



**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Implementación de lean construction para mejorar la productividad en la  
ejecución de las instalaciones eléctricas en una constructora

**TESIS**

Para optar el título profesional de Ingeniero Industrial

**AUTORES**

Cherre Rojas, Jorge Miguel  
ORCID: 0000-0001-9866-8399

Rivasplata Mori, Luis Carlos Camilo  
ORCID: 0000-0002-3637-0527

**ASESOR**

Mateo Lopez, Hugo Julio  
ORCID: 0000-0002-5917-1467

**Lima, Perú**

**2022**

## **Metadatos Complementarios**

### **Datos de autores**

Cherre Rojas, Jorge Miguel

DNI: 48178128

Rivasplata Mori, Luis Carlos Camilo

DNI: 44372486

### **Datos de asesor**

Mateo Lopez, Hugo Julio

DNI: 07675553

### **Datos del jurado**

JURADO 1

Oqueliz Martinez, Carlos Alberto

DNI: 08385398

ORCID: 0000-0003-4872-7471

JURADO 2

Ballero Nuñez, Gino Sammy

DNI: 10426485

ORCID: 0000-0002-7991-3747

JURADO 3

Cervera Cervera, Ever

DNI: 09542911

ORCID: 0000-0001-7192-644X

### **Datos de la investigación**

Campo del conocimiento OCDE: 2.11.04

Código del Programa: 722026

## DEDICATORIA

A mis padres por apoyarme siempre en cada etapa de mi vida, a mi esposa por su amor y ser mi motivación diaria para mejorar cada día, a mi hermano por sus consejos y a mi abuela por siempre darme paz y tranquilidad.

Luis Carlos Camilo, Rivasplata Mori

Dedico esta tesis a mi madre que se estaría muy orgullosa de mí, a mi padre por siempre aconsejarme para mejorar como persona, a mis hermanas que siempre me han apoyado para poder ser un buen profesional y a mi novia por acompañarme en todo el proceso universitario.

Jorge Miguel, Cherre Rojas

## AGRADECIMIENTO

A la universidad Ricardo Palma, especialmente a la facultad de ingeniería Industrial por los procesos de formación brindada en nuestro desarrollo profesional, los cuales nos permitieron crecer profesional y humanamente, a nuestro asesor Hugo Mateo López por todo el apoyo y predisposición brindada en cada consulta durante este trabajo de investigación.

Jorge Cherre Rojas y Luis Rivasplata Mori

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCIÓN.....	iii
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción y formulación del problema general y específico.....	1
1.2 Objetivo general y específico.....	4
1.3 Delimitación del problema.....	5
1.4 Importancia y Justificación del estudio.....	5
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
2.1 Antecedentes del estudio de investigación.....	7
2.2 Bases teóricas vinculadas a las variables de estudio.....	11
2.2.1 Lean Construction.....	11
2.2.2 Desperdicios en Lean Construction.....	12
2.2.3 Last Planner System.....	13
2.2.4 Planificación Intermedia:.....	15
2.2.5 Productividad:.....	16
2.2.6 Carta Balance:.....	17
2.2.7 Nivel General de Actividad:.....	17
2.2.8 Tren de Actividades:.....	17
2.3 Definición de términos básicos.....	18
<b>CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS.....</b>	<b>21</b>
3.1 Hipótesis.....	21
3.1.1 Hipótesis General.....	21
3.1.2 Hipótesis Especifica.....	21
3.2 Variables.....	21
3.2.1 Definición conceptual de las variables.....	21
3.2.2 Operacionalización de las variables.....	22
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>23</b>
4.1 Tipo, enfoque y nivel.....	23
4.2 Diseño de la investigación.....	23

4.3 Población y muestra.....	24
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	24
4.4.1 Tipos de técnicas e instrumentos.....	24
4.4.2 Procedimiento para la recolección de datos.....	25
4.5 Técnicas para el procesamiento y análisis de datos.....	25
<b>CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA</b>	
<b>INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>27</b>
5.1 Diagnostico situacional.....	27
5.1.1 Situación Actual de la empresa.....	27
5.1.2 Pre test.....	34
5.1.3 Post Test.....	36
5.2 Análisis de resultados.....	60
5.2.1 Validación de primera hipótesis Específica und 1.....	60
5.2.2 Validación de primera hipótesis especifica 2.....	62
5.2.3 Validación de segunda hipótesis especifica.....	63
5.2.4 Validación de hipótesis especifica 3.....	64
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>65</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>66</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>74</b>
Anexo 1: Matriz de Consistencia.....	74
Anexo 2: Carta de autorización.....	75
Anexo 3: Parte de producción diario.....	76
Anexo 4: Parte Semanal de Producción.....	77
Anexo 5: Plan Semanal.....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Ishikawa.....	3
Figura 2. Diagrama de Pareto.....	4
Figura 3. Desperdicios en el Lean Constrution, por Think Productivity.....	13
Figura 4. Proceso sin Las Planner Vs. Proceso con Last Planner.....	14
Figura 5. Esquema general de productividad.....	17
Figura 6. Fachada de edificio.....	28
Figura 7. Plano de Data.....	29
Figura 8. Plano de bandeja.....	30
Figura 9. Instalación punto de Data.....	32
Figura 10. Instalación de data.....	32
Figura 11. Instalación de bandejas portacables.....	33
Figura 12. Simulación Promodel.....	36
Figura 14. Simulación Instalación bandejas portacables.....	37
Figura 15. Simulación de cumplimiento de actividades.....	37
Figura 16. Simulación Instalación de eficiencia de actividades.....	38
Figura 17. Trabajo Productivo.....	43
Figura 19. Pareto mayores causas de trabajos no productivos.....	48
Figura 20. Sectorización del proyecto.....	56

