profundo agradecimiento

a mi director de tesis. Su experiencia, comprensión y paciencia

contribuyeron a mi experiencia en el complejo y gratificante

camino de este trabajo.

**Tabla de contenido**

Índice de tablas.....	6
Índice de figuras.....	7
RESUMEN EJECUTIVO .....	8
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	9
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	15
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA.....	27
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	41
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	77
REFERENCIAS.....	82
ANEXOS .....	85

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Información general de empresa Metales Sarco Montero E.I.R.L. ....	11
<b>Tabla 2</b> Ubicacion de empresa Metales Sarco Montero E.I.R.L.....	11
<b>Tabla 3</b> Desperdicios en la construccion.....	19
<b>Tabla 4</b> Carta balance partida de fabricacion de estructuras metalicas.....	46
<b>Tabla 5</b> Carta balance partida de montaje de estructuras metalicas.....	50
<b>Tabla 6</b> Analisis de restricciones partida de fabricacion.....	58
<b>Tabla 7</b> Analisis de restricciones partida de montaje.....	59
<b>Tabla 8</b> Sectorizacion, trenes de trabajo .....	65
<b>Tabla 9</b> Lookahead de 4 semanas .....	66
<b>Tabla 10</b> Causas de no cumplimiento .....	67
<b>Tabla 11</b> Indicadores acumulados de EVM del proyecto .....	70
<b>Tabla 12</b> Coeficiente de correlacion de Pearson PAC-CPI.....	72
<b>Tabla 13</b> Coeficiente de correlacion de Pearson PAC-SPI.....	73

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Ubicacion de empresa Metales Sarco Montero E.I.R.L. ....	12
<b>Figura 2</b> Organigrama de empresa Metales Sarco Montero E.I.R.L. ....	14
<b>Figura 3</b> Modelo tradicional de Construcción .....	21
<b>Figura 4</b> Modelo Lean Construction .....	22
<b>Figura 5</b> Actividades no contributivas .....	25
<b>Figura 6</b> Organigrama – Personas involucradas .....	28
<b>Figura 7</b> Procedimiento de implementación de la herramienta Carta Balance .....	37
<b>Figura 8</b> Procedimiento de implementación del análisis de restricciones .....	37
<b>Figura 9</b> Procedimiento de implementación del diagrama de flujo .....	38
<b>Figura 10</b> Procedimiento de implementación del diagrama Ishikawa .....	38
<b>Figura 11</b> Distribución del trabajo en general de fabricación.....	49
<b>Figura 12</b> Distribución del trabajo general de montaje.....	54
<b>Figura 13</b> Diagrama Ishikawa de las causas de la baja productividad.....	62
<b>Figura 14</b> Análisis de restricciones .....	63
<b>Figura 15</b> Restricciones más incidentes de la obra en general .....	64
<b>Figura 16</b> Curva de Porcentaje de actividades completadas (PAC) .....	68
<b>Figura 17</b> Curva $<S=$ EVM del proyecto en general .....	69
<b>Figura 18</b> Variación semanal del PAC-CPI-SPI.....	74

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe tiene por objetivo describir la Implementación de la Metodología Lean Construction y las Herramientas de la Calidad para mejorar la productividad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas de la empresa Metales Sarco Montero E.I.R.L. Se fundamentó bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, no experimental de corte longitudinal. La muestra se centró en el análisis del casco estructural de la obra en cuestión con enfoque de estructuras la cual será determinada por medio de la metodología Lean construction para alcanzar una mayor productividad. La implementación de la Metodología Lean Construction y las Herramientas de la Calidad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas en la empresa ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar la productividad. Al aplicar principios Lean, se logró una reducción significativa en las tareas no productivas, mejorando la eficiencia y optimizando el uso de recursos. Las herramientas de calidad han permitido un control más riguroso del proceso, asegurando que las actividades se realicen con un estándar elevado, lo cual ha resultado en un progreso más consistente y menos desperdicios.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Este informe de suficiencia profesional tiene como objetivo describir la experiencia profesional desarrollada en el marco del proyecto “Implementación de la Metodología Lean Construction en la Productividad del Proceso de Fabricación y Montaje de Estructuras Metálicas para construcción”, ejecutado en la región de Lima, Perú. Este proyecto, de relevancia en la construcción, la economía y la sociedad, busca aplicar metodologías y herramientas de calidad en los procesos de fabricación y montaje de estructuras metálicas, y así mejorar la productividad de las empresas metálicas de Lima-Perú.

De acuerdo al párrafo anterior, este informe permite dar a conocer la experiencia profesional adquirida como bachiller en ingeniería civil en la empresa Metales Sarco Montero E.I.R.L., donde he desempeñado el cargo de Ingeniero Civil Junior.

Metales Sarco Montero E.I.R.L es una empresa peruana especializada en el diseño, fabricación e instalación de estructuras metálicas. Fundada en 2010, se dedica a la fabricación de productos metálicos para uso estructural.

La experiencia profesional obtenida en esta implementación abarca aspectos clave como:

- Supervisión de obra.
- Costos y presupuestos.
- Gestión de proyectos.
- Colaboración multidisciplinaria.
- Realización de valorizaciones.
- Supervisor de calidad.

Participando en los siguientes proyectos:

Mantenimiento de pintura en estructuras metálicas, trabajos varios, etc. -  
INTERNATIONAL POTATO CENTER (ago 2023 – dic 2023)

Mantenimiento preventivo de portones de acceso - MEGACENTRO INDUSTRIALES  
SUR S.A.C. – (dic 2023 – ene 2024)

Instalación de extractores eólicos en almacenes - Megacentro Insudtriales Sur (abril 2024  
– junio 2024)

Pintado de señalizaciones verticales y horizontales en Ampliacion de Almacenes F,G,H –  
Megacentro industriales sur ( junio 2024 – sep 2024)

La empresa Metales Sarco Montero E.I.R.L. ofrece una variedad de productos y servicios especializados en el ámbito industrial y estructural, con sede en Lima, Perú, la empresa se especializa en:

Construcción de Estructuras Metálicas: Diseño y ejecución de proyectos personalizados que incluyen la fabricación de escaleras, barandas, zarandas y techos, adaptados a las necesidades específicas de cada cliente.

Instalaciones de Tuberías Roscadas en Plantas: Servicios especializados en la instalación de tuberías roscadas en entornos industriales, garantizando eficiencia y seguridad en cada proyecto.

### **Descripción de la empresa**

Metales Sarco Montero E.I.R.L es una empresa peruana especializada en el diseño, fabricación e instalación de estructuras metálicas. Fundada en 2010, se dedica a la fabricación de productos

metálicos para uso estructural.

Metales Sarco Montero E.I.R.L. es una empresa peruana dedicada a la fabricación de productos metálicos para uso estructural. A continuación, se presentan detalles adicionales sobre la empresa.

**Tabla 1**

*Información general de empresa Metales Sarco Montero E.I.R.L.*

<b>INFORMACION GENERAL</b>	
<b>Razón Social</b>	Metales Sarco Montero E.I.R.L.
<b>RUC</b>	20538665496
<b>Tipo de Empresa</b>	Empresa Individual de Responsabilidad Limitada
<b>Estado del Contribuyente</b>	Activo
<b>Fecha de inscripción</b>	30 de diciembre de 2010
<b>Fecha de inicio de Actividades</b>	15 de enero de 2011
<b>Actividad Comercial</b>	Fabricación de productos metálicos para uso estructural
<b>Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIU):</b>	2511

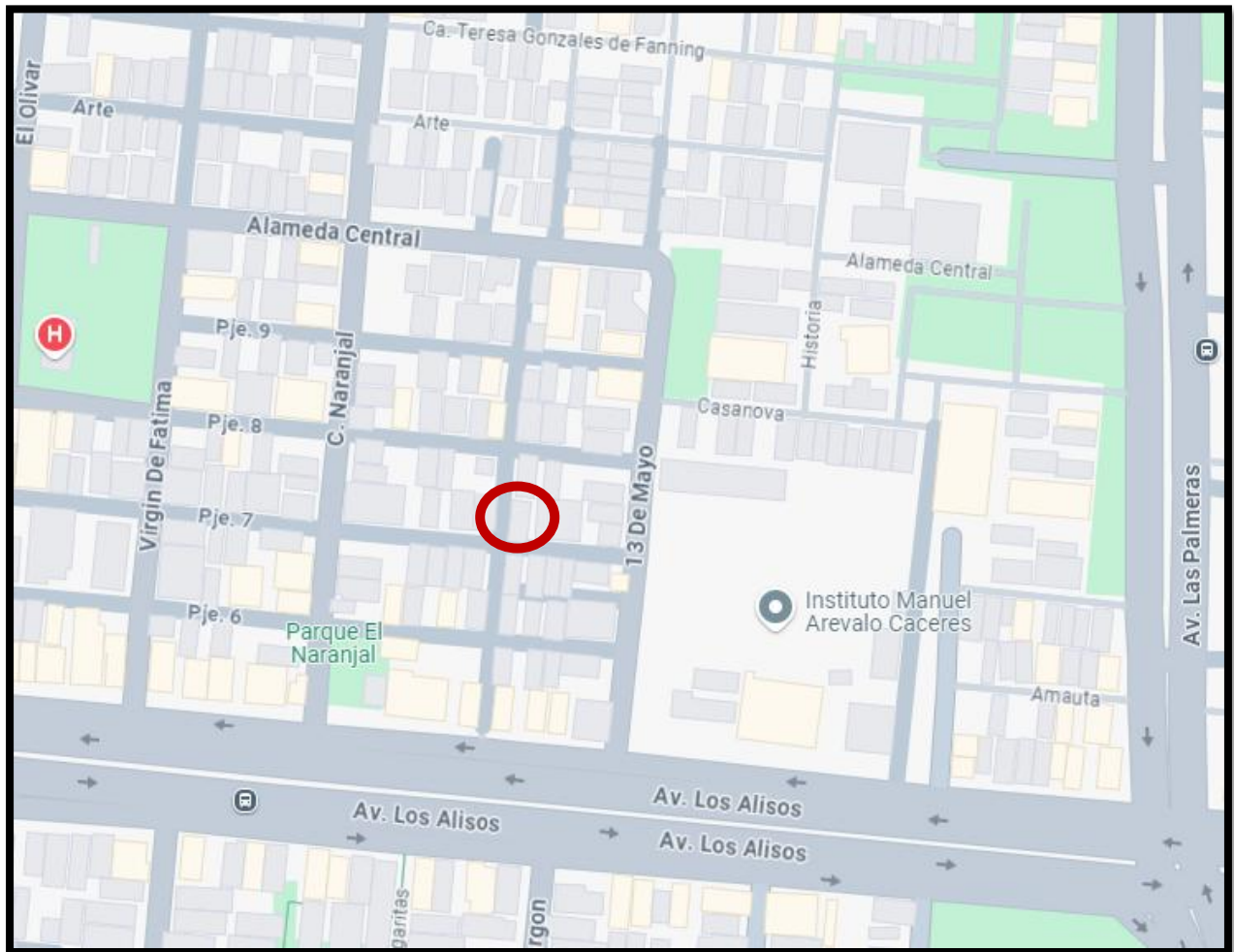
**Tabla 2**

*Ubicación de empresa Metales Sarco Montero E.I.R.L.*

<b>UBICACION</b>	
<b>DEPARTAMENTO</b>	Lima
<b>PROVINCIA</b>	Lima
<b>DISTRITO</b>	Los Olivos
<b>DIRECCION LEGAL</b>	Pj. 13 de mayo, Mza. V1, Lote 8 A.H. El Amauta
<b>REFERENCIA</b>	Entre Av. Alisos y Av. Las Palmeras

**Figura 1**

*Ubicación de empresa Metales Sarco Montero E.I.R.L.*



Representantes y Personal

Gerente Comercial: Jorge Luis Sarco Gala

Titular-Gerente: Astrid Carolina Sarco Montero (desde el 13 de agosto de 2018)

## MISIÓN

Proveer soluciones integrales en el sector construcción, transporte y diseño técnico, enfocándonos en satisfacer las necesidades de nuestros clientes con estándares de calidad, seguridad y sostenibilidad. Nos comprometemos a contribuir al desarrollo de infraestructura que mejore la calidad de vida de las comunidades y fomente el progreso social y económico en el ámbito regional y nacional.

## VISIÓN

Convertirnos en una empresa líder en el sector construcción e ingeniería civil del norte del Perú, reconocida por nuestra innovación, compromiso con el medio ambiente y excelencia en la ejecución de proyectos de impacto social. Aspiramos a ser un referente de confianza y calidad en la transformación de infraestructura que promueva un desarrollo sostenible para las generaciones futuras.

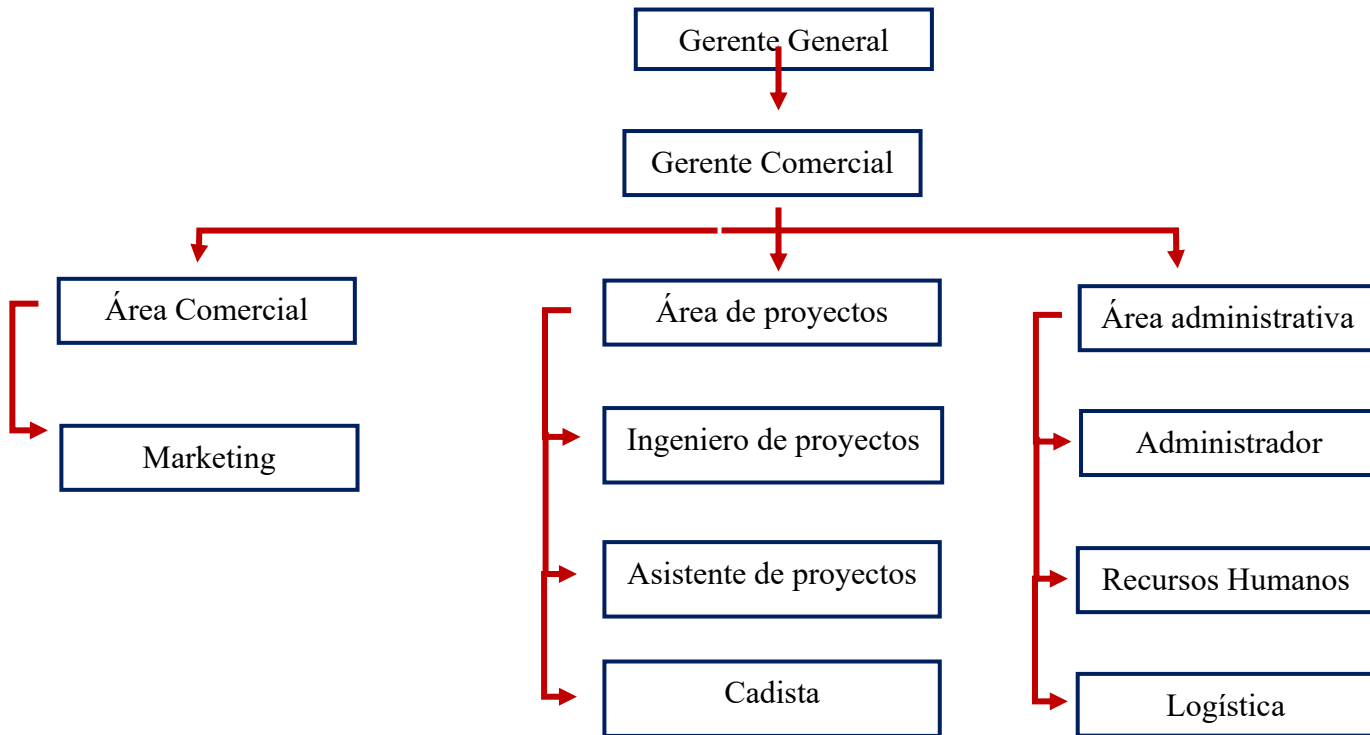
### **Productos Ofrecidos:**

Fabricación Metálica Línea Planta: Producción de componentes metálicos para plantas industriales, incluyendo escaleras, barandas, zarandas y techos, diseñados según las especificaciones técnicas requeridas

La empresa se destaca por su capacidad para innovar en proyectos estructurales, ofreciendo soluciones integrales que abarcan desde el diseño hasta la instalación final, siempre alineándose con los estándares de calidad y seguridad industria.

**Figura 2**

*Organigrama de empresa Metales Sarco Montero E.I.R.L*



## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

El presente marco teórico permite establecer las bases conceptuales, normativas y técnicas que sustentan el proyecto. En el informe, buscamos contextualizar el rol del Ingeniero Civil Junior en la ejecución del proyecto “Implementación de la Metodología Lean Construction en la Productividad del Proceso de Fabricación y Montaje de Estructuras Metálicas para construcción”, abordando los principios teóricos relacionados con la gestión de proyectos de ingeniería civil, la Metodología Lean Construction, la Productividad del Proceso de Fabricación y Montaje de Estructuras Metálicas y los aspectos éticos y normativos aplicables. Soto, D. (2017)

Este capítulo desarrolla una revisión de la literatura relevante que respalda las prácticas técnicas y profesionales involucradas en el tema. Se analizan conceptos clave como la planificación estratégica, y la sostenibilidad en la construcción de infraestructura metálica. Además, se describen las competencias necesarias para el desempeño eficiente del asistente técnico, considerando los desafíos inherentes a la ejecución de proyectos en industrias metalmeccánicas y el impacto que tienen en la calidad de vida y bienestar de los usuarios. Serpell, A. y Verbal, R. (1990)

Lean Construction, es una metodología derivada de los principios de producción lean que se originó en la industria manufacturera. Su objetivo principal es maximizar el valor y minimizar el desperdicio en los procesos de construcción (Alcaide y Ruiz, 2021). Aunque ha sido aplicado extensamente en diversos sectores de la construcción, su implementación en la fabricación y montaje de estructuras metálicas es relativamente reciente. Este enfoque busca mejorar la productividad y eficiencia mediante la optimización de los flujos de trabajo y la reducción de las actividades que no agregan valor (Collachagua, 2017).