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Causas de baja productividad.....	3
Tabla 2. Condiciones contractuales.....	31
Tabla 3. Cantidad de Metrado por Piso.....	31
Tabla 4. Precio unitario de salida data.....	33
Tabla 5. Precio unitario instalación de bandeja portacables.....	34
Tabla 6. Variación de horas hombre Salida de data.....	34
Tabla 7. Variación de horas hombre Instalación bandejas portacables.....	35
Tabla 8. Cumplimiento de programación de obra.....	35
Tabla 9. Eficiencia HH.....	36
Tabla 10. Clasificación del trabajo instalación de puntos de data.....	39
Tabla 11. Clasificación del trabajo instalación de bandejas portacables.....	39
Tabla 12. Desarrollo carta balance puntos de data.....	41
Tabla 13. Desarrollo carta balance instalación de bandejas portacables.....	42
Tabla 14. Distribución de actividad de instalación de cajas de data.....	43
Tabla 15. Distribución de actividad de instalación bandejas portacables.....	44
Tabla 16. Tiempos por tipo de trabajo instalación de cajas de data.....	45
Tabla 17. Tiempos por tipo de trabajo instalación bandejas portacables.....	45
Tabla 18. Mayores causas de trabajo no productivo de instalacion de cajas de data.....	48
Tabla 19. Acciones a tomar para reducir las causas de los trabajos no productivos.....	49
Tabla 20. Mayores causas de trabajo no productivo instalacion de bandejas portacables.....	49
Tabla 21. Acciones a tomar para reducir las causas de los trabajos no productivos.....	50
Tabla 22. Variación HH Puntos de data después de aplicar carta balance.....	51
Tabla 23. Variación HH Instalación de bandejas después de aplicar carta balance.....	51
Tabla 24. Causas de No Cumplimiento.....	52
Tabla 25. Lista de Restricciones de actividades.....	53
Tabla 26. Programación Lookahead.....	54
Tabla 27. Cumplimiento del programa de producción.....	55
Tabla 28. Trenes de trabajo.....	57
Tabla 29. Eficiencia HH.....	58
Tabla 30. Análisis económico.....	58



Tabla 31. Análisis Financiero.....	59
Tabla 32. Análisis de resultados.....	60
Tabla 33. Prueba de Normalidad hipótesis específica 1.....	61
Tabla 34. Prueba de Muestras Emparejadas hipótesis específica 1.....	61
Tabla 35. Prueba de Normalidad primera hipótesis específica 2.....	62
Tabla 36. Prueba de Muestras Emparejadas primera hipótesis específica 2.....	62
Tabla 37. Prueba de normalidad segunda hipótesis específica.....	63
Tabla 38. Prueba de Muestras Emparejadas segunda Hipótesis específica.....	63
Tabla 39. Prueba de normalidad tercera Hipótesis específica.....	64
Tabla 40. Prueba de Muestras Emparejadas.....	64

## RESUMEN

El proyecto de investigación tiene como objetivo determinar la influencia de la aplicación de las técnicas de Lean Construction en la productividad de la empresa Kapla Inversiones y Construcciones SAC durante la ejecución de instalaciones eléctricas en la zona de Pucallpa en el año 2021.

El tipo de investigación es aplicada, explicativa, de enfoque cuantitativo, cuasiexperimental, en la ejecución de instalaciones eléctricas en la obra “MEJORAMIENTO DE LA GESTION INSTITUCIONAL DE LA SEDE CENTRAL Y DE LAS DIRECCIONES REGIONALES ADSCRITAS EN LA PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO DEL GOBIERNO REGIONAL DE UCAYALI, REGION UCAYALI”- CODIGO SNIP: 259304”.

Los principales resultados en el pretest fueron: rendimiento de instalación de puntos en 3,99 HH x Und, y de instalación de bandeja portacables en 3,4 HH x Ml; respecto al cumplimiento del cronograma 61,16% y referente a la eficiencia de la mano de obra en halló 97,82%. Luego de aplicado el Lean Construction los resultados presentan mejora de: en rendimiento de instalación de puntos en 3,14 HH x Und y en instalación de bandeja portacables en 2,51 HH x ml; respecto al cumplimiento del cronograma 91,59% y referente a la eficiencia de la mano de obra se halló 116,47%. Conclusión: Se comprueba que mejora la productividad después de aplicar las herramientas de Lean Construction al obtener un mayor ingreso monetario debido a ser más eficientes en el consumo de horas hombre.

**Palabras claves:** Lean Construction, Last Planner System, Carta Blance, Productividad

## ABSTRACT

The objective of the research project is to determine the influence of the application of Lean Construction techniques during the execution of electrical installations in the Pucallpa area in the year 2021.

On the productivity of the company Kapla Inversiones y Construcciones SAC. is applied, explanatory, with a quantitative approach, quasi-experimental, in the execution of electrical installations in the work "IMPROVEMENT OF THE INSTITUTIONAL MANAGEMENT OF THE HEADQUARTERS AND OF THE REGIONAL DIRECTIONS ASSIGNED IN THE PROVINCE OF COLONEL PORTILLO OF THE REGIONAL GOVERNMENT OF UCAYALI, UCAYALI REGION"- SNIP CODE: 259304".

The main results in the pretest were: point installation performance of 3.99 HH x Und, and cable tray installation performance of 3.4 HH x Ml; regarding compliance with the schedule 61.16% and reference to the efficiency of the workforce in 97.82% was found. After applying the Lean Construction, the results show improvements of: in point installation performance in 3.14 HH x Und and in cable tray installation in 2.51 HH x ml; Regarding compliance with the schedule, 91.59% and reference to the efficiency of the workforce, 116.47% were found. Conclusion: It is verified that productivity improves after applying the Lean Construction tools by obtaining a higher monetary income due to being more efficient in the consumption of man hours.

**Keywords:** Lean Construction, Last Planner System, Carta Blance, Productivity

## INTRODUCCIÓN

La investigación se centra en la aplicación de la filosofía Lean Construction en una empresa constructora, cuyo objetivo es buscar mejorar la productividad, aplicando técnicas específicas relacionadas a la ejecución de la obra, logrando la eficiencia al reducir el consumo de Horas hombre en la ejecución del proyecto y con ello la satisfacción de los clientes.

Queda claro que, en los últimos 10 años, la industria de la construcción mundial ha sufrido un crecimiento vertiginoso, evolucionando considerablemente y junto con ella los empresarios que la consideran una nueva manera de hacer negocios, sin embargo; en los países de Latinoamérica en especial en el Perú, la velocidad no ha ido a la par con el resto de los países del mundo, y la industria a pesar de que ha crecido en cantidad de empresas, no presenta la calidad esperada en las obras entregadas.

Es importante mencionar que, en una empresa con Lean, el recurso humano es considerado el activo más valioso, tener una mano de obra con conocimientos técnicos sólidos, es la piedra angular en la búsqueda de mejora continua y sostenible, siendo el resultado tanto el incremento de la calidad del producto que se entrega como la eficiencia laboral.

Esta investigación está dividida en: Capítulo I: Planteamiento del problema, en donde se sustentan los motivos que nos llevaron a la selección de la temática; Capítulo II: Marco teórico, en este capítulo tratamos los estudios previos a nivel internacional y nacional, así como el desarrollo teórico de las variables y dimensiones, y definición de términos básicos; en el Capítulo III: Sistema de hipótesis, donde se plantean las hipótesis general y específicas, se definen las variables y dimensiones conceptual y operacionalmente; en el Capítulo IV, se considera la Metodología de la Investigación, en donde se explica las técnicas, diseño, instrumento y recolección de los datos; con esta información se realiza el Capítulo V: Presentación y Análisis de Resultados, donde se desarrolla el diagnóstico y situación actual y se proponen las herramientas para lograr los objetivos propuestos en el estudio, el análisis estadístico de los datos y los resultados que nos validan o rechazan las hipótesis planteadas; Para luego redactar las Conclusiones y recomendaciones a las que hemos llegado en la investigación.

# CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1 Descripción y formulación del problema general y específico

La industria de la construcción es muy competitiva a nivel mundial, las empresas constructoras buscan entregar resultados sobresalientes sin dificultades, dentro de los principales obstáculos que se presentan en el sector encontramos accidentes inesperados, actividades repetitivas, demoras de proveedores y retraso en la ejecución de tareas, entre otros; para contrarrestarlo las empresas implementan filosofías o herramientas que ayudan a controlar y mejorar la calidad como el Lean Construction (LC).(Anandh et al., 2022)

Al respecto en Egipto en el año 2022, los estudios realizados hacen referencia a que la industria de la construcción genera muchos residuos que afectan a la economía como al medioambiente, por lo que es necesario que el sector adopte la filosofía Lean Construction, no solo para la reducción de los residuos sino también con el objeto de mejorar los niveles de productividad. (Shaqour, 2022)

Por otro lado, en Jordania durante el 2022, los estudios demuestran que a pesar de que las empresas de construcción han adoptado la filosofía Lean Construction para ejecutar sus trabajos, en menos del 65% cumplen con los principios de esta metodología, en especial en lo que respecta a la capacitación, empoderamiento de sus trabajadores y la creación de una cultura de mejora continua. (Albalkhy & Suiza, 2022)

El análisis nos lleva a Colombia, en el 2022, donde estudios consideran importante al LC debido que esta industria tienen un gran impacto ambiental, a nivel de consumo de materia prima representan el 50% , 40% de energía y 50% de la generación de residuos, por otro lado el crecimiento en productividad en los últimos años sólo ha sido en 1% ; estos resultados se deben a que es un sector con baja especialidad, precarias condiciones laborales, defectos repetitivos , alto riesgo y siniestrabilidad, entre otros.(Aristizábal-Monsalve et al., 2022)

En el mismo contexto, en el 2022, se reportó que el aporte de la construcción al PIB fue de 5,3%, así como, que la pandemia COVID-19 impactó negativamente al sector construcción contrayéndose en 26,2%, siendo los rubros más perjudicados las edificaciones 27,2%, obras civiles 26,4% y otras actividades especializadas

24,7%; de la misma manera se estima que 6,8% de las personas que empleaban dejaron de trabajar en el sector debido a los cierres totales o parciales de las obras. (Martín, 2022)

Ahora bien, en Perú, en el año 2011 se fundó el Lean Construction Institute Perú, con el objetivo de impulsar la implementación de la metodología Lean en sector construcción, utilizando la metodología, principios, fundamentos y praxis de la filosofía, y de esta manera conseguir que el nivel profesional y la eficiencia de la industria en el país se incremente (Lean Construction Institute Perú, 2011).