Herramientas de Calidad en Lean Construction: En el contexto de Lean Construction, las herramientas de calidad como el control estadístico de procesos, el análisis de causa raíz y los diagramas de Ishikawa son fundamentales para identificar y eliminar las fuentes de variabilidad y desperdicio (Cortés et al., 2020). Estas herramientas ayudan a mejorar la calidad y la precisión en la fabricación de componentes metálicos y en las etapas de montaje, asegurando que los proyectos se completen dentro de los parámetros de tiempo y presupuesto establecidos (Anaya e Inga, 2019).

Principios de Lean aplicados a la fabricación de estructuras metálicas: Los cinco principios de Lean, definidos como valor, flujo de valor, flujo, pull y perfección, se aplican para mejorar los procesos en la fabricación de estructuras metálicas (Díaz et al., 2019). La identificación clara del valor desde la perspectiva del cliente guía las operaciones para asegurar que todas las actividades aporten directamente a los objetivos finales del proyecto (Flores, 2022)

Diversos estudios de caso han mostrado la efectividad de Lean Construction en la fabricación de estructuras metálicas (Hoyos, 2023). Por ejemplo, empresas en Europa y Asia han reportado mejoras significativas en la reducción de tiempos de ciclo y en la minimización de desperdicios de material a través de la aplicación de técnicas de producción ajustada y justo a tiempo (Huapaya y Torres, 2021).

El impacto en la productividad de la implementación de Lean Construction en la fabricación y montaje de estructuras metálicas ha demostrado un incremento en la productividad (Llerena, 2019). Las técnicas como el mapeo del flujo de valor y el sistema de pull permiten una mejor planificación y coordinación, reduciendo los cuellos de botella y los tiempos de espera entre las etapas de fabricación y montaje (Giménez, 2022).

A pesar de sus beneficios, la implementación de Lean Construction enfrenta desafíos significativos. La resistencia al cambio por parte de los empleados y la necesidad de una formación adecuada son barreras comunes (Miranda y Torobisco, 2019). Además, la integración de estas prácticas en los sistemas existentes puede requerir una inversión inicial significativa en tiempo y recursos (Pinzón y Millán, 2017).

**Software y Tecnología:** La adopción de software avanzado, como BIM (Building Information Modeling), facilita la implementación de Lean en la fabricación de estructuras metálicas (Navarro y Lanzón, 2018). BIM permite la visualización detallada de los proyectos y mejora la comunicación entre los equipos, lo cual es crucial para el manejo eficiente de los recursos y la planificación de los proyectos (Quispe, 2017)

### **Sostenibilidad y Lean Construction**

La metodología Lean también contribuye a la sostenibilidad de los proyectos de construcción. Al reducir el desperdicio y optimizar el uso de recursos, los proyectos no solo se vuelven más económicamente viables, sino también más amigables con el medio ambiente (Razo y García, 2021).

**Futuro de Lean en la fabricación de estructuras metálicas:** Con el avance continuo de las tecnologías y la creciente presión por proyectos más eficientes y sostenibles, se espera que la adopción de Lean Construction siga aumentando. La innovación en herramientas y técnicas promete mejorar aún más los procesos de fabricación y montaje de estructuras metálicas (Salgin et al., 2016).

**Conclusión:** La implementación de Lean Construction y herramientas de calidad en la fabricación

y montaje de estructuras metálicas presenta una oportunidad considerable para mejorar la productividad y la eficiencia. Aunque existen desafíos, los beneficios de reducir costos y tiempos de ejecución, mejorar la calidad del producto final y aumentar la satisfacción del cliente justifican la inversión en esta metodología.

Lean Construction es una filosofía de gestión de proyectos de construcción que se enfoca en minimizar el desperdicio y maximizar el valor. Basada en los principios del Lean Manufacturing, esta metodología se centra en la eficiencia de todos los procesos de construcción, desde la planificación hasta la ejecución, buscando reducir costos, tiempos de entrega y mejorar la calidad del producto final (Miranda y Torobisco, 2019).

Lean Construction promueve un enfoque colaborativo en la industria de la construcción. Se caracteriza por la integración y participación activa de todos los agentes involucrados (arquitectos, ingenieros, contratistas, clientes, etc.) desde las primeras etapas del proyecto. Este enfoque colaborativo asegura una mayor comprensión y alineación de los objetivos del proyecto, favoreciendo la toma de decisiones más eficientes y la resolución de problemas de forma proactiva (Navarro y Lanzón, 2018).

Uno de los conceptos clave de Lean Construction es la mejora continua de los procesos de construcción. Esta metodología busca identificar y eliminar desperdicios en todas las etapas del proyecto, definiendo desperdicio como cualquier actividad que no agregue valor al cliente. Esto incluye la reducción del tiempo de inactividad, la minimización de errores y re-trabajos, y la optimización del uso de recursos (Soto, 2017).

Lean Construction implementa una variedad de herramientas y técnicas específicas para mejorar

la eficiencia y efectividad en la construcción. Estas herramientas incluyen el Last Planner System (LPS) para la planificación y control de la producción, el Value Stream Mapping para analizar y mejorar los flujos de procesos, y el uso de tecnologías como el Building Information Modeling (BIM) para mejorar la planificación y coordinación del proyecto (Valdes et al., 2022).

En Lean Construction, el valor para el cliente es el principal motor de todos los procesos de construcción. Esto implica comprender profundamente las necesidades y expectativas del cliente y alinear todos los procesos de construcción para satisfacer estas necesidades de la manera más eficiente posible. El enfoque en el valor al cliente asegura que el proyecto final no solo cumpla con las especificaciones técnicas y de calidad, sino que también satisfaga o supere las expectativas del cliente (Zambrano et al., 2019).

Tomando en consideración la conceptualización, la filosofía clasifica los desperdicios a nivel de producción de la siguiente manera:

**Tabla 3**

*Desperdicios en la construcción*

<b>Desperdicios en la construcción</b>
Defectos
Demoras
Excesos de procesados
Excesos de producción
Inventarios excesivos
Transporte innecesario
Movimiento no útil de personas

## **Modelación tradicional en la construcción versus la filosofía Lean Construction**

El modelo tradicional de construcción y el modelo Lean Construction presentan diferencias significativas en términos de enfoque, gestión de procesos, y resultados finales. A continuación, se contrastan ambos modelos:

### **A. Modelo Tradicional de Construcción**

**Enfoque en Tareas Individuales:** Se centra en la ejecución secuencial de tareas. Cada especialidad trabaja de manera aislada, lo que a menudo lleva a una falta de coordinación y comunicación entre los distintos equipos.

**Gestión Reactiva:** Predomina una gestión reactiva a los problemas. Los retrasos y sobrecostos son comunes, y se abordan a medida que surgen.

**Planificación Centralizada:** La planificación se realiza de manera centralizada, muchas veces sin la participación de todos los involucrados en la ejecución.

**Optimización de Subprocesos:** Se busca la eficiencia en subprocesos individuales, sin una visión integrada del proyecto completo, lo que puede llevar a ineficiencias en el proceso global.

**Control Basado en el Avance de Obra:** El control se enfoca en el seguimiento del avance físico y el cumplimiento de plazos, más que en la optimización de procesos.

**Figura 3**

*Modelo tradicional de Construcción*



## **B. Modelo Lean Construction**

Enfoque en el Proceso Completo: Se enfoca en la eficiencia del proceso de construcción completo. La colaboración y la comunicación entre todas las disciplinas son fundamentales para el éxito del proyecto.

Gestión Proactiva: Existe una gestión proactiva de los recursos y los riesgos. Los problemas se anticipan y se gestionan antes de que afecten al proyecto.

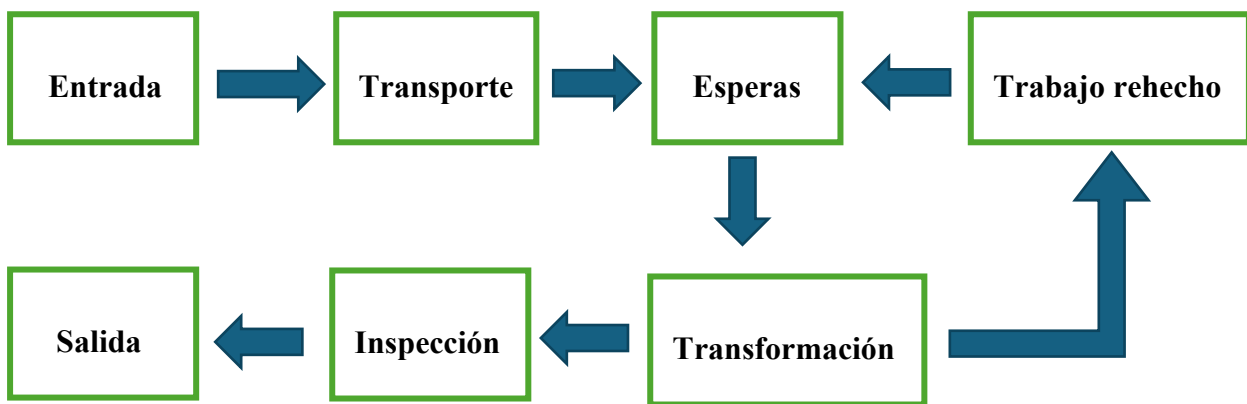
Planificación Colaborativa: La planificación es un proceso colaborativo que involucra a todos los actores del proyecto, incluyendo contratistas, subcontratistas y clientes, utilizando herramientas como el Last Planner System.

Optimización del Proceso Completo: Se busca la eficiencia en el proceso completo de construcción, no solo en subprocesos individuales, lo que implica una reducción del desperdicio y una mejora en el flujo de trabajo.

Control Basado en la Eficiencia del Proceso: El control se centra en la eficiencia y la efectividad del proceso completo. Se utilizan métricas para medir y mejorar continuamente el rendimiento.

**Figura 4**

*Modelo Lean Construction*



En resumen, mientras que el modelo tradicional se enfoca en la ejecución secuencial de tareas con una gestión reactiva, Lean Construction promueve una gestión proactiva y colaborativa, con un enfoque integral en la optimización de todo el proceso de construcción. Lean Construction busca minimizar los desperdicios y maximizar el valor para el cliente, lo cual se traduce en proyectos más eficientes y rentables.

### **Principios de la filosofía Lean Construction**

Lean Construction es una metodología que integra los principios del Lean Manufacturing en la gestión de proyectos de construcción. Los principios básicos de Lean Construction se centran en mejorar la eficiencia, reducir el desperdicio y aumentar el valor para el cliente. Estos principios son fundamentales para comprender y aplicar efectivamente la metodología en cualquier proyecto

de construcción (Pinzón y Millán, 2017)

El primer principio de Lean Construction es la identificación y maximización del valor para el cliente. Esto implica entender profundamente las necesidades y expectativas del cliente y alinear todos los procesos de construcción para satisfacer estas necesidades de la manera más eficiente posible. El objetivo es entregar un proyecto que no solo cumpla con los requisitos técnicos y de calidad, sino que también exceda las expectativas del cliente en términos de funcionalidad, durabilidad y estética (Osunsammi et al., 2019).

El segundo principio es la eliminación del desperdicio. En Lean Construction, el desperdicio se define como cualquier actividad que no agregue valor al cliente. Esto incluye la reducción de tiempos de espera, la minimización de errores y re-trabajos, y la optimización del uso de materiales y recursos. La eliminación del desperdicio no solo mejora la eficiencia y reduce los costos, sino que también contribuye a la entrega del proyecto en los plazos previstos (Pérez et al., 2019).

El tercer principio es la mejora continua. Lean Construction promueve una cultura de mejora continua, donde los procesos de construcción son constantemente evaluados y mejorados. Esto implica la implementación de un ciclo iterativo de planificación, ejecución, inspección y adaptación, permitiendo a los equipos aprender de los errores y hacer ajustes en tiempo real para mejorar el rendimiento del proyecto (Serpell y Verbal, 1990).

El cuarto principio es la planificación y control colaborativos. A diferencia del enfoque tradicional de construcción, donde la planificación es a menudo centralizada, Lean Construction promueve una planificación colaborativa que involucra a todos los stakeholders del proyecto, incluyendo arquitectos, ingenieros, contratistas y clientes. Esta colaboración asegura que todos los

involucrados comprendan y estén comprometidos con los objetivos del proyecto, lo que resulta en una mejor coordinación y ejecución del trabajo (Sandoval et al., 2016).

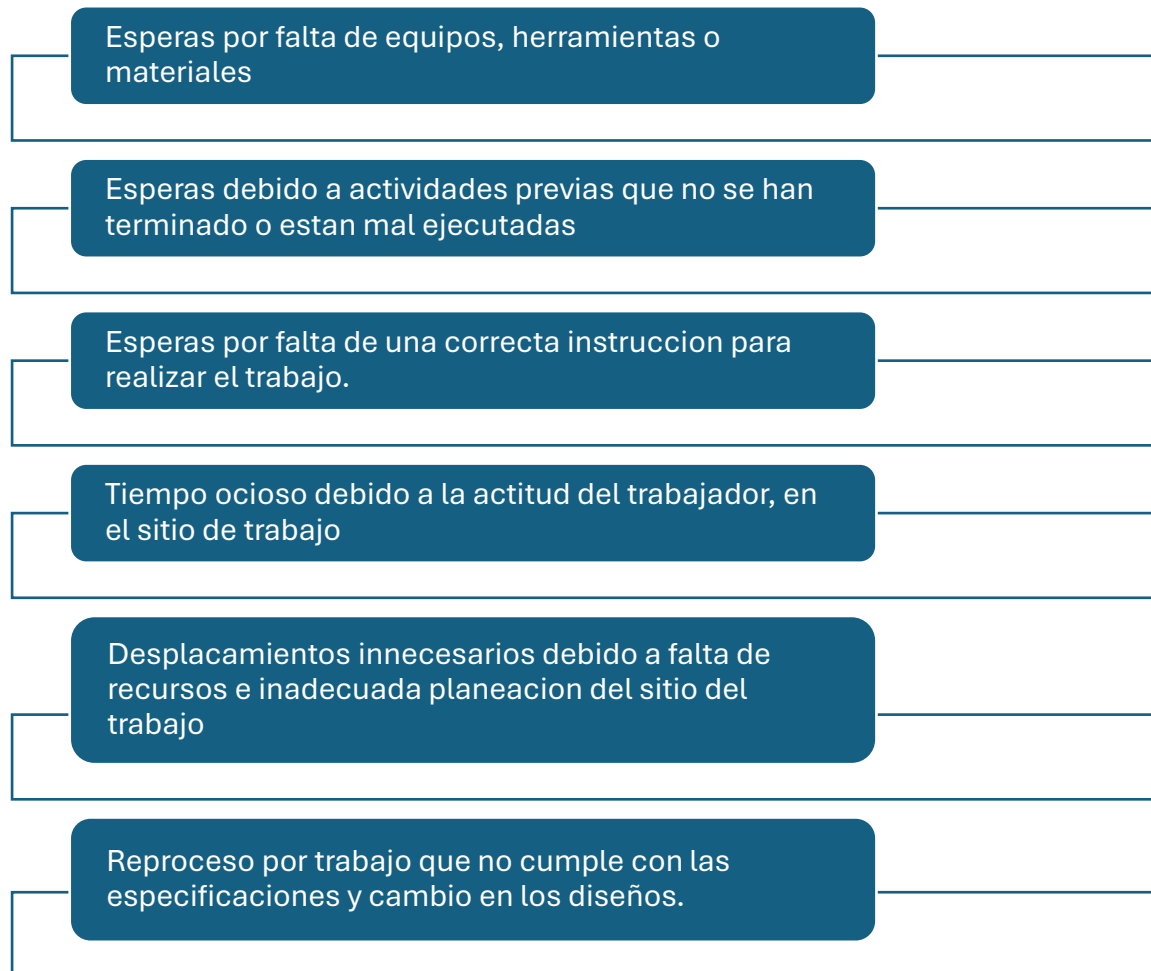
Finalmente, el quinto principio es la utilización de técnicas y herramientas específicas para implementar los principios de Lean. Herramientas como el Last Planner System (LPS) para la planificación y control de la producción, el Value Stream Mapping para analizar y mejorar los flujos de procesos, y el uso de tecnologías como el Building Information Modeling (BIM) son fundamentales para la aplicación efectiva de Lean Construction (Razo y García, 2021)

En resumen, los principios básicos de Lean Construction se centran en maximizar el valor para el cliente, eliminar el desperdicio, promover la mejora continua, fomentar la planificación y control colaborativos y aplicar herramientas y técnicas específicas. La adopción de estos principios en la gestión de proyectos de construcción conduce a una mayor eficiencia, una mejor calidad y una mayor satisfacción del cliente.

La metodología Lean además, considera los trabajos no contributivos en obra, los mismos se expresan en la siguiente figura:

**Figura 5**

*Actividades no contributivas*



## **Productividad**

La productividad en la construcción civil se refiere a la eficiencia con la que se utilizan los recursos, incluyendo mano de obra, materiales y equipo, para completar un proyecto de construcción. Es una medida de cuán efectivamente se convierten estos insumos en salidas, como edificios, carreteras o puentes. La productividad en este sector es crucial, ya que afecta directamente la rentabilidad, los plazos de entrega del proyecto, la calidad del trabajo finalizado y,

en última instancia, la satisfacción del cliente.

Una alta productividad en la construcción civil significa que los proyectos se completan utilizando menos recursos y tiempo, sin comprometer la calidad. Esto se logra a través de una planificación eficiente, la gestión de la mano de obra, el uso efectivo de materiales y la implementación de tecnologías y procesos modernos. Por ejemplo, el uso de software de modelado de información de construcción (BIM) puede mejorar la eficiencia en la planificación y ejecución de proyectos, mientras que la adopción de técnicas de construcción modernas puede acelerar los tiempos de construcción y reducir el desperdicio. (Hector & Hernández, 2023)

La productividad en la construcción también está influenciada por factores como las habilidades y la experiencia de la fuerza laboral, la calidad de la gestión del proyecto, y las condiciones de trabajo en el sitio de construcción. Una mano de obra bien capacitada y motivada, una gestión eficaz y un entorno de trabajo seguro y organizado pueden contribuir significativamente a mejorar la productividad. (Hector & Hernández, 2023)

Sin embargo, medir la productividad en la construcción civil puede ser complejo, debido a la naturaleza única de cada proyecto, la diversidad de tareas involucradas y las variables externas como las condiciones climáticas o los retrasos en la entrega de materiales. A pesar de estos desafíos, la mejora de la productividad sigue siendo un objetivo clave para las empresas de construcción, ya que un aumento en la productividad lleva a una mayor competitividad, rentabilidad y capacidad para entregar proyectos exitosos. (Hector & Hernández, 2023)

### **CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA**

El trabajo en Metales Sarco Montero E.I.R.L representó un paso significativo en el desarrollo profesional del autor, al permitirle integrarse en un equipo en proyectos de infraestructura metálica. El proceso inició con una convocatoria laboral publicada por la empresa, en la cual se solicitaba personal calificado para formar parte del equipo encargado de ejecutar el “Implementación de la Metodología Lean Construction en la Productividad del Proceso de Fabricación y Montaje de Estructuras Metálicas para construcción”.

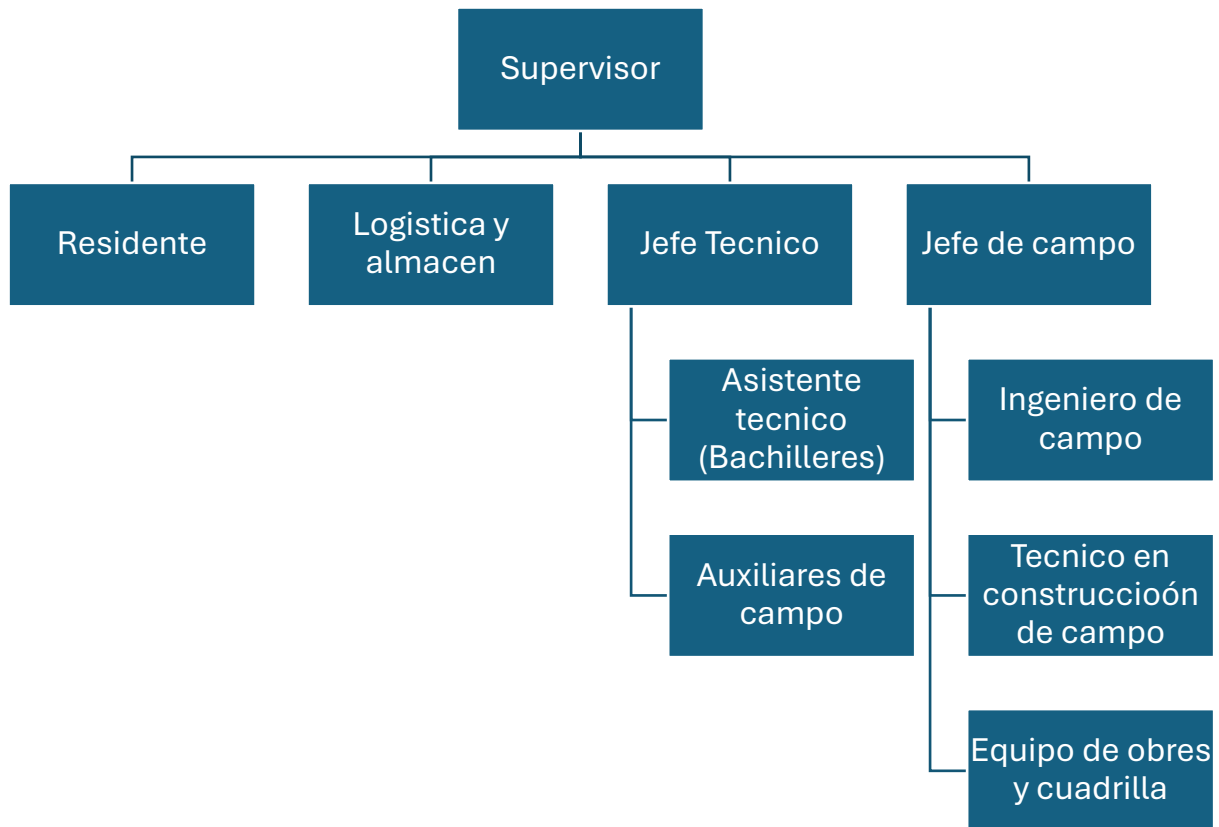
Tras participar en la postulación, que incluía un currículum vitae detallado y un portafolio de experiencias previas, se programó una entrevista inicial. Durante la entrevista, se evaluaron las competencias técnicas, como el conocimiento en Ingeniería Civil, Estructuras metálicas y Gestión de proyectos, así como habilidades interpersonales relacionadas con el trabajo en equipo y la resolución de problemas, fui desarrollando las actividades de Ingeniero Civil Junior desde la fecha 15/08/2023 hasta la fecha.

#### **Personas involucradas y responsabilidades**

El desarrollo del proyecto “Implementación de la Metodología Lean Construction en la Productividad del Proceso de Fabricación y Montaje de Estructuras Metálicas para Construcción” requiere la participación de un equipo multidisciplinario. A continuación, se detallan las personas involucradas y sus responsabilidades.

**Figura 6**

*Organigrama – Personas involucradas*



## **Supervisor**

- Supervisar y dirigir todas las actividades técnicas, logísticas y operativas del proyecto, asegurando que se cumplan los objetivos establecidos en tiempo y forma.
- Actuar como enlace entre los equipos operativos y las partes interesadas externas, como el cliente o la entidad supervisora.

## **Residente (Ingeniero Civil Junior)**

- Es el responsable del proyecto en la ejecución de obra.
- Supervisa a todos los equipos de trabajo y toma decisiones estratégicas para cumplir con el cronograma y los estándares de calidad.
- Coordina con el cliente, el equipo técnico y el jefe de campo para asegurar el progreso del proyecto.

## **Logística y Almacén**

- Encargados de la gestión y suministro de materiales, equipos y herramientas necesarias para las actividades en campo.
- Garantizan la disponibilidad oportuna de los recursos, trabajando en coordinación con el jefe y el asistente técnicos.

### **Jefe Técnico**

- Lidera el desarrollo técnico del proyecto, asegurando que cumpla con las normativas y especificaciones del diseño.
- Supervisa al asistente técnico y a los auxiliares de campo, asignando tareas específicas relacionadas con el diseño hidráulico, análisis de datos y elaboración de reportes técnicos.
- Coordina directamente con el residente para resolver problemas técnicos que puedan surgir durante la ejecución.

### **Asistente Técnico**

El Asistente Técnico desempeña un rol clave en la ejecución y supervisión técnica del proyecto, actuando como enlace entre el jefe técnico y las operaciones en campo. Sus funciones específicas incluyen:

- Supervisión técnica: Realiza inspecciones en las actividades relacionadas con la instalación de redes de agua potable, saneamiento y estructuras hidráulicas.

### **Auxiliares de Campo**

- Asisten al asistente técnico en tareas específicas como levantamientos topográficos, monitoreo de parámetros en las redes hidráulicas y recopilación de datos de campo.
- Colaboran en la actualización de planos técnicos y en la verificación de ajustes realizados en la obra.

### **Jefe de Campo**

- Responsable de la dirección operativa en el sitio de obra.
- Supervisa al equipo de obreros y cuadrillas para garantizar que las actividades se realicen según las especificaciones técnicas y el cronograma establecido.
- Coordina directamente con el asistente técnico y el ingeniero de campo para solucionar problemas en la ejecución.

### **Ingeniero de Campo**

- Trabaja bajo la dirección del jefe de campo, apoyando en la supervisión diaria de las actividades operativas.
- Realiza revisiones técnicas de las obras en curso y asegura que se cumplan las instrucciones del asistente y el jefe técnicos.

### **Técnico en Construcción de Campo**

- Especialista encargado de supervisar tareas específicas, como la instalación de tuberías, conexiones hidráulicas y construcción de estructuras de saneamiento.
- Colabora estrechamente con el equipo de obreros y cuadrillas para resolver problemas técnicos.

### **Equipo de Obras y Cuadrilla**

- Encargados de ejecutar las actividades físicas del proyecto, como excavaciones, instalación

de redes, construcción de cámaras y otras estructuras hidráulicas.

- Siguen las instrucciones del jefe de campo y del técnico en construcción para completar las tareas asignadas.

### **Funciones de nuestros puestos de trabajo**

Nuestro desempeño fue en varias áreas, ya que actúa como enlace entre las áreas técnica y operativa, asegurando que las actividades se lleven a cabo conforme a los estándares establecidos. Su trabajo comienza con la supervisión técnica de las actividades en campo, revisando que las especificaciones contenidas en los planos hidráulicos y topográficos se implementen correctamente y cumplan con las normativas vigentes, como el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Esto incluye la revisión de procesos constructivos, tales como la instalación de redes de agua potable, la construcción de cámaras de distribución y las obras de saneamiento, como en otras actividades:

- ✚ En paralelo, el asistente técnico se encarga del control de calidad (asegurando que los materiales, como tuberías, válvulas, concreto y agregados, cumplan con los estándares especificados), también verifica que los procedimientos constructivos, como la compactación de suelos o la aplicación de pruebas de presión hidrostática en tuberías, se realicen adecuadamente. Cualquier defecto detectado es documentado y reportado al jefe técnico para su corrección. Este proceso de gestión de observaciones implica no solo identificar los problemas, sino también proponer soluciones viables y supervisar su implementación.
- ✚ Además, el asistente técnico es responsable de la coordinación entre los equipos

técnicos y operativos. Esto incluye trabajar de la mano con el jefe de campo para alinear las actividades diarias con los objetivos técnicos del proyecto y garantizar la disponibilidad de recursos. En caso de problemas imprevistos en el terreno, como cambios en las condiciones geográficas o retrasos en el suministro de materiales, el asistente técnico colabora en la adaptación de los diseños o en la reprogramación de actividades para evitar interrupciones en el cronograma.

- ✚ Otra de sus responsabilidades clave es el levantamiento de datos técnicos. Este trabajo incluye supervisar los levantamientos topográficos, realizar mediciones en campo y garantizar que estos datos sean utilizados para actualizar los planos del proyecto. También se encarga de elaborar informes técnicos que documentan el progreso del proyecto, detallando las actividades realizadas, los riesgos detectados y las soluciones implementadas. Estos informes son fundamentales para la toma de decisiones y el cumplimiento de los plazos establecidos.

## Objetivos de Solución

En base al análisis del proyecto “Implementación de la Metodología Lean Construction en la Productividad del Proceso de Fabricación y Montaje de Estructuras Metálicas para construcción”, los objetivos de solución se enfocan en abordar las problemáticas identificadas durante la experiencia profesional y asegurar el cumplimiento de los resultados esperados. Los objetivos propuestos son los siguientes:

- Optimizar el Progreso en Actividades Críticas
- Acelerar el avance en actividades como excavaciones, compactaciones y la fabricación e instalación de estructuras metálicas, mediante la implementación de jornadas extendidas y el uso de cuadrillas especializadas.
- Incorporar maquinaria adicional para reducir la dependencia de actividades manuales y mejorar los tiempos de ejecución.
- Mejorar la Gestión de Recursos y Materiales
- Establecer un sistema de control en tiempo real para monitorear la disponibilidad y el uso de materiales esenciales, como tuberías, concreto y acero.
- Garantizar la continuidad del suministro mediante acuerdos formales con proveedores, priorizando la entrega programada y la creación de inventarios mínimos en obra.
- Fortalecer la Coordinación entre Áreas Técnicas
- Diseñar e implementar un sistema de reuniones diarias entre los equipos técnicos, operativos y administrativos para alinear las actividades planificadas con las necesidades del proyecto.

- Utilizar herramientas digitales, como cronogramas compartidos, para optimizar la comunicación y prevenir tiempos muertos o sobrecostos.
- Garantizar la Calidad de la Ejecución del Proyecto
- Realizar inspecciones periódicas y supervisar actividades clave, como la instalación de redes y las pruebas hidráulicas, para asegurar que se cumplan los estándares técnicos establecidos.
- Implementar una doble validación en los registros de metrados, tanto en campo como en oficina, para evitar inconsistencias en los reportes técnicos.
- Cumplir con los Plazos y Metas Financieras del Proyecto
- Redefinir el cronograma general del proyecto, priorizando actividades críticas y ejecutando en paralelo aquellas no críticas durante periodos muertos.
- Asegurar la correspondencia entre los avances físicos y las valorizaciones financieras presentadas, garantizando el uso eficiente de los recursos asignados.

Para las condiciones de la estructura y cobertura que debe poseer la obra, se presenta lo siguiente:

La estructura de la cobertura del edificio principal aislado incluido cobertura, canaletas, faldas, cobertura lateral flashing, se debe considerar todo lo necesario con la finalidad que la cobertura sea impermeable.

La estructura y cobertura del Ingreso principal se deberá considerar la instalación de los pernos de empotramiento de las estructuras de soporte vertical.

Para la marquesina de la edificación No aislada (bloque 2, bloque 8, TBC e ingreso peatonal) y edificio principal aislada debe incluir el suministro de los anclajes con plancha metálica para que sea colocado de manera oportuna por el subcontratista de estructuras de concreto. Si esté no es suministrado en el plazo acordado con obra, el postor adjudicado será el responsable de la colocación de los pernos de anclaje aprobado previo diseño. Asimismo, se debe considerar flashing, tirantes metálicos, pernos, cobertura, soldaduras, y todo lo necesario según diseño para soporte.

### **Procedimientos**

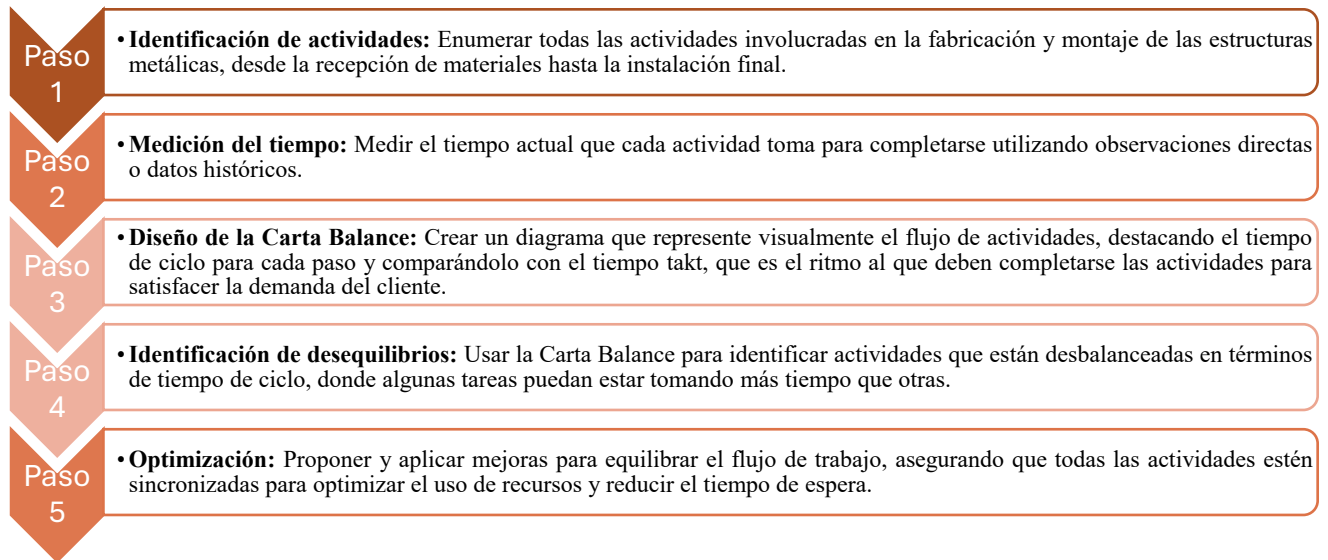
Los datos para recolectar fueron proporcionados por los contratistas que tuvieron los planos definitivos firmados. Además, se contactó de igual forma con el expediente final que se entregó a la empresa ejecutora. Asimismo, los datos recolectados fueron revisados para su respectivo estudio estadístico. Se compararon con el planeamiento planteado por nuestros mismos en la cual se verán los tiempos y costos reales de ejecución del proyecto utilizando herramientas como el Last Planner y Lookahead

Para cada uno de los objetivos mencionados, aquí se describen los pasos necesarios para implementar las herramientas específicas que mejorarán la productividad en la fabricación y montaje de estructuras metálica