Así mismo, también en Perú en el 2021, se experimentó un desarrollo vertiginoso del sector construcción, conocido como la explosión de la construcción, como consecuencia de las misma, el sector se volvió más atractivo para la mediana y pequeña empresa, esto se evidencia con las más de 14,000 obras en cursos para viviendas multifamiliares y aproximadamente 2800 construcción de casas independientes, según lo informado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (León & Pré, 2021)

El incumplimiento de los plazos de la ejecución de las obras es el factor que afecta gran parte de los proyectos de construcción, producido por deficiente planificación previa, organización y programación de las labores, errores en las partidas ejecutadas en el proyecto, ocasionando subsiguientemente baja calidad, repetición de actividades y costos no presupuestados. En el año 2021, tras la implementación de LC en Perú se evidencia una mejora de 22,1% en la planificación de obras en una empresa constructoras. (Álvarez, 2022)

En nuestra opinión, en Perú las empresas constructoras que cuentan con una organización coherente y productiva son las utilizan metodologías y herramientas de gestión; sin embargo, aquellas que gerencian su empresa de manera empírica consideran que el LC más que una oportunidad de crecimiento es una obstáculo para el desarrollo de sus actividades, por lo que toman decisiones en función de su experiencia, mermando su productividad y afectando el control de los recursos (Mano de Obra, Materiales y Equipos).

En la labor diaria en la empresa Kapla Construcciones e Inversiones, se viene observando que los problemas internos, tales como: Personal con poca experiencia y capacitación, falta de insumos y baja calidad en los materiales, equipos en mal estado, falta de mantenimiento en los equipos, falta de supervisión como se muestra en la figura 1; motivo por el cual se realiza esta investigación buscando

implementar Lean Construction en la ejecución de los trabajos de Instalaciones Eléctricas, pretendiendo con ello mejorar la gestión de recursos que se trasluirá en el incremento de la rentabilidad de los trabajos realizados.

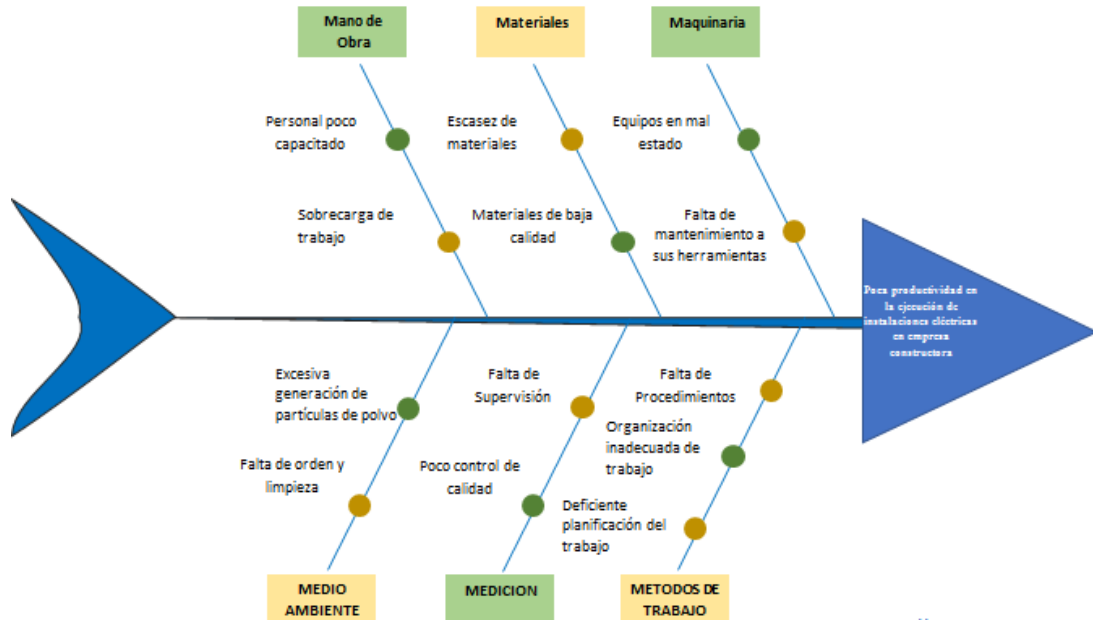


Figura 1. Diagrama de Ishikawa  
Fuente: Kapla inversiones y construcciones  
Elaboración: Propia

Se halló la frecuencia de ocurrencia de las causas de baja productividad como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1  
Causas de baja productividad

Causas de baja productividad			
Problemas	Frecuencia	Participacion Porcentual Acumulada	Frecuencia Acumulada
Falta de procedimientos	65	21.61	65
Organización Inadecuada del trabajo	54	39.67	119
Deficiente planificación de trabajo	42	53.67	161
Personal poco capacitado	26	62.33	187
Sobrecarga de trabajo	24	70.33	211
Escasez de materiales	19	76.67	230
Materiales de baja calidad	17	82.33	247
Equipos en mal estado	16	87.67	263
Falta de mantenimiento de herramientas	13	92.00	276
Falta de orden y limpieza	9	95.00	285
Excesiva generación de partículas de polvo	7	97.33	292
Poco control de calidad	6	99.33	298
Falta de supervisión	2	100.00	300
Total	300		

Fuente: Kapla Inversiones y Construcciones  
Elaboración: Propia.