## Implementación de la herramienta Carta Balance

*Figura 7*

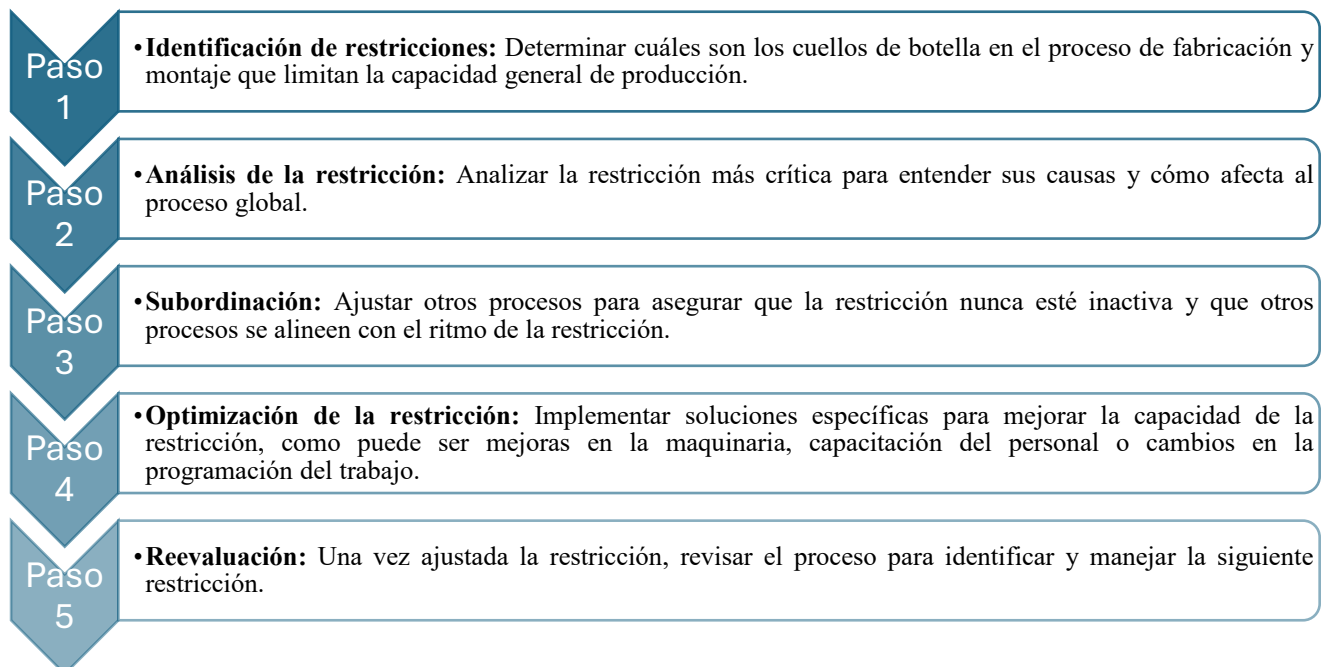
*Procedimiento de implementación de la herramienta Carta Balance*



## Implementación del análisis de restricciones

*Figura 8*

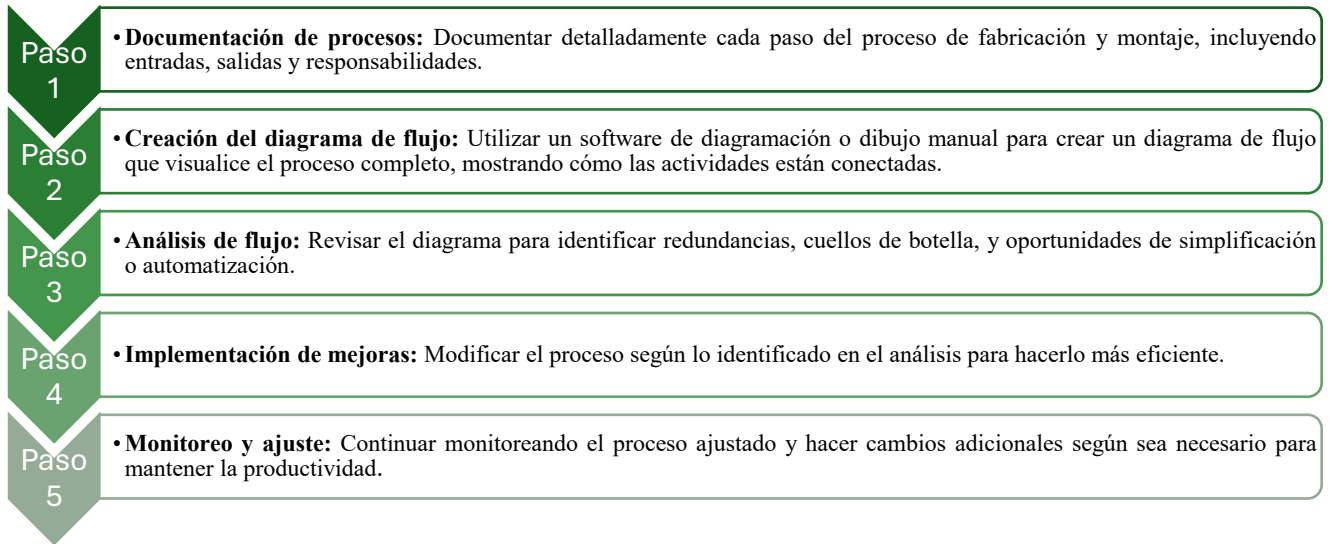
*Procedimiento de implementación del análisis de restricciones*



## Implementación del diagrama de flujo

**Figura 9**

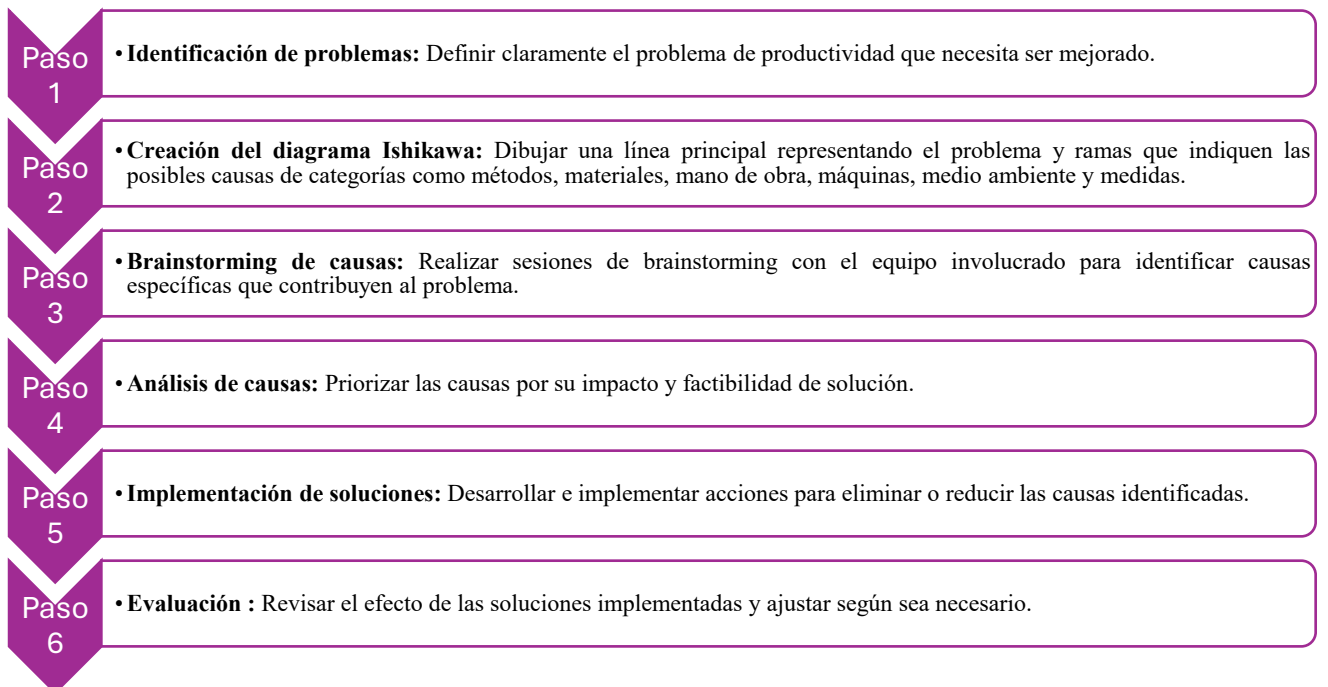
*Procedimiento de implementación del diagrama de flujo*



## Implementación del diagrama Ishikawa

**Figura 10**

*Procedimiento de implementación del diagrama Ishikawa*



## **Análisis de datos**

El análisis de los datos se abordará por medio de estadística descriptiva que englobará gráfico de barras y tablas de frecuencia y porcentaje con la información que se obtendrá de campo. Esto promoverá la generación de las pérdidas de tiempo y costos que se dan en la construcción de gran escala. Se abordará también formatos con programaciones diaria y semanales.

## **Objetivos de la experiencia de suficiencia profesional**

### **Elaboración de Valorizaciones Mensuales**

- Se realizó las valorizaciones mensuales que reflejen de manera precisa los avances físicos y financieros del proyecto.
- Garantizar que estas valorizaciones incluyan evidencia verificable, como reportes técnicos y registros fotográficos, para su presentación y aprobación ante los supervisores y entidades responsables.
- Asegurar que las valorizaciones sean una herramienta clave para el monitoreo del presupuesto y el cumplimiento de las metas financieras del proyecto.
- Elaboración del Informe Técnico Final
- Desarrollar un informe técnico que documente exhaustivamente todas las actividades realizadas, resultados obtenidos, observaciones detectadas y soluciones implementadas.
- Este informe debe incluir pruebas funcionales realizadas, cálculos técnicos, registros de metrados, y una evaluación del impacto social y técnico del proyecto.

- Presentar el informe de manera profesional, cumpliendo con los estándares establecidos por la entidad supervisora y destacando la contribución del proyecto al desarrollo sostenible de los centros poblados.
- Coordinación entre las Diferentes Áreas Técnicas
- Actuar como enlace entre los equipos técnicos, administrativos y operativos, asegurando la alineación de las actividades con el cronograma establecido.
- Coordinar reuniones técnicas regulares para garantizar que los objetivos específicos de cada área estén integrados en una visión común del proyecto.
- Resolver problemas logísticos, técnicos o operativos en tiempo real, optimizando la asignación de recursos y asegurando la continuidad del proyecto sin interrupciones significativas.

La experiencia como Asistentes Técnicos en el proyecto “Ampliación y mejoramiento del servicio de agua potable y saneamiento de los CP Malcas, San Martín e Iscocucho, 2024” se centró en garantizar que las actividades técnicas se ejecutaran conforme a las normativas y especificaciones establecidas, contribuyendo al cumplimiento de los objetivos técnicos, económicos y sociales del proyecto. Durante las cinco valorizaciones realizadas, se adquirieron y aplicaron conocimientos relacionados con la supervisión técnica, la elaboración de valorizaciones, el levantamiento de observaciones, y la coordinación entre las áreas operativas y administrativas.

Supervisión Técnica y Control de Calidad: Inspección de actividades en campo: Durante cada periodo de valorización, se supervisaron tareas críticas como la instalación de redes de agua potable, excavaciones, compactación y construcción de cámaras de distribución.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### Contextualización del proyecto.

El proyecto se desarrolla la provincia de Lima, región Lima la empresa debió considerar la instalación de iluminación provisional en las áreas donde se desarrollen las labores, en caso de que sea necesario. El cliente proporcionará un punto de suministro eléctrico de 380v/220v; si se requiere un voltaje o frecuencia diferente, será responsabilidad de la empresa proveerlo.

Asimismo, será indispensable que el postor disponga de los recursos necesarios para vigías, señalización y comunicación que garanticen el correcto funcionamiento y la seguridad en la operación de equipos de maquinaria pesada, así como la adecuada interacción entre operadores y equipos. Las actividades del proyecto deberán llevarse a cabo bajo la supervisión de un encargado de campo y un supervisor de seguridad.

### Contexto Social y Técnico

Todos los trabajos deben realizarse considerando las buenas prácticas respetando la normativa vigente nacional e internacional aplicable a la especialidad:

Reglamento Nacional de Edificaciones.

- R.N.E. Norma E090 “Estructuras Metálicas. (Reglamento Nacional de Edificaciones - LICENCIA DE EDIFICACIÓN, 2016)
- AWS-D1.1-2015 Structural Welding Code – Steel. (AWS D1.1/D1.1M: An American National Standard, 2015)
- ASTM-A36/A36M Carbon Structural Steel. (Libro Anual de Normas ASTM, Volumen

14.0, 2025)

- ASTM-A325 Standard Specification for Structural Bolts (Idem)
- ASTM-A307 Standard Specification for High-Strength Bolts for Structural Steel Joints. (Idem)
- ASTM-A500 Standard Specification for ColdFormed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes. (Idem)
  - SSPC-PA1 Mantenimiento de Pintado de Acero en Taller y Obra. (Idem)
  - SSPC-PA2 Medición de espesores de película seca. (Idem)
  - SSPC-SP 6 Limpieza con chorro abrasivo grado comercial. (Libro Anual de Normas ASTM, Volumen 14.0, 2025)
- Consecuentemente, se garantizó el cumplimiento con la normativa y legislación del Estado actual concerniente a la seguridad en general y parámetros ambientales.
  - Ley 29783 Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo. (El Peruano, 2011)
  - DS 005-2012-TR Que reglamenta la Ley 29783 Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo RM 050-2013-TR (El Peruano, 2022)
- Ley 27314 Ley General de Residuos Sólidos, Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278 - Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, aprobada mediante Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM. (SENACE, 2000)
  - DS 057-2004-PCM Que Reglamenta la Ley 27314 (PCM, 2004)
- Decreto Supremo 003-2013: Reglamento que regula la gestión y manejo de residuos generados por actividades de construcción y demolición. (Ministerio de Justicia, 2013)
- Normativa legal vigente para la pandemia por COVID-19: Disposiciones legales emitidas por las autoridades nacionales, regionales y locales con el propósito de mitigar

los efectos ocasionados por la pandemia de COVID-19. (MINSA, 2024)

- Reglamento de la Ley General de Inspección del Trabajo: Aprobado mediante el Decreto Supremo N° 019-2006-TR y actualizado por el Decreto Supremo N° 008-2020-TR, establece las directrices para la supervisión y cumplimiento de las normas laborales. (Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, 2020)

### **Consideraciones de personal**

- Ingeniero de Oficina técnica.
- Asistente de Producción (Ingeniero de preferencia)
- Asistente de Calidad
- Modelador BIM
- Metrador BIM
- Prevencionista SSOMA (monitor)
- Administrador/a
- 2 vigilante las 24 horas (para oficinas, almacenes y obra)
- Almacenero
- Técnico de instalaciones por especialidad de cada red
- Topógrafo nivelador con experiencia en trabajos relacionados en estructuras metálicas (incluir en el costo directo)
- Ayudante de topografía experiencia en estructuras metálicas (incluir en el costo directo)
- Maestro de Montaje (incluir en el costo indirecto).
- Enfermera

## **Rol de la Asistencia Técnica**

La asistencia técnica es clave para asegurar que el proyecto cumpla con los estándares técnicos y normativos establecidos, destacándose las siguientes actividades:

- Elaboración de valorizaciones mensuales: Documentar los avances físicos y económicos del proyecto, asegurando la correcta administración financiera, en el
- Elaboración de informes técnicos: Registrar y analizar las actividades realizadas, identificando observaciones técnicas y proponiendo soluciones efectivas.
- Coordinación entre áreas técnicas: Integrar los esfuerzos de diferentes equipos para garantizar la ejecución eficiente del proyecto.

## **Impacto Esperado del Proyecto**

La adopción de Lean Construction y herramientas de calidad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas responde a la necesidad de optimizar los recursos y reducir los desperdicios en el sector de la construcción.

Tradicionalmente, este sector ha enfrentado desafíos relacionados con la sobreproducción, tiempos de espera innecesarios, y uso ineficiente de materiales y mano de obra. La metodología Lean, con su enfoque en la mejora continua y la eliminación de actividades que no agregan valor, ofrece una solución práctica a estos problemas. Además, la implementación de herramientas de calidad asegura que los proyectos no solo sean eficientes en términos de tiempo y costo, sino también en cumplimiento de los estándares de seguridad y funcionalidad requeridos en estructuras críticas, como es el caso de las infraestructuras en ingeniería civil. Asimismo, el propósito de integrar Lean

Construction y herramientas de calidad en la construcción de estructuras metálicas es doble. Primero, para incrementar la eficiencia operativa, reduciendo los plazos de ejecución y optimizando los costos. Esto se traduce en una gestión más efectiva del proyecto, capaz de responder de manera ágil a los desafíos que surgen durante la construcción. Segundo, para mejorar la calidad del producto final, asegurando que las estructuras metálicas sean duraderas, seguras y funcionales. Esta mejora en la calidad no solo beneficia al cliente o al usuario final del edificio, sino que también contribuye a elevar los estándares generales de la industria de la construcción.

En un sentido social, la implementación de estas metodologías y herramientas beneficia a una amplia gama de stakeholders. Los beneficios directos se perciben por parte de los constructores y desarrolladores, quienes experimentan una reducción en los costos y tiempos de construcción, así como una mejora en la gestión del riesgo del proyecto. Los usuarios finales, en este caso pacientes y personal del Hospital de Apoyo Recuay, se benefician de instalaciones construidas con mayor rapidez y a un costo optimizado, sin comprometer la seguridad o funcionalidad. Además, hay un impacto social más amplio: la mejora en la eficiencia y calidad en proyectos de construcción de infraestructura crítica contribuye al desarrollo socioeconómico de la comunidad y la región, promoviendo un entorno construido más seguro y sostenible.

### **Implementación carta balance:**

Con la fecha en obra, se tomó en consideración una muestra de 40 mediciones establecidas dentro de los parámetros de fabricación y montaje de las estructuras metálicas. Estas muestras consolidaron las diferentes actividades que los trabajadores realizan durante la partida de fabricación y montaje. Por lo cual la carta balance se distribuye en dos partidas fabricación y

montaje.

## Carta balance para la partida de fabricación de estructuras metálicas

Tabla 4

Carta balance partida de fabricación de estructuras metálicas

Medición	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	TM	AHP	AHP	DDP	TM	ANP	AHP
2	TM	LCD	LCD	LCD	ANP	DDP	AHP
3	AHP	CP	ANP	LCD	CP	DDP	CP
4	TM	AHP	LCD	LCD	CP	CP	LCD
5	ANP	ANP	CP	TM	CP	TM	CP
6	DDP	DDP	CP	ANP	TM	DDP	TM
7	AHP	LCD	ANP	ANP	AHP	ANP	LCD
8	DDP	LCD	AHP	LCD	LCD	DDP	DDP
9	LCD	LCD	AHP	TM	LCD	TM	ANP
10	AHP	DDP	TM	TM	ANP	ANP	LCD
11	LCD	ANP	ANP	AHP	CP	TM	ANP
12	DDP	TM	ANP	ANP	AHP	CP	CP
13	AHP	DDP	CP	DDP	TM	TM	CP
14	CP	TM	LCD	TM	CP	TM	CP
15	LCD	AHP	ANP	CP	DDP	CP	TM
16	DDP	DDP	ANP	CP	AHP	DDP	DDP
17	AHP	DDP	TM	AHP	TM	CP	LCD
18	LCD	LCD	CP	CP	LCD	TM	DDP
19	DDP	LCD	AHP	AHP	DDP	ANP	TM
20	TM	TM	ANP	AHP	LCD	AHP	TM
21	LCD	AHP	TM	DDP	DDP	AHP	LCD
22	ANP	AHP	LCD	CP	TM	CP	AHP
23	DDP	TM	AHP	ANP	AHP	ANP	DDP
24	LCD	ANP	CP	LCD	CP	CP	CP
25	CP	ANP	CP	TM	ANP	DDP	ANP
26	AHP	DDP	CP	CP	AHP	LCD	CP
27	DDP	DDP	DDP	ANP	ANP	DDP	ANP
28	LCD	ANP	TM	LCD	ANP	TM	LCD
29	TM	ANP	ANP	ANP	CP	TM	CP
30	DDP	ANP	DDP	LCD	CP	TM	AHP
31	ANP	DDP	DDP	DDP	CP	CP	AHP
32	LCD	CP	TM	TM	DDP	ANP	DDP
33	TM	TM	TM	DDP	AHP	ANP	AHP
34	AHP	ANP	TM	TM	DDP	DDP	AHP

35	ANP	ANP	CP	CP	AHP	DDP	TM
36	LCD	TM	AHP	ANP	CP	DDP	ANP
37	DDP	DDP	AHP	CP	CP	LCD	TM
38	ANP	LCD	LCD	ANP	LCD	CP	DDP
39	TM	LCD	TM	DDP	TM	DDP	TM
40	CP	LCD	TM	TM	ANP	TM	LCD

### Siglas Utilizadas:

CP (Corte de Piezas): Esta actividad se refiere al proceso en el que las piezas metálicas son cortadas a las dimensiones y formas necesarias para su posterior ensamblaje. Es una parte fundamental del proceso de fabricación, ya que un corte preciso garantiza un ajuste correcto durante el montaje.

ANP (Ajuste No Productivo): Este término describe las actividades relacionadas con ajustes necesarios que no agregan valor directo al producto final, como la corrección de errores previos o la adaptación de piezas que no encajan correctamente debido a problemas en la fase de corte o diseño.

AHP (Ajuste de Herramientas/Productivo): Se refiere a las actividades de ajuste y calibración de las herramientas utilizadas durante el proceso de fabricación. A diferencia del ANP, este ajuste es esencial y contribuye a la calidad del producto final, asegurando que las herramientas estén en condiciones óptimas para realizar cortes y ensamblajes precisos.

TM (Montaje de Estructuras): En este contexto, el TM se refiere al ensamblaje preliminar de las piezas cortadas. Este es un trabajo productivo crucial, ya que se trata del paso donde las piezas individuales se unen para formar subensamblajes más grandes o la estructura completa.

DDP (Desperdicio de Piezas): Este término cubre las actividades relacionadas con la gestión y eliminación de piezas que no cumplen con las especificaciones debido a errores de fabricación. Este trabajo es considerado no productivo, ya que representa un costo adicional sin agregar valor.

LCD (Limpieza de Componentes): Limpieza de las piezas y componentes metálicos antes de su ensamblaje final. Esta actividad es contributiva porque asegura que las piezas estén libres de contaminantes que podrían afectar la calidad del ensamblaje o el acabado final.

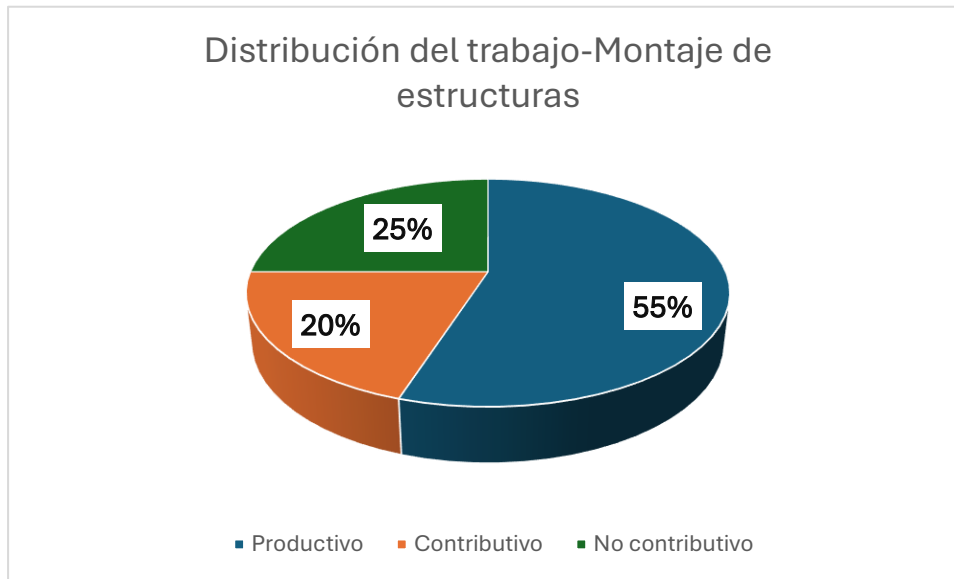
### **Interpretación:**

La carta balance de fabricación revela cómo se distribuyen las actividades entre productivas, contributivas y no productivas. En general, la actividad de TM (Montaje de Estructuras) debería representar un porcentaje significativo de trabajo productivo, ya que es esencial para el progreso del proyecto. Sin embargo, la presencia de actividades como ANP (Ajuste No Productivo) y DDP (Desperdicio de Piezas) indica áreas donde hay ineficiencias y desperdicios que podrían reducirse para mejorar la productividad general.

El CP (Corte de Piezas) y AHP (Ajuste de Herramientas/Productivo), aunque son necesarios, deben gestionarse de manera que minimicen el tiempo dedicado sin comprometer la calidad. El LCD (Limpieza de Componentes), aunque contributivo, también debe optimizarse para evitar que ocupe demasiado tiempo.

**Figura 11**

*Distribución del trabajo en general de fabricación*



**Descripción:**

Trabajo Productivo (azul, 55%): Este segmento representa las actividades que directamente añaden valor al proceso de fabricación. En este caso, el trabajo productivo en la fabricación de estructuras metálicas incluye tareas como el montaje de las piezas cortadas y el uso adecuado de las herramientas para ensamblar la estructura.

Trabajo Contributivo (Naranja, 20%): Este segmento es mayoritario en el proceso de fabricación y corresponde a actividades que son necesarias para el proceso pero que no agregan valor directo al producto final. Ejemplos incluyen la limpieza de componentes y el ajuste de herramientas. Si bien estas actividades son necesarias, ocupan una cantidad significativa de tiempo que podría optimizarse

Trabajo No Contributivo (verde, 25%): Este segmento cubre actividades que no aportan

valor al proceso y que podrían eliminarse o reducirse. En la fabricación de estructuras metálicas, esto incluye el tiempo dedicado a ajustar errores o corregir desperdicios de piezas. La presencia de un 25% de trabajo no contributivo sugiere que hay espacio para mejorar la eficiencia del proceso.

### Interpretación

El gráfico muestra que la fabricación de estructuras metálicas tiene un balance relativamente bueno entre actividades productivas y contributivas, aunque el trabajo contributivo ocupa un porcentaje significativo del tiempo total. Esto sugiere que, si se puede optimizar el trabajo contributivo, como la limpieza y los ajustes de herramientas, se podría liberar más tiempo para actividades productivas, aumentando así la eficiencia global. El 25% de trabajo no contributivo indica la necesidad de revisar y mejorar los procedimientos para minimizar actividades que no agregan valor.

### Carta balance para la partida de montaje de estructuras metálicas

*Tabla 5*

*Carta balance partida de montaje de estructuras metálicas*

Medición	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	UC	SH	THE	TR	DH	THE	THE
2	TR	DH	RI	DI	TR	DI	TR
3	E	THE	TR	DI	DH	THE	TR
4	DH	RI	SH	TR	RI	DI	UC
5	RI	SH	RI	UC	TR	RI	TR
6	DI	SH	UC	RI	E	E	SH
7	RI	DH	SH	RI	DI	UC	DH
8	UC	E	DI	TR	RI	DI	E

9	DI	DH	DH	SH	E	DI	DI
10	TR	DH	DH	THE	UC	SH	E
11	DI	THE	THE	DI	TR	UC	E
12	DH	DH	UC	UC	DH	E	RI
13	DH	UC	TR	DI	E	SH	RI
14	RI	DI	DI	SH	DH	UC	TR
15	DH	SH	E	UC	DI	SH	DH
16	UC	DI	RI	SH	THE	RI	THE
17	DI	THE	TR	UC	DI	THE	DI
18	TR	THE	THE	RI	THE	UC	THE
19	DI	E	TR	SH	DH	UC	TR
20	TR	THE	DH	SH	DH	SH	TR
21	DH	DI	SH	SH	DH	UC	TR
22	UC	UC	RI	SH	DH	UC	UC
23	TR	E	RI	TR	UC	TR	DI
24	THE	DH	RI	UC	UC	UC	DH
25	THE	RI	DH	E	UC	E	RI
26	UC	DH	SH	DI	DI	TR	DH
27	DH	DH	THE	E	UC	UC	E
28	TR	DI	TR	DI	DI	RI	TR
29	RI	TR	UC	DH	DI	UC	DI
30	SH	RI	UC	E	DH	THE	TR
31	UC	THE	SH	DI	RI	E	THE
32	RI	DI	RI	DH	RI	E	UC
33	TR	DH	THE	SH	E	RI	RI
34	UC	SH	DH	DH	DH	THE	DI
35	TR	E	SH	RI	DH	DI	TR
36	SH	RI	DH	THE	SH	DH	RI
37	DI	SH	E	TR	THE	SH	UC
38	SH	UC	THE	UC	DI	TR	RI
39	E	DI	RI	DH	UC	TR	DI
40	SH	DI	RI	E	SH	THE	DI

**Siglas Utilizadas:**

THE (Trabajo en Herramientas Eléctricas): Esta actividad incluye el uso de herramientas eléctricas para ensamblar, ajustar o reparar componentes metálicos durante el montaje. Es una tarea productiva cuando se realiza correctamente, pero puede volverse no productiva si las

herramientas no están en buen estado o si se usan incorrectamente.

RI (Reparación de Instalaciones): Se refiere a las actividades de reparación necesarias en las instalaciones del sitio de montaje. Aunque son necesarias, estas actividades son consideradas contributivas, ya que no agregan valor directo al producto final, pero son esenciales para mantener el proceso en funcionamiento.

DI (Desplazamiento Innecesario): Esta categoría cubre el tiempo perdido debido a movimientos innecesarios dentro del lugar de trabajo. Es un claro ejemplo de trabajo no productivo que debe ser minimizado a través de una mejor planificación y organización del sitio.

TR (Transporte de Residuos): Se refiere a las actividades de transporte de residuos y materiales descartados del sitio de montaje. Similar a RI, es contributivo, pero no agrega valor directo, y debe ser gestionado eficientemente para reducir el tiempo perdido.

SH (Supervisión de Herramientas): Involucra la verificación y supervisión del uso correcto de herramientas en el lugar de trabajo. Este es un trabajo contributivo que asegura que las herramientas estén en buen estado y se usen adecuadamente, evitando problemas que podrían surgir durante el montaje.

UC (Uso de Celular): El tiempo empleado en el uso de celulares para llamadas personales o actividades no relacionadas con el trabajo es clasificado como no productivo. Este uso debe ser minimizado para evitar distracciones y pérdidas de tiempo.

DH (Descanso Hábil): Esta actividad incluye las pausas y descansos necesarios para los trabajadores. Aunque los descansos son importantes, representan tiempo no productivo y deben

gestionarse adecuadamente para maximizar el tiempo efectivo de trabajo.

E (Espera Innecesaria): Tiempo perdido debido a esperas innecesarias, como la espera de materiales, instrucciones o herramientas. Es un claro ejemplo de trabajo no productivo y una señal de ineficiencia en la planificación y coordinación.

### **Interpretación:**

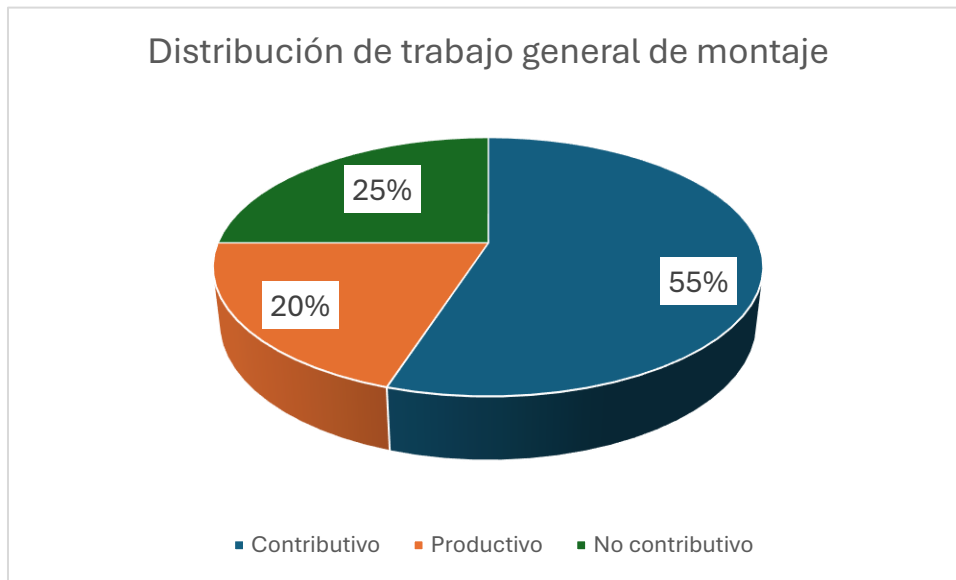
La carta balance para el montaje de estructuras muestra que hay una cantidad significativa de tiempo dedicado a actividades no productivas como DI (Desplazamiento Innecesario) y E (Espera Innecesaria). Estas actividades representan pérdidas de tiempo que podrían reducirse con una mejor organización del sitio y una coordinación más eficiente entre los equipos.

El THE (Trabajo en Herramientas Eléctricas) debería ser la actividad productiva predominante, ya que es esencial para la correcta instalación de las estructuras. Sin embargo, si hay un alto porcentaje de RI (Reparación de Instalaciones) o SH (Supervisión de Herramientas), esto podría indicar que hay problemas con las herramientas o instalaciones que necesitan ser abordados para evitar retrasos.

El UC (Uso de Celular) y DH (Descanso Hábil), aunque son necesarias en cierta medida, deben ser monitoreados para asegurarse de que no interfieran significativamente con la productividad general.

**Figura 12**

*Distribución del trabajo general de montaje*



**Descripción:**

Trabajo Productivo (naranja, 20%): Este segmento representa las actividades directamente relacionadas con el montaje efectivo de las estructuras metálicas, como la instalación de componentes y el uso de herramientas eléctricas de manera efectiva. Un porcentaje más bajo aquí sugiere que las actividades productivas están siendo superadas por otras tareas que no agregan tanto valor directo.

Trabajo Contributivo (azul, 55%): Este es el segmento más grande en el montaje de estructuras, e incluye actividades como la supervisión de herramientas, reparaciones y manejo de residuos. Aunque estas actividades son necesarias, su alto porcentaje sugiere que están consumiendo demasiado tiempo que podría ser mejor invertido en trabajo productivo.

Trabajo No Contributivo (verde, 25%): Similar al gráfico de fabricación, este segmento indica la cantidad de tiempo perdido en actividades que no contribuyen al progreso del montaje, como el desplazamiento innecesario, el uso de celulares, y las esperas innecesarias. Un cuarto del tiempo total dedicado a actividades no productivas indica ineficiencias significativas que deben abordarse.

### **Interpretación**

El gráfico del montaje de estructuras muestra un equilibrio menos favorable que el de fabricación, con solo un 20% de trabajo productivo. El alto porcentaje de trabajo contributivo sugiere que las actividades de soporte y mantenimiento, aunque necesarias, están tomando demasiado tiempo. El 25% de trabajo no contributivo refuerza la idea de que existen oportunidades para mejorar la organización y la planificación en el sitio, reduciendo así el tiempo perdido en actividades como esperas y desplazamientos innecesarios.

### **Implementación del análisis de restricciones**

El análisis de restricciones para la Fabricación de Estructuras Metálicas revela varios puntos críticos en el proceso, principalmente relacionados con las actividades de Corte de Piezas, Montaje Preliminar, e Inspección de Calidad. Las restricciones observadas en estos procesos, como problemas en el ajuste de herramientas y la coordinación del montaje, sugieren que existen cuellos de botella que afectan el flujo de trabajo. Las restricciones en la Limpieza de Componentes y la Soldadura Inicial indican que las actividades previas no están siendo completadas en tiempo y forma, lo que genera retrasos acumulativos en las fases posteriores. Estos retrasos podrían ser el resultado de una planificación deficiente o de problemas en la cadena de suministro, lo cual se traduce en una menor eficiencia global del proceso de

fabricación.