Con los datos de la tabla 1 se realizó el Diagrama de Pareto

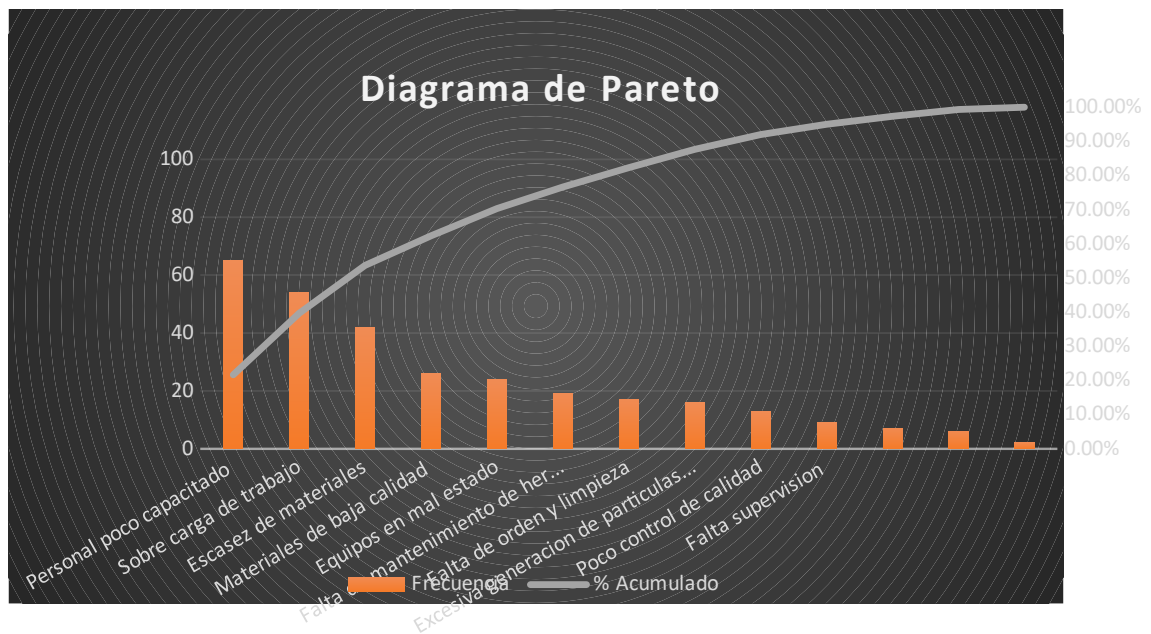


Figura 2. Diagrama de Pareto  
Fuente: Kaplan Inversiones y construcciones  
Elaboración: Propia

### 1.1.1 Problema general

¿Cómo influye la implementación de Lean Construction en la mejora de la productividad en la ejecución de actividades de las instalaciones eléctricas en Kapla Inversiones y Construcciones SAC?

### 1.1.2 Problemas específicos

- ¿En qué medida la aplicación de la herramienta carta balance reducirá el tiempo de ejecución de las instalaciones eléctricas en una constructora?
- ¿En qué medida la implementación de Last Planner System mejorará el cumplimiento del cronograma de actividades de instalaciones eléctricas en una constructora?
- ¿Cómo la implementación del tren de actividades mejorará la eficiencia en mano de obra en las instalaciones eléctricas en una constructora?

## 1.2 Objetivo general y específico

### 1.2.1 Objetivo general



Implementar Lean Construction influye en la mejora de la productividad en la ejecución de actividades de las instalaciones eléctricas en Kapla Inversiones y Construcciones SAC

#### 1.2.2 Objetivos específicos

- a) Aplicar la herramienta carta balance permitirá reducir el tiempo de ejecución de las instalaciones eléctricas en una constructora.
- b) Implementar Last Planner System ayuda a la mejora del cumplimiento del cronograma de actividades en las instalaciones eléctricas en una constructora
- c) Implementar tren de actividades ayuda al incremento de la eficiencia en mano de obra en las instalaciones eléctricas en una constructora.

### 1.3 Delimitación del problema

#### 1.3.1 Delimitación espacial

La investigación se desarrolla en la empresa Kapla Inversiones y Construcciones SAC, en su obra de la ciudad de Pucallpa, Provincia Coronel Portillo, Región Ucayali.

#### 1.3.2 Delimitación temporal

El estudio se desarrolló desde el mes de mayo 2021 a mayo 2022.

#### 1.3.3 Delimitación teórica

Se centra en la aplicación de herramientas Lean Construction para mejorar la productividad en la ejecución de las instalaciones eléctricas en la construcción de la nueva sede del Gobierno Regional de Ucayali.

### 1.4 Importancia y Justificación del estudio

#### 1.4.1 Justificación Teórica

La filosofía LC, cuenta con herramientas modernas y de alta tecnología que al involucrarlas en la gestión de proyectos del sector construcción fortalece la eficiencia en la producción en todas sus etapas, permitiendo a su vez disminuir las pérdidas, mudas, así como cualquier obstáculo que pueda presentarse en el desarrollo de proyectos. Esta filosofía enriquece el control

de las variables internas del proceso otorgándoles valor agregado a la planificación utilizada. En estas razones pretendemos generar nuevos aprendizajes relacionados a esta temática; los aportes se sustentan en los resultados de estudios realizados a nivel mundial y nacional.

#### 1.4.2 Justificación Práctica

En la filosofía LC en la empresa Kapla Inversiones y Construcciones SAC, ayudará a conocer la realidad de la productividad, eficiencia, y cumplimiento de las actividades que deben desarrollarse en las instalaciones eléctricas, el conocimiento nos permitirá implementar acciones correctivas que favorezcan el incremento de los indicadores de calidad, considerando que la gestión pertinente de los proyectos de mejora de las instalaciones eléctricas va a incidir en el cumplimiento de los plazos.

#### 1.4.3 Justificación Metodológica

La implementación de las herramientas Lean permiten identificar y reducir los trabajos que no agregan valor, de tal manera se mejore la productividad con eficacia y eficiencia en la ejecución de las instalaciones eléctricas, de tal manera que las empresas constructoras puedan consolidarse exitosamente en el mercado.

#### 1.4.4 Justificación Económica

Desde el punto de vista económico, se visualiza que la implementación de LC genera un mejor control de las obras, pues es evidente la reducción de pérdidas y desperdicios, así como un incremento en el tiempo productivo de la mano de obra y el uso pertinente de recursos; lo que favorecerá a la rentabilidad y generará beneficios económicos a los involucrados además de obtener una ventaja competitiva al cambiar su modelo de gestión.

#### 1.4.5 Importancia

Los investigadores consideran que la importancia de esta investigación radica en el impacto que tendrá en la mejora de la productividad de los obreros responsables de las instalaciones eléctricas; el estudio ayudará a revisar, actualizar, modernizar y optimizar los indicadores de gestión; su impacto beneficia a la empresa, clientes, trabajadores, familiares, entorno social y medioambiente

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes del estudio de investigación

El inicio del sistema Lean, data del año 1896, y fue creada por Sakichi Toyoda, cuando desarrollo una tejedora mecánica de tal manera que mejoraba los tiempos de elaboración, disminuyendo las pérdidas y mudas (desperdicios), debido a que la problemática no había sido solucionada por completo, durante 20 años continuó su labor en búsqueda de seguir mejorando su prototipo, hecho que los lleva a la comercialización de la primera tejedora de alta velocidad en el año 1924, siendo esta máquina parte del Sistema de producción Toyota. (Araujo, 2020, p. 1)

Kiichiro Toyoda, en 1930, subsiguiente a la venta de la patente de la tejedora mecanizada, tomó la decisión de reinvertir lo obtenido de la venta y funda la Toyota Motor Corporation, basado en su interés por la industria automotriz, lanzando su primer modelo de automóvil para un solo pasajero en el año 1935 y al año siguiente comenzó con la producción de su primer automóvil para pasajeros. (Nieto, 2019, p. 19)

A pesar que, durante los años 1939-1945 la economía japonesa se encontraba en recesión por la guerra, Toyoda tomó medidas de contracción que le ayudaron a no declararse en bancarrota, había notado que en el Sistema Push, utilizado por Ford en América, generaba muchos desperdicios, razón por la cual buscó mejorar la producción eliminando las mudas; es así como desarrolla los fundamentos de la manufactura Justo a tiempo (JIT), la que se basa en la eliminación de los desperdicios ejecutando solo lo que requerido en el momento, de esta manera se producía lo demandado. (Japan Management Association, 1998, p. 8-9)

En el año 1945, la productividad de las empresas automotrices de América era 8 veces superior a las reportadas por las japonesas; motivo que llevó a Toyoda junto a

Ohno al desarrollo del sistema Jidoka, el cual está basado en la generación y producción de las partes suficientes y necesarias para la siguiente etapa, haciendo el proceso más eficiente; así mismo desarrollan el sistema Kanban, basado en el uso de tarjetas para la solicitud de partes a la etapa anterior; tanto el Jidoka como el Kanban se convirtieron en la base del sistema Pull. (Liker, 2004, p.129)

Actualmente, el Toyota Production System (TPS) es la piedra angular de lo que conocemos como Lean Manufacturing. Este término fue acuñado en principio por John Kacrick en 1988, así mismo, el término Lean se dio a conocer en occidente en la década de los 90's, cuando el libro de Womack, Jones y Roos "La máquina que cambió el mundo" fue publicado, en este detallan las características de este sistema productivo en el que se combinaban eficiencia, flexibilidad y calidad. (Araujo, 2020, p. 1)

Por otro lado, en 1992, Lauri Koskela planteó implementar la filosofía de Lean Manufacturing al mundo de la construcción para obtener los beneficios que esta ofertaba. Luego, en 1994, Glenn Ballard y Greg Howell publicaron su tesis doctoral "The Last Planner System of Production Control", el cual es considerado como la base y, a su vez, el inicio de Lean Construction. (Porras, et al., 2014, p.35)

Dentro de este marco, Li et al. (2020), en China, desarrollaron "Una revisión sistemática de la construcción ajustada en China continental", estudio de revisión bibliográfica que permite el proceso técnico racional, en la que se analizaron 307 artículos relacionados al tema, los resultados del estudio mostraron que el área de sustentabilidad del Lean Construction está relacionado con cuatro categorías, dándole importancia a la sostenibilidad basándose en eliminación de residuos de construcción, demolición y prefabricados. Concluyen que esta metodología posee gran potencial para el uso efectivo de los recursos.