Además, las restricciones identificadas en el Corte de Piezas y Ajuste de Herramientas apuntan a la necesidad de revisar y optimizar estas actividades para evitar que se conviertan en cuellos de botella. Es crucial que estas fases iniciales del proceso de fabricación se ejecuten sin interrupciones, ya que cualquier restricción en estas áreas puede tener un efecto dominó que impacte negativamente en las etapas posteriores del montaje. Para mejorar la productividad, sería beneficioso implementar controles más estrictos en la planificación de recursos y en la gestión de inventarios, asegurando que todas las herramientas y materiales necesarios estén disponibles cuando se requieran, minimizando así las interrupciones y optimizando el flujo de trabajo.

Por su parte, el análisis de restricciones para el Montaje de Estructuras Metálicas destaca varias áreas donde las restricciones están afectando significativamente la eficiencia del proyecto. Las actividades de Transporte de Materiales y Montaje de Componentes parecen estar particularmente afectadas, lo que sugiere problemas en la logística y en la coordinación de la entrega de materiales al sitio de trabajo. Estas restricciones pueden generar retrasos importantes, ya que el montaje no puede proceder si los materiales no están disponibles en el momento adecuado. Además, las restricciones en la Soldadura de Unión y Inspección Final indican posibles problemas en la calidad de las conexiones y en la verificación de la estructura montada, lo que podría llevar a retrabajos y, por ende, a más demoras en el cronograma.

Asimismo, el análisis muestra que las restricciones durante el Ajuste Final y la Aplicación de Recubrimientos son indicativos de posibles ineficiencias en la etapa de

acabado del montaje. Estos cuellos de botella pueden ser resultado de una mala planificación o de la falta de coordinación entre los equipos de trabajo. Para mitigar estos problemas, es esencial mejorar la planificación logística y asegurar que todos los materiales y equipos estén disponibles cuando se necesiten, además de establecer una comunicación efectiva entre los diferentes equipos involucrados en el montaje. Esto no solo ayudará a reducir las restricciones actuales, sino que también contribuirá a prevenir futuras interrupciones y a mejorar la eficiencia general del proyecto.

**Tabla 6**

*Análisis de restricciones partida de fabricación*

ITE M	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	06 May 2024	13 May 2024	20 May 2024	27 May 2024	03 Jun 2024	10 Jun 2024	17 Jun 2024	24 Jun 2024	01 Jul 2024	08 Jul 2024	15 Jul 2024	22 Jul 2024	29 Jul 2024	05 Aug 2024	12 Aug 2024	19 Aug 2024	26 Aug 2024
1	Corte de Piezas	Restricción Corte de Piezas																	
2	Ajuste de Herramientas	Restricción Ajuste de Herramientas																	
3	Montaje Preliminar	Restricción Montaje Preliminar																	
4	Soldadura Inicial	Restricción Soldadura Inicial																	
5	Limpieza de Componentes	Restricción Limpieza de Componentes																	
6	Inspección de Calidad	Restricción Inspección de Calidad																	

**Tabla 7**
*Análisis de restricciones partida de montaje*

ITE M	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	06 May 2024	13 May 2024	20 May 2024	27 May 2024	03 Jun 2024	10 Jun 2024	17 Jun 2024	24 Jun 2024	01 Jul 2024	08 Jul 2024	15 Jul 2024	22 Jul 2024	29 Jul 2024	05 Aug 2024	12 Aug 2024	19 Aug 2024	26 Aug 2024
1	Transporte de Materiales	Restricción Transporte de Materiales																	
2	Montaje de Componentes	Restricción Montaje de Componentes																	
3	Ajuste Final	Restricción Ajuste Final																	
4	Soldadura de Unión	Restricción Soldadura de Unión																	
5	Inspección Final	Restricción Inspección Final																	
6	Aplicación de Recubrimientos	Restricción Aplicación de Recubrimientos																	

### **Implementación del diagrama Ishikawa**

Mediante un análisis realizado en campo se determinó el problema principal que afecta la productividad de la obra, analizando y definiendo el obstáculo de manera objetiva, y de forma secuencial se determinó el efecto que genera este problema y las posibles causas que fueron planteados bajo la estructura de las seis M.

El gráfico presentado es un diagrama de Ishikawa, que ilustra las causas que contribuyen a la baja productividad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas en un entorno de obra. Este diagrama se utiliza para desglosar y analizar los diversos factores que están afectando el rendimiento general de la obra.

En la obra, se ha identificado un problema central: la falta de una metodología adecuada que ayude a mejorar la productividad. Esta carencia impacta significativamente en la eficiencia de las operaciones, resultando en retrasos, retrabajos y un uso ineficiente de los recursos. A partir de este problema, el diagrama de Ishikawa descompone las posibles causas en varias categorías clave: Hombre, Máquinas, Materiales, Método, Medida y Entorno.

En la categoría de Hombre, la situación en la obra revela que hay poco personal calificado disponible, lo que afecta la calidad del trabajo realizado y lleva a un bajo rendimiento del personal. Además, la falta de formatos no realizados sugiere que hay una deficiencia en el seguimiento y control de las actividades en la obra, lo que contribuye a la ineficiencia.

Bajo la categoría de Máquinas, se observan problemas relacionados con el mantenimiento deficiente de las máquinas y el uso de herramientas en mal estado. En la obra, esto se traduce en fallos mecánicos frecuentes que causan interrupciones en el trabajo, obligando a paradas no planificadas que retrasan el cronograma.

En cuanto a Materiales, la obra enfrenta desafíos como la falta de stock en el almacén y problemas con la procura de compras, lo que significa que los materiales necesarios no están disponibles cuando se requieren, causando demoras en las tareas programadas.

La categoría de Método resalta el desorden de cuadrillas en la obra, lo que indica que no hay un método de trabajo estandarizado. Esto genera confusión y desorganización, resultando en un uso ineficaz del tiempo y los recursos disponibles.

En la categoría de Medida, la falta de control sobre los tiempos de trabajo significa que los trabajadores no están siendo monitoreados adecuadamente, lo que puede llevar a una subutilización del tiempo y a un rendimiento por debajo de lo esperado.

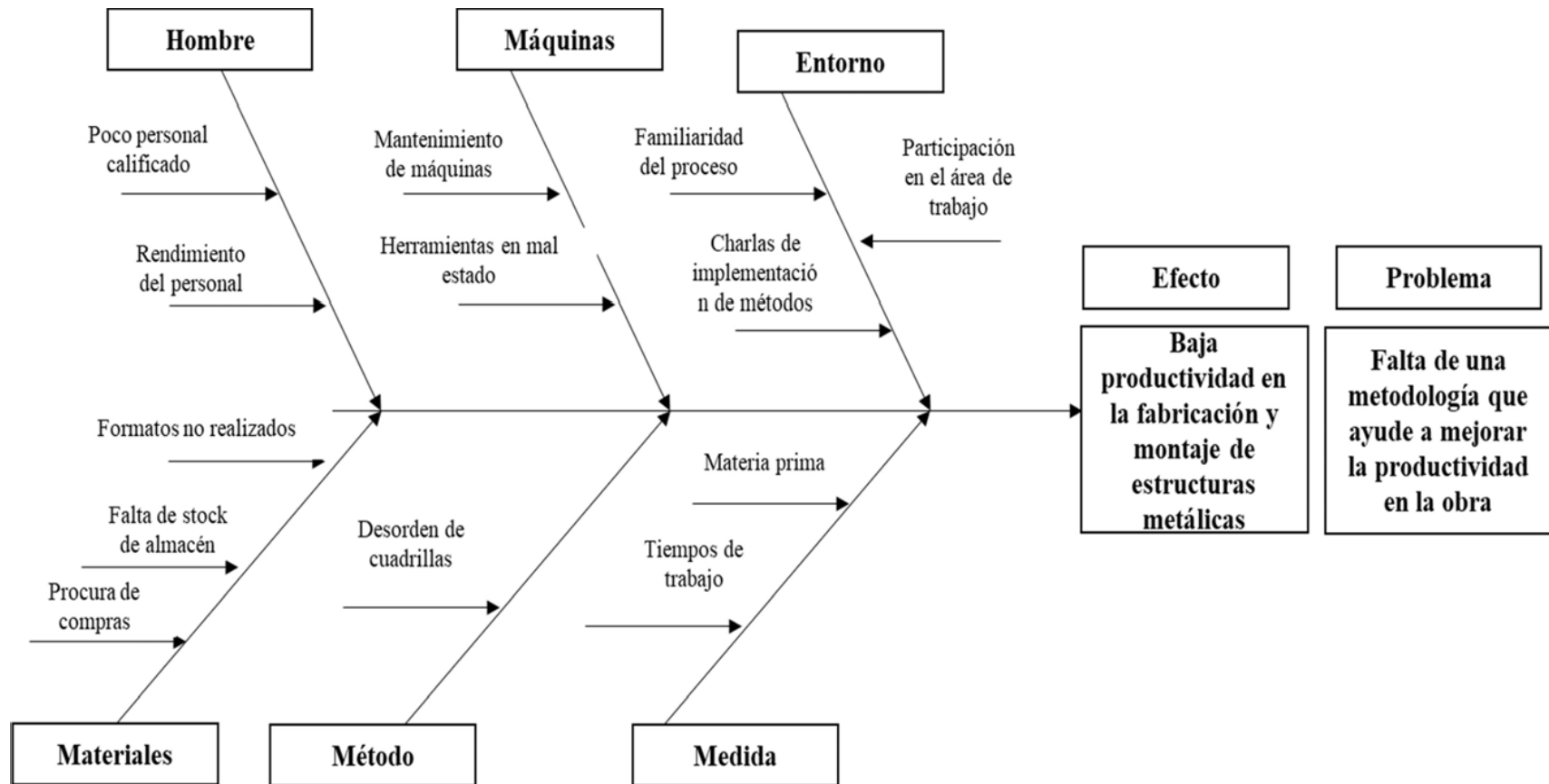
Finalmente, en la categoría de Entorno, la obra enfrenta desafíos relacionados con la familiaridad del proceso entre los trabajadores, la participación en el área de trabajo, y la falta de charlas de implementación de métodos. Esto sugiere que los trabajadores no están completamente alineados con los procesos establecidos, lo que afecta su capacidad para cumplir con los estándares de productividad requeridos.

En resumen, el diagrama de Ishikawa muestra que la baja productividad en la obra es el

resultado de múltiples factores interrelacionados, que abarcan desde la falta de personal calificado y problemas con las herramientas, hasta la escasez de materiales y la falta de métodos de trabajo estandarizados. Abordar estos problemas de manera integral es crucial para mejorar la eficiencia y el rendimiento en la fabricación y montaje de estructuras metálicas en la obra.

**Figura 13**

*Diagrama Ishikawa de las causas de la baja productividad*



## Implementación de LPS

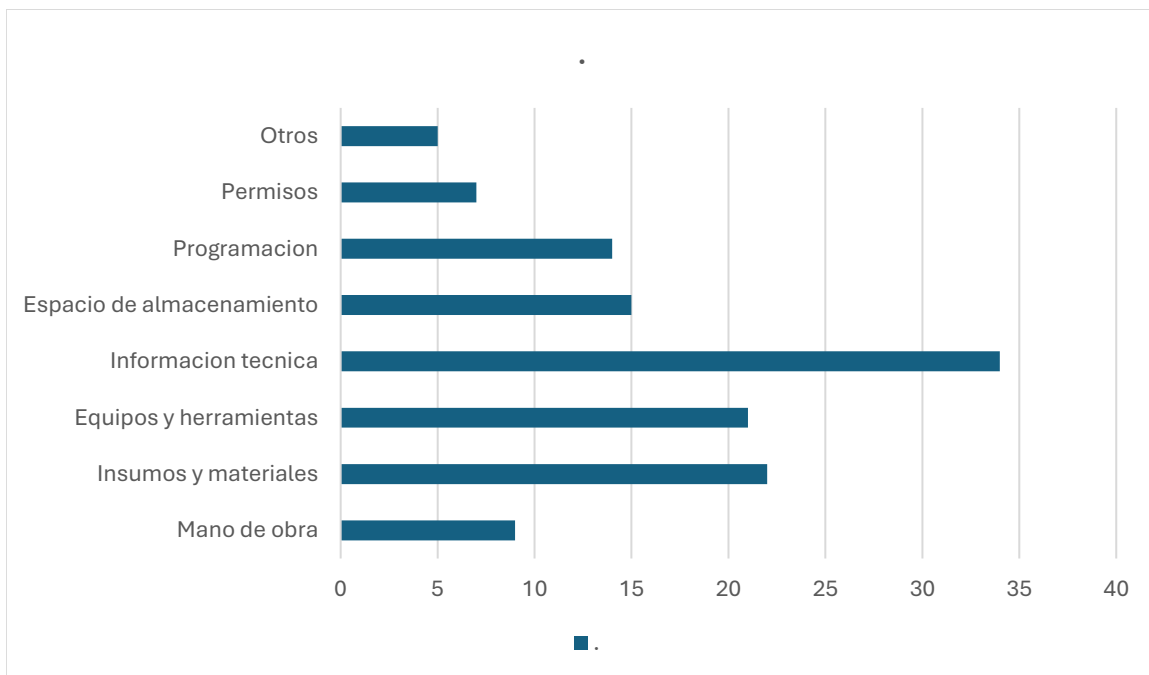
### Análisis de Restricciones del Plan Intermedio (Lookahead Planning)

Para la elaboración de la programación del plan intermedio (Lookahead Planning) se ha tenido en consideración la sectorización de la obra (5 sectores), de esta programación de 4 semanas se realiza el análisis de restricciones de cada una de las actividades a ejecutar para finalmente determinar aquellas actividades que pueden pasar al ITE (Inventario de trabajo ejecutable) y detectar aquellas actividades que necesiten liberación de restricciones.

### Análisis de restricciones de la obra en general

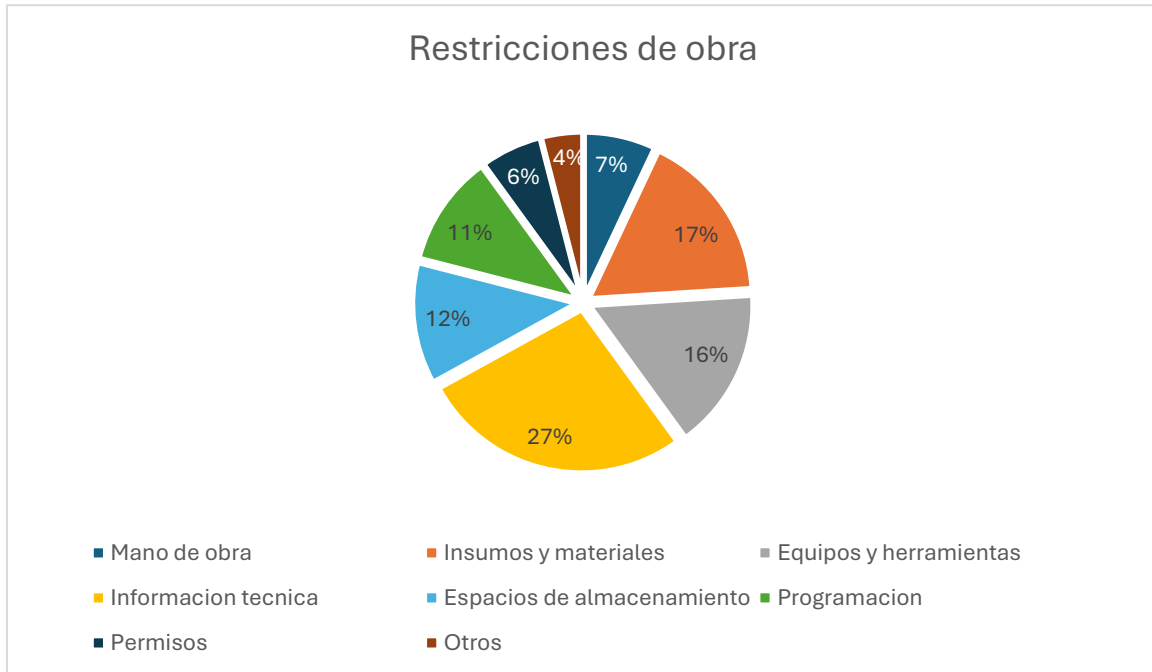
**Figura 14**

*Análisis de restricciones*



**Figura 15**

*Restricciones más incidentes de la obra en general*



De las figuras anteriores se puede observar que las principales restricciones encontradas en el proyecto son debido a la incongruencia que existe en el expediente técnico, existiendo vacíos y errores en los planos, detalles y especificaciones técnicas contenidas en el mismo, trayendo como consecuencia las incompatibilidades en diferentes puntos del proyecto. Por ello se puede observar que el 27% de las restricciones corresponden a la Información técnica, vale aclarar que esta información se extrae del look ahead de 4 semanas elaborado.

Tabla 8

Sectorización, trenes de trabajo

LOOK AHEAD (4 SEMANAS) ELEMENTOS GENERALES																
COD.	ACTIVIDAD	SEMANA 6					SEMANA 7					SEMANA 8				
		10	11	12	13	14	17	18	19	20	21	24	25	26	27	28
		L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V
001	Obras provisionales	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
002	Sistema de alcantarillado	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4
003	Planta de tratamiento de aguas residuales	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4
004	Mitigación de impactos	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3
005	Prevención y vigilancia	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2
005	Servicio de saneamientos	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1
006	Demolición	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
008	ESTRUCTURAS Y ARMADO	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
	CANTIDAD EN ESTRUCTURAS	7.46	5.77	7.11	8.21	11.29	11.29	10.65	10.65	10.65	8.75	8.75	8.75	8.75	10.65	8.75
	CONCRETO MURO PANTALLA	10.98	10.92	10.22	11.98	12.98	6.30	12.00	13.77	9.47	9.47	11.69	11.69	11.69	9.87	9.87
	SUB TOTAL DE CONCRETO POR	18 m3	17 m3	17 m3	20 m3	24 m3	18 m3	23 m3	24 m3	20 m3	18 m3	20 m3	20m3	20 m3	21 m3	19 m3

**Tabla 9**

*Lookahead de 4 semanas*

MANO DE OBRA	MATERIALES	EQUIPOS	INFORMACIÓN	ESPACIO	PROGRAMACIÓN	PERMISOS	OTROS						
MO	MA	EQ	INF	ESP	PRO	PER	OTR	LIBERADO	DESCRIPCION	RESP.	FECHA DE LEVANTAMIENTO	FALT	EST
V	X	V	V	V	V	V	V	NO	aun no se tienen en obra los separadores de 7.5	ADM	11/07/2024	2	P
V	V	V	V	V	V	V	V	SI					
V	V	V	V	V	V	V	V	SI					
V	V	V	V	V	V	X	V	NO	pendiente certificado de garantía	ADM	07/08/2024	4	P
V	V	V	V	V	V	X	V	NO	pendiente certificado de garantía	ADM	07/08/2024	4	T
V	V	V	V	X	V	V	V	NO	Falta espacio para almacenamiento de	CAMP	10/08/2024	7	T
V	V	V	V	V	V	V	V	SI					
V	V	V	V	V	V	V	X	NO	Contratar	CAMP	13/08/2024	10	T

**Causas de no cumplimiento (CNC) y porcentaje de actividades completadas (PAC)**

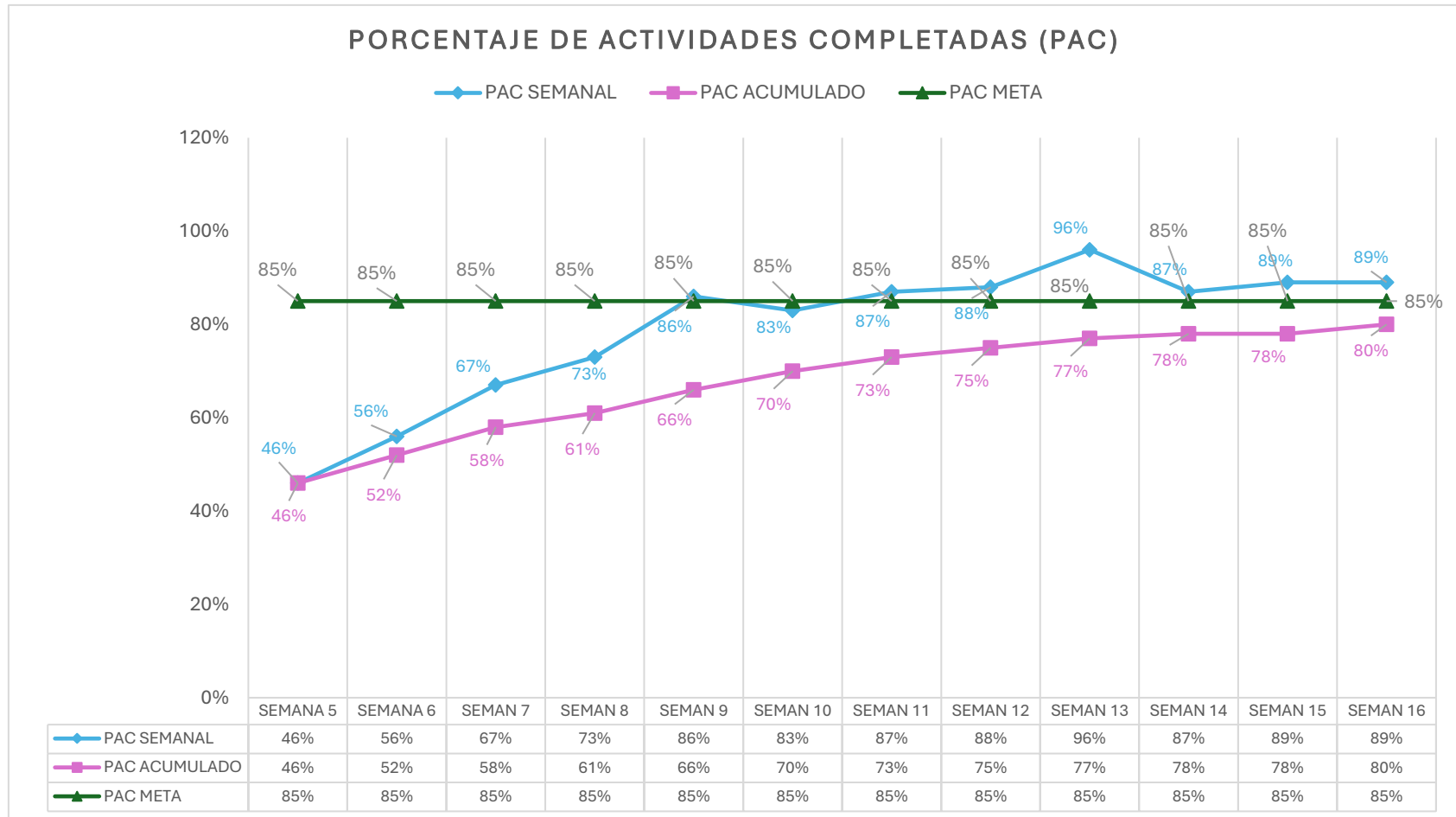
*Tabla 10*

*Causas de no cumplimiento*

	FECHA	2024								
	AUTOR									
	OBRA									
	LUGAR									
	PARTIDA	LOOK AHEAD-ANÁLISIS DE RESTRICCIONES								
	<b>CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO (CNC) – TOTAL DEL PROYECTO</b>									
	<b>TIPO DE CNC</b>									
<b>SEMANA DE TRABAJO</b>	<b>PROGRAMACIÓN</b>	<b>MANO DE OBRA</b>	<b>INSUMOS Y MATERIALES</b>	<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>	<b>INCUMPLIMIENTO 0 DE ACTIVIDAD</b>	<b>INGENIERÍA (EXP TEC, RESIDENCIA Y</b>	<b>PROCESOS CONSTRUCTIVOS</b>	<b>FACTORES EXTERNOS</b>	<b>PROBLEMAS INTERNOS DE LA EMPRESA</b>	<b>SUBCONTRATOS</b>
SEMANA 5	0	2	5	2	8	3	0	12	1	2
SEMANA 6	2	1	4	7	5	5	1	7	2	1
SEMANA 7	1	0	2	3	5	4	2	3	1	2
SEMANA 8	0	0	3	2	3	1	5	5	2	1
SEMANA 9	2	1	1	0	4	0	4	1	2	3
SEMANA 10	1	2	0	1	2	2	3	0	5	1
SEMANA 11	2	1	3	2	3	1	2	0	1	2
SEMANA 12	1	0	2	3	1	2	1	0	1	1
SEMANA 13	1	0	1	1	0	1	2	2	1	2
SEMANA 14	0	2	4	2	2	0	1	1	1	1
SEMANA 15	0	1	2	0	1	2	3	3	0	1
SEMANA 16	3	0	3	0	0	3	4	1	0	0
<b>ACUMULADO</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>30</b>	<b>23</b>	<b>34</b>	<b>24</b>	<b>28</b>	<b>35</b>	<b>17</b>	<b>17</b>
<b>%</b>	<b>5.6%</b>	<b>4.3%</b>	<b>13.0%</b>	<b>10.0%</b>	<b>14.7%</b>	<b>10.4%</b>	<b>12.1%</b>	<b>15.2%</b>	<b>7.4%</b>	<b>7.4%</b>

**Figura 16**

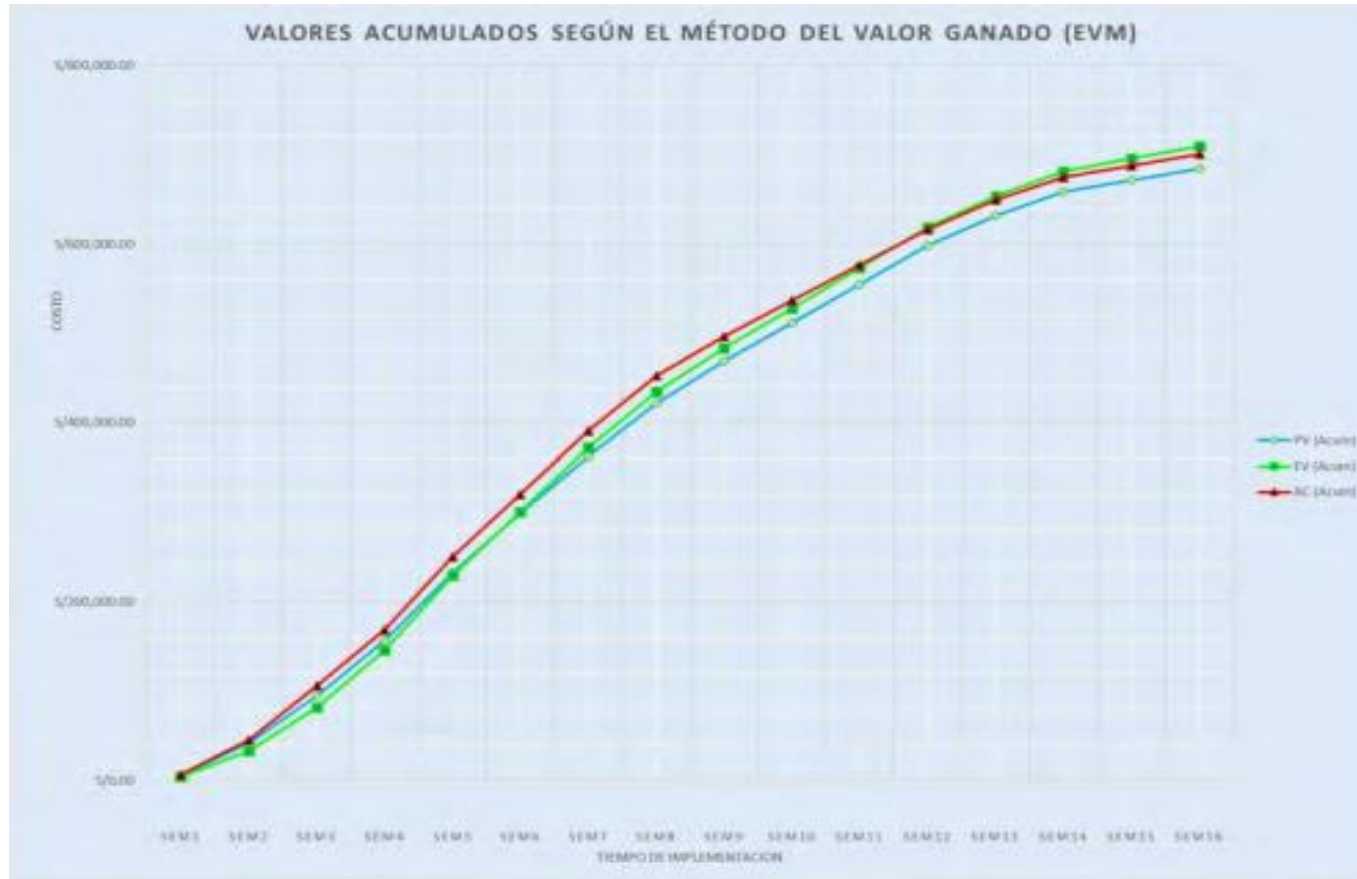
Curva de porcentaje de actividades completadas (PAC)



**Resultado de indicadores de valor ganado (EVM)**

**Figura 17**

Curva  $<S = EVM$  del proyecto en general



**Tabla 11**

*Indicadores acumulados de EVM del proyecto*

		FECHA	2024													
		AUTOR														
		OBRA														
		LUGAR														
		PARTIDA	: ANALISIS DEL VALOR GANADO													
<b>SEMANA</b>	<b>ANALISIS DE VALOR GANADO (EVM)</b>															
SEMANA	PV (Acum)	EV (Acum)	AC (Acum)	% AVANCE	cv	CPI	SV	SPI	BAC	EAC	ETC	VAC	EAC(tiempo)	TCP I	TSPI	PAC
SEM1	S/6,265.19	S/4,260.33	S/6,528.16	0.62%	-S/ 2,267.83	0.65	-S/2,004.86	0.68	S/684,753.82	S/1,049,258.37	S/678,225.66	-S/364,504.55	17 Semanas	0.65	0.65	0.45
SEM2	S/42,757.96	S/33,423.60	S/45,980.55	4.88%	-S/ 12,556.95	0.73	-S/9,334.36	0.78	S/684,753.82	S/942,009.74	S/638,773.27	-S/257,255.92	17 Semanas	0.73	0.72	0.50
SEM3	S/95,384.62	S/81,707.88	S/106,234.68	11.93%	-S/ 24,526.80	0.77	-S/13,676.74	0.86	S/684,753.82	S/890,300.92	S/578,519.14	-S/205,547.10	17 Semanas	0.77	0.76	0.45

La ejecución de la obra durante estas 3 semanas de planificación, ha tenido como resultado la valorización acumulada de las partidas críticas en análisis para la presenta investigación lo siguiente : S/ 709,703.77, incluyendo adicionales y mayores metr<sup>o</sup>ados, con un BAC de S/684,753.82, El control para la obtención de reportes de los indicadores e índices del EVM se han realizado de manera semanal por un periodo de 3 semanas, donde se hizo un corte para delimitar los tiempos para este proyecto de investigación.

La SV por su lado muestra valores negativos durante todas las semanas de investigación y por consiguiente en el acumulado, debido a que la evaluación está basada en  $EV < PV$ .

El SPI muestra los valores para cada semana, en todos los casos menores a 1, manteniéndose hasta la el final de la investigación, donde en la semana 16 se tiene un valor de  $SPI=0.97$ , de estos valores podemos concluir que la obra esta retrasada respecto del cronograma planeado, debido a que en el acumulado  $EV < PV$ .

La EAC del cuadro anterior se puede ver que las primeras 4 semanas muestran valores menores al BAC, previendo un furo desfavorable en el momento del corte. Sin embargo, en las semanas posteriores se puede verificar que los montos van cambiando decrecientemente llegando ser óptimos, menores al BAC, es decir en el acumulado estamos acorde a lo planificado llegando a la semana 16 con un valor de S/675,677.34.

La VAC al corte de la última semana 3 es de S/9,076.48, que representa la diferencia del monto total planificado al inicio BAC y el monto total en el corte de la semana 16 (BAC-EAC).

El TCPI en la semana 3 muestra un valor de un valor de 1.01, esto indica que los rendimientos en la ejecución obtenidos al momento son óptimos. El TSPI en la semana 3 muestra un valor de un valor de 2.75, indicando que estamos desfasados del cronograma planificado.

### **Análisis de Confiabilidad PAC-CPI Y PAC-SPI**

Para un análisis más certero de la confiabilidad se ha utilizado el coeficiente de correlación de Pearson que PAC-CPI y PAC-SPI de los datos obtenidos durante las 3 semanas de observación.

**Tabla 12**

*Coeficiente de correlación de Pearson PAC-CPI*

<b>PARÁMETROS DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON</b>				
<b>PARÁMETROS</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DESVIACIÓN</b>	<b>COEFICIENTE DE CORRELACIÓN</b>	
PAC	0.69	0.11	"r"	0.91
CPI	0.65	0.13	"r2"	0.98

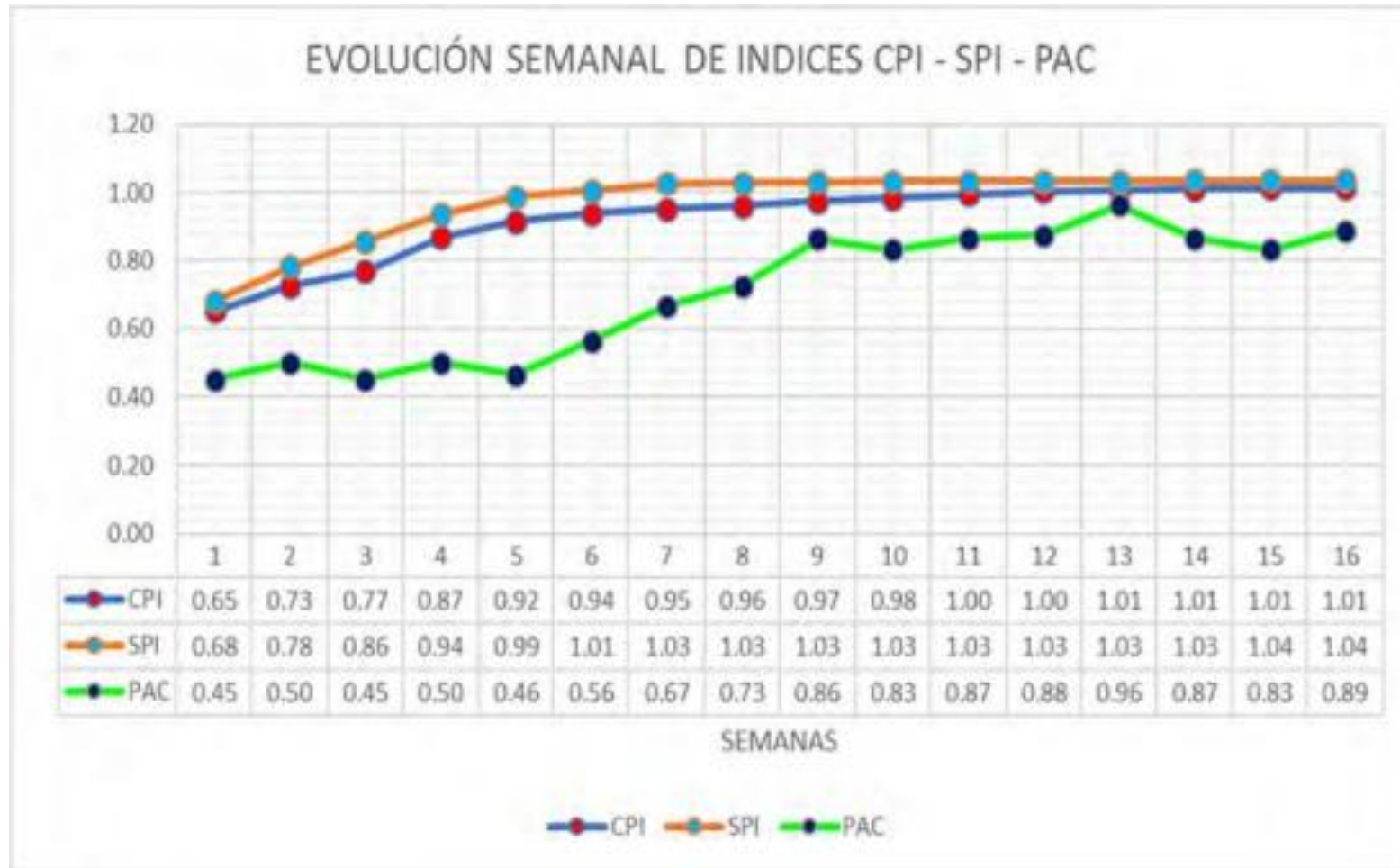
**Tabla 13**

*Coefficiente de correlación de Perarson PAC-SPI*

PARÁMETROS DE COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON				
PARÁMETROS	MEDIA	DESVIACIÓN	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	
PAC	0.55	0.14	"r"	0.33
SPI	0.57	0.14	"r <sup>2</sup> "	0.65

**Figura 18**

Variación semanal del PAC-CPI-SPI



## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

La implementación de la Metodología Lean Construction y las Herramientas de la Calidad en la fabricación y montaje de estructuras metálicas ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar la productividad. Al aplicar principios Lean, se ha logrado una reducción significativa en las tareas no productivas, mejorando la eficiencia y optimizando el uso de recursos. Las herramientas de calidad han permitido un control más riguroso del proceso, asegurando que las actividades se realicen con un estándar elevado, lo cual ha resultado en un progreso más consistente y menos desperdicios.