Pérez-Gómez et al. (2019), en México, realizaron el estudio titulado "Mejora en la construcción por medio de lean construction y building information modeling" estudio de caso realizado a la gestión administrativa del proceso constructivo de vivienda popular (hasta 42.50 m<sup>2</sup> y 200 salarios mínimos) llevado a cabo en Torreón, Coahuila, México, para evaluar posibles beneficios económicos y de tiempo en la realización de la edificación. Tomando mediciones de producción

reales de actividades con Cartas Balance, para demostrar el nivel de producción del personal obrero, enfocándose únicamente a las etapas de análisis y construcción, para lo cual se realizó el análisis de la productividad con exposición de soluciones claras y concisas. Los resultados obtenidos dan a conocer una optimización del tiempo establecido para la construcción de las 24 viviendas de 14 semanas, a 11 semanas es decir ahorro de un 26.56%, de tiempo. Se en que con la disminución del tiempo produce disminución del precio de venta de la vivienda.

Al respecto, Saieg et al., (2018), en Brasil, elaboraron una revisión bibliográfica para verificar la “Interacciones del modelado de información de construcción, Lean y sostenibilidad en la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción: una revisión sistemática”, revisión sistemática de la literatura existente relacionadas a los flujos ambientales, económicos, sociales y sostenibles, encontrándose como resultados que las sinergias primordiales en las etapas de construcción, proceso de proyecto y particularmente durante la etapa de concepto.

Según, Bajjou y Chafi (2018), en Marruecos, desarrollaron un trabajo denominado “Implementación de Lean Construction en la industria de la construcción marroquí: conciencia, beneficios y barreras”. Investigación cuantitativa, con a una muestra de 330 profesionales a los que se le aplicaron un cuestionario estructurado. Los resultados encontrados muestran que el 61% de las unidades muestrales tienen conocimiento sobre las prácticas de Lean Construction, lo que agrega un impacto positivo a las construcciones al respecto de la calidad, seguridad e impacto ambiental, les ayudó a identificar que las principales barreras que obstaculizan la implementación del Lean Construction en el país son la falta de conocimiento sobre la filosofía, poca capacitación del personal y recursos financieros limitados. Concluyen que el Lean Construction es una herramienta potente para los profesionales y empresas que les permitirá implementación exitosa.

Mientras que, Sarhan et al. (2018), en Arabia Saudita, elaboraron una investigación con el objetivo de “identificar las barreras para implementar la construcción ajustada en la industria de la construcción del Reino de Arabia Saudita (KSA) y priorizar los principales factores que constituyen estas barreras”. Investigación cuantitativa con una muestra de 282 profesionales a los se les aplicó un cuestionario. Los hallazgos muestran que existen 22 barreras para la

implementación del Lean Construction, entre ellas se identifican, prácticas tradicionales, relación con el cliente, tecnología, productividad, conocimientos, entre otros. Concluyen planteando propuestas de mejora para superar las barreras.

En el contexto nacional, Guerra (2022), en Trujillo analizaron “Influencia de la metodología Lean Construction en la productividad en proyectos del Programa Techo Propio, Cuatro Suyos, La Esperanza-2022”; investigación cuantitativa, no experimental, transeccional correlacional, en la que participaron 31 profesionales responsables de la obra, de quienes se obtuvo la información utilizando dos cuestionarios. Hallaron que la metodología Lean Construction tienen una influencia del 90,2% en la productividad en las obras; concluyeron que existe una correlación positiva alta entre las variables.

Por su parte, Huapaya y Torres (2021), en Lima investigó “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”. Se trata de un estudio cuantitativo, tipo aplicado, explicativo, descriptivo correlacional, diseño no experimental, longitudinal y prospectivo. Los resultados dejan evidencia de que la Metodología Lean Construction y las Herramientas de la Calidad, permite un rendimiento superior al 20% y un avance programado de 87% del avance mensual. Concluyen, que el bajo rendimiento y el exceso de trabajos improductivos se debe a la mala planificación y al mal manejo de los procesos constructivos.

Ahora bien, Mengoa y Tuny (2021), en Puno, investiga con el objetivo de “aumentar la productividad mediante la aplicación de herramientas del Lean Construction buscando disminuir los desperdicios en la etapa de ejecución para mejorar el costo y tiempo estimados del proyecto”. Estudio analítico, explicativo, cuantitativo, se recolectaron los datos de manera diaria, semanal y mensual de acuerdo a la herramienta utilizada de Lean Construction (LPS, carta de balance, entre otros). Los hallazgos muestran que al aplicar el Lean Construction se mejora la productividad, a nivel de trabajo productivo (TP) se incrementa de 22% a 47%, con respecto al margen de costos mejoró de 5,2% a 6,2%, además de lograr que se aseguren los hitos del proyecto en 100% comparándolo con lo proyectado. Se

concluye que la implementación de la metodología mejora los resultados de la productividad y mejora las ratios de utilidad.

Sobre el asunto, Carrera y Paredes (2021) desarrollan su “Propuesta de aplicación del Lean Construction para mejorar la planificación y el control en la ejecución de la partida UBS de las obras de saneamiento rural en la empresa RIPESA Perú E.I.R.L.-2020”. Investigación cuantitativa, en la que se aplicó las herramientas tren de actividades y last planner a la partida USB, obteniendo que 21% del tiempo de trabajo es TP, 30% es trabajo contributivo (TC) y 49% trabajo no contributivo (TNC).

Resulta así mismo interesante, Gilacopa y Colque (2020), realizaron el estudio "Aplicación de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad de las obras de edificaciones en la Ciudad de Tacna" Estudio sustentado en el paradigma positivista, enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, diseño de campo no experimental, transversal, la muestra la conformaron seis actividades constructivas, obtenida mediante muestreo no probabilístico intencionado utilizando un cuestionario y guía de observación. Los resultados fueron una productividad laboral promedio de 30,10% para los trabajos productivos (TP), 45,07% para los trabajos contributivos (TC) y 24,83% para las actividades no contributivas (TNC). Se concluye existe una mejora sustancial de la productividad laboral, haciendo especial énfasis en que la aplicación de las herramientas Lean Construction representa en sí mismo un camino andado hacia la optimización de la productividad de la mano de obra y la gestión del proyecto constructivo.

## 2.2 Bases teóricas vinculadas a las variables de estudio

### 2.2.1 Lean Construction

En la actualidad al hablar de Lean no sólo se hace referencias a un grupo de técnicas y herramientas, sino que es un sistema producción, una filosofía laboral una cultura esto incluye el pensamiento o hacer negocios. Lean afecta a toda la organización, su entorno, áreas de soporte u operativas, empleados a todo nivel extendiéndose a proveedores, socios y terceros. (Pons y Rubio, 2021, p. 20)

Por su parte, Rubio (2021), sostiene que el objetivo principal del Lean es agregarle valor a los productos o servicios que le ofrecemos al cliente, deja claro que el valor es que se entienda por completo las necesidades y expectativas de sus requerimientos cuando contrata al proveedor, sostiene que otro punto fundamental dentro de la metodología es la reducción de las mudas.

Ahora bien, Lean Construction es la aplicación de la metodología Lean a la construcción civil, en español significa “construcción sin pérdidas”, fue introducido por Lauri Koskela en el año 1992; en la actualidad la competitividad del mercado, la alta demanda y los tiempos de compromiso para la entrega de las obras hacen que constantemente se busque la mejora continua, que agregue valor y que eficiente el trabajo. En línea generales, la metodología busca una buena planificación de la construcción, tiempos de entrega adecuados, correcto uso de materiales, optimizar los costos asociados y mejorar los tiempos de entrega; para ello, identifican las actividades que no agregan valor, errores repetitivos o algún paso en el proceso que genere mudas. (SYDLE, 2022)

### 2.2.2 Desperdicios en Lean Construction

Para Taiichi Onno, en la década de 1950 definió 7 tipos de mudas en la filosofía Lean, actualmente debido al cambio de la estructura de las organizaciones y a los aportes de Liker, se definen 8 tipos de desperdicios en Lean Construction, estos son:

- Sobreproducción: es decir supera la demanda o son fabricados antes del tiempo en el que se les necesita, generando desequilibrio en el proceso y requiriendo un almacenaje de productos a la espera de ser requeridos.
- Tiempo de espera: Tiempos muertos en el que se debe parar a esperar a la siguiente etapa del proceso, generadas por cambio en el proyecto original, espera de toma de decisiones, demoras de la entrega de materiales o información, falta de equipo o máquinas, mala planificación u organización de grupos de trabajo, entre otras, que generan cuellos de botella y paradas no planificadas en diversas partes del proceso.
- Sobreprocesamiento: se origina cuando se realiza más trabajo que el



requerido o cuando se genera una calidad superior a la que el usuario ha solicitado, generalmente se ocasionan en trabajos no estandarizados en donde predominan actividades repetitivas.

- Inventario: Se origina cuando se acumula materiales o procesos que no se están utilizando e incluso pueden convertirse a obsoletos o sufrir algún daño o pérdida, esto además requieren espacios de almacén, cuidado, mantenimiento, y resguardo, lo que ocasionan sobrecostos de recursos y económicos.
- Movimientos: desplazamientos innecesarios realizados por el personal, que requieren moverse entre diferentes áreas como almacenes o plantas, para realizar alguna gestión, buscar materiales o usar maquinas; incluye el movimiento de los materiales, esto originado por una mala gestión de procedimientos, falta de automatización, riesgos, entre otros.
- Defectos: Hace referencia tanto a los productos, servicios, data incorrectos o incompletos, en este caso además no agregar valor lo restan; son ocasionados por errores no detectados a tiempo o no se corrigieron al inicio, ocasionan reprocesos, paradas, almacenajes, mermas y ponen en peligro la calidad.
- Talento no utilizado: Está referido a las fortalezas no utilizadas de los miembros del equipo de trabajo, que pueden aportar sus conocimientos, experiencias y creatividad para mejorar los procesos, encontrar causas raíces y buscar soluciones a problemas o potenciales problemas.



Figura 3. Desperdicios en el Lean Construction, por Think Productivity  
Fuente: Think Productivity. <https://think-productivity.com/desperdicios-lean->

### 2.2.3 Last Planner System

Ballard y Howell desarrollaron una el Last Planner System (LPS) que tiene como objetivo mejorar el proceso de programación de la planificación de la obra tradicional, en el que las actividades descritas se enuncian si tener la certeza de que se puedan concretar en la obra o no, por su parte el Last Planner es tener en cuenta las actividades que efectivamente se puede hacer de manera específica con el fin de monitorear y controlar las posibles trabas de tal forma la probabilidad de ejecución es elevada y por ende la incertidumbre tiende a eliminarse, evitando demoras en la realización de los trabajo. (Porras et al., 2014, p. 33-34)

Al respecto, tanto los encargados de la planificación como lo ejecutores de las tareas deberán en primer lugar identificar “lo que se puede realizar” y luego acordar “lo que se ejecutará” durante el periodo determinado, de tal manera que se controla que alguna de las actividades sufra una para por alguna restricción; estos “acuerdos