La herramienta Carta Balance ha permitido visualizar claramente la distribución de las actividades productivas, contributivas y no productivas en la fabricación y montaje de estructuras metálicas. Este análisis ha revelado áreas donde se puede mejorar la eficiencia, reduciendo las actividades que no agregan valor y optimizando el tiempo dedicado a tareas productivas.

El análisis de restricciones ha sido crucial para identificar los cuellos de botella en el proceso de fabricación y montaje. Al abordar estas restricciones, se ha mejorado el flujo de trabajo, lo que ha llevado a una mayor productividad y a una reducción de los tiempos de espera y retrabajos.

El diagrama de flujo ha facilitado la comprensión de los procesos involucrados en la

fabricación y montaje de estructuras metálicas, permitiendo una mejor organización y coordinación de las actividades. Esto ha resultado en un proceso más fluido y menos propenso a errores o malentendidos

El diagrama Ishikawa ha sido eficaz para identificar y categorizar las causas principales de la baja productividad en la obra. Este análisis ha permitido abordar problemas específicos relacionados con la mano de obra, las máquinas, los materiales y el entorno de trabajo, lo que ha contribuido a una mejora general en la eficiencia.

El presente informe es coherente, pues contiene objetivos claros y congruentes, se utiliza una Metodología adecuada, sus resultados son consistentes y se observa una relación adecuada entre los capítulos planteados en el trabajo.

Esta experiencia ha demostrado que la aplicación de la metodología Lean Construction influye de manera positiva en los procesos de fabricación y montaje de estructuras metálicas en la construcción mejoran su productividad, no solamente en el área, sino que es replicable para las diferentes áreas de la empresa y por ende en otras empresas.

Las lecciones aprendidas de esta experiencia las podemos definir de la siguiente manera:

1. La Reducción del desperdicio es clave para la eficiencia, pues se aprendió que eliminar actividades que no agregan valor (movimientos innecesarios, tiempos de espera, exceso de inventario, retrabajos, etc.) mejora sustancialmente el rendimiento.

2. Que, la planificación colaborativa mejora los resultados, pues la colaboración entre

todos los actores del proyecto (diseño, construcción, proveedores, clientes) permitió tomar mejores decisiones y anticipar problemas.

3. La variabilidad impacta directamente en el rendimiento, ya que entender y controlar la variabilidad en los procesos fue esencial para asegurar un flujo de trabajo continuo.

4. La mejora continua es un proceso constante, se pudo comprender que cuando se interioriza siempre hay oportunidades para mejorar procesos, herramientas y resultados mediante ciclos de retroalimentación.

5. El compromiso del equipo es fundamental, entendiendo que el éxito de Lean depende del involucramiento de todos los niveles del equipo: desde la alta gerencia hasta los trabajadores en obra.

La aplicación de este método ha demostrado que se mejoran las competencias que mejoran el método Lean Construction se centran en la colaboración, la planificación y la gestión del riesgo. Estas incluyen el desarrollo de la comunicación efectiva, la capacidad de resolver problemas y la adaptación a los cambios. También se ha demostrado que, son fundamentales las habilidades de liderazgo y la gestión de equipos.

En otras palabras, la aplicación de Lean Construction permitió desarrollar:

1. Gestión eficiente del tiempo y recursos, como fueron la capacidad para planificar y ejecutar actividades de forma más precisa, minimizando pérdidas.

2. Comunicación y trabajo en equipo, desarrollando habilidades para coordinarse con distintos actores del proyecto de manera efectiva y transparente.

3. Análisis y resolución de problemas, una competencia para identificar cuellos de botella y aplicar soluciones prácticas basadas en datos (PDCA, A3, etc.).

4. Adaptabilidad y pensamiento sistémico, que es la capacidad para entender el proyecto como un sistema interdependiente y ajustarse a cambios con rapidez.

5. Uso de herramientas Lean, que es el dominio de técnicas como Last Planner System, 5S, Value Stream Mapping, Kaizen, y Just-In-Time.

### **Recomendaciones**

Fortalecer la cultura de la organización Lean: es aconsejable continuar capacitando a los trabajadores (empleados, supervisores, ingenieros y contratistas) en los principios de la construcción delgada, que promueve la mejora continua, el compromiso y la cultura de eliminación de residuos.

Estandarización de procesos efectivos: la práctica que demostró ser efectiva durante la implementación debe documentarse y convertirse en proyectos estándar similares a los procedimientos estándar. Esto le permite repetir resultados positivos y facilitar la nueva capacitación en equipos.

Implementación de herramientas de supervisión tecnológica: el uso del software de planificación, como el sistema digital del último sistema de planificación, es aconsejable continuar optimizando la programación, las tareas y el control de control, mejorando la toma de decisiones en tiempo real.

Mejorar el control del material y la logística en el sitio: es aconsejable desarrollar planes logísticos más precisos a partir de los resultados, reducir el tiempo de espera del material y determinar los almacenes organizados y estratégicos.

Monitoree los indicadores de rendimiento más importantes (KPI) continuos: es importante medir constantemente los indicadores como la productividad, la ejecución de tiempo de tiempo, el uso eficiente de los recursos y el nivel repetido de protección para garantizar la sostenibilidad del enfoque Lean.

Promover la comunicación de cooperación: se propone mantener y reforzar las salas de comunicación diarias y semanales entre los diversos participantes del proyecto para garantizar el ajuste de los objetivos, la detección temprana de problemas y la toma de decisiones oportunas.

Metodología de escala para otros proyectos: dados los efectos positivos de observado, es aconsejable expandir la introducción de la estructura magra a un tamaño más grande o tipologías diferentes que ajustan las herramientas en las condiciones específicas del proyecto.

## REFERENCIAS

Anaya, O. e Inga, M. (2019). Aplicación de sectorización para una mejora de la rentabilidad en la obra zona minoritaria Unicachi, en Comas, año 2019. [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma, Perú]

Collachagua, I. (2017). Aplicación de la filosofía Lean construction en la construcción de departamentos multifamiliares “La Toscana”, como herramienta de mejora de la productividad. [Tesis de grado, Universidad Continental, Perú]

Cortés, M., Muñoz, D. y Ávila, M. (2020). Principales requerimientos de una herramienta TI basada en last planner® system. Revista Ingeniería de Construcción, 35(2), 126-134. [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0718-50732020000200126&lng=es&nrm=iso](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-50732020000200126&lng=es&nrm=iso)

Flores, H. (2022). Metodología Last Planner System y planificación de obras en empresas constructoras de la Provincia de San Martín – 2022. [Tesis de maestría, Universidad César Vallejo, Perú]. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/95886/Flores\\_VHASD.pdf?sequence=4](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/95886/Flores_VHASD.pdf?sequence=4)

Giménez, Z. (2022). Industria de la construcción: ¿fragmentada o integrada? Gaceta técnica, 23(1), 1-2. <https://doi.org/10.51372/gacetatecnica231.1>

Hoyos, U. (2023). Implementación de la metodología Lean Construction para mejorar la gestión de la construcción de viviendas de interés social, Rioja, 2022. [Tesis de grado, Universidad Católica Sedes Sapientiae, Perú]. [https://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14095/2000/1.%20TSP\\_HOYOS%20VASQUEZ%2C%20UBILDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14095/2000/1.%20TSP_HOYOS%20VASQUEZ%2C%20UBILDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

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- Provincia de Cañete - Departamento de Lima. [Tesis de grado, Universidad de San Martín de Porres, Perú]. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/8713>

Miranda, M., Torobisco, E. y Gómez, R. (2020). Evaluación de la eficacia de la aplicación de last planner system en un proyecto de construcción en la etapa de acabados - arquitectura en Perú en el año de 2019. *Investigación y Desarrollo*, 20(1), 193-213. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2518-44312020000100014](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312020000100014)

Navarro, D. y Lanzón, M. (2018). Materiales de construcción. Estrategias para su enseñanza en las escuelas de arquitectura. *ESTOA, Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 7(14), 81-98. <https://doi.org/10.18537/est.v007.n014.a03>

Pinzón, J. y Millán, A. (2017). Evaluación de herramientas para la gerencia de proyectos de construcción basados en los principios del PMI y la experiencia. *Prospectiva*, 15(2), 51-59. <https://doi.org/10.15665/rp.v15i2.746>

Quispe, R. (2017). Aplicación de “lean construction” para mejorar la productividad en la ejecución de obras de edificación, Huancavelica, 2017. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo, Perú]. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/14979/Quispe\\_MRE.pdf?sequence=1](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/14979/Quispe_MRE.pdf?sequence=1)

Razo, D. y García, O. (2021). Evaluación integral de la seguridad estructural de edificaciones existentes dañadas por sismos de gran magnitud. *Ingeniería Sísmica*, (104). <https://doi.org/10.18867/ris.104.565>

Salgin, B., Arroyo, P. y Ballard, G. (2016). Explorando la relación entre los métodos de diseño lean y la reducción de residuos de construcción y demolición: tres estudios de caso de proyectos hospitalarios en California. *Revista Ingeniería de Construcción*, 31(3), 191-200. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732016000300005>

Salgin, B., Arroyo, P. y Ballard, G. (2016). Explorando la relación entre los métodos de diseño lean y la reducción de residuos de construcción y demolición: tres estudios

de caso de proyectos hospitalarios en California. *Revista Ingeniería de Construcción*, 31(3), 191-200. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732016000300005>

Sandoval, L., Ruiz, J. y López, G. (2016). La sectorización en redes de agua potable para mejorar su eficiencia hidráulica. *Ingeniería hidráulica y Ambiental*, 37(2), 29-43. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382016000200003](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382016000200003)

Serpell, A. y Verbal, R. (1990). Análisis de operaciones mediante carta de balance. *Revista Ingeniería de Construcción*, (9), 1-16.

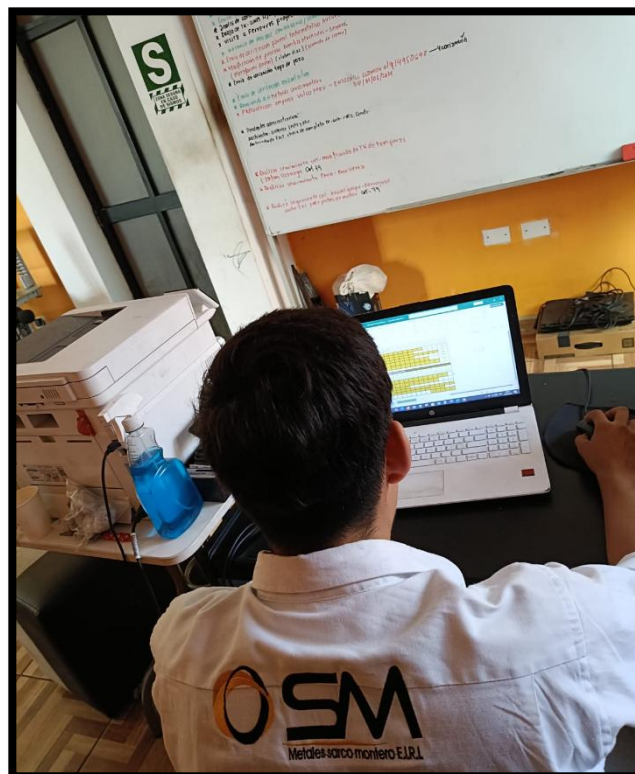
Soto, D. (2017). Aplicación de la filosofía Lean Construction en la construcción de departamentos multifamiliares “La Toscana”, como herramienta de mejora de la productividad. [Tesis de grado, Universidad Continental, Perú]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/3591>

Taype, A. (2018). Implementación de Lean Construction para incrementar la productividad en la empresa Constructora Royal Sun Corporation, Lima, 2018. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo, Perú]. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/44850/TAIPE\\_GAE\\_S D.pdf?sequence=8&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/44850/TAIPE_GAE_S D.pdf?sequence=8&isAllowed=y)

Valdes, Y., García, T. y González, T. (2022). Material de estudio sobre calidad en la construcción para la carrera Ingeniería Civil. *EduSol*, 22(78), 191-205. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1729-80912022000100191](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-80912022000100191)

Zambrano, C., Lao, Y. y Moreno, M. (2019). El pensamiento lean desde la manufactura hasta la salud: una revisión de la literatura. *Correo Científico Médico*, 23(3), 876-894. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1560-43812019000300876](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1560-43812019000300876)

## ANEXOS





## CONSTANCIA DE TRABAJO

Lima, 20 de febrero de 2024

A quien corresponda:

Por medio de la presente, hacemos constar que el Sr. **Miguel Ángel Alza Terrones**, identificado con DNI N° **71381061**, ha prestado servicios en nuestra empresa **Metales Sarco Montero EIRL**, desempeñándose como **Ingeniero Civil Junior** desde el 15 de agosto de 2023 hasta la fecha.

Durante su tiempo en nuestra organización, el Sr. Alza Terrones ha demostrado un alto nivel de responsabilidad, compromiso y profesionalismo en el desempeño de sus funciones. Su dedicación ha sido fundamental para el cumplimiento de los objetivos establecidos por la empresa.

Asimismo, certificamos que el colaborador se encuentra al día en sus obligaciones laborales, sin que haya registrado sanciones, faltas o incidencias durante su período de trabajo en nuestra empresa.

La presente constancia se expide a solicitud del interesado, para los fines que estime convenientes.

Sin otro particular, quedamos a su disposición para cualquier consulta adicional.

Atentamente.

  
Astrid Carolina Sarco Montero  
GERENTE GENERAL

**Astrid Carolina Sarco Montero**  
Gerente General  
**Metales Sarco Montero EIRL**

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA  
PARA EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN, TESIS O INFORME DE  
SUFICIENCIA PROFESIONAL**



Yo **Jorge Luis Sarco Gala** identificado con DNI o CE N°**10681115**, como representante legal de la empresa / institución: **Metales Sarco Montero E.I.R.L.** con R.U.C. **20538665496**, ubicada en la ciudad de **Lima**. Otorgo la **AUTORIZACIÓN** de uso de información a:

1) **Miguel Angel Alza Terrones**, con DNI/CE: **71381061**

Egresado de la (  ) Carrera profesional o ( ) Programa de Posgrado de **Ingeniería Civil**

de la Universidad Privada del Norte, para que utilice la siguiente información de la empresa:

Nombre de la empresa, ficha RUC, información técnica de trabajos varios, etc.

con la finalidad de que pueda desarrollar su ( ) Trabajo de Investigación, ( ) Tesis o (  ) Trabajo de suficiencia profesional para optar al grado de ( ) Bachiller, (  ) Título Profesional ( ) Maestro, ( ) Doctor.

Autorizo expresamente el uso de la información con fines académicos, incluyendo su publicación en el repositorio de la Universidad Privada del Norte, contribuyendo con la comunidad educativa y sociedad en su conjunto.

Respecto al uso del nombre y/o cualquier distintivo de la empresa, se determina:

( ) **Mantener en reserva** el nombre y/o cualquier distintivo de la empresa.

(  ) **Autorizo mencionar** el nombre y/o cualquier distintivo de la empresa.

Lima, 20 de febrero de 2025



METALES SARCO MONTERO E.I.R.L.  
Jorge Luis Sarco Gala  
GERENTE COMERCIAL

Firma del Representante Legal o Autoridad  
DNI o CE: **10681115**  
N° de celular de contacto: **946 251 867**

El Egresado/Bachiller declara que los datos emitidos en esta carta y en el Trabajo de Investigación, en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el Egresado será sometido al procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.

*Nota: se solicita mantener todos los campos de información requeridos en el presente formato.*



Firma del egresado  
DNI: **71381061**

CÓDIGO DE DOCUMENTO	COR-F-REC-VAC-05.04	NÚMERO VERSIÓN	10	PÁGINA	Página 1 de 1
FECHA DE VIGENCIA	06/06/2024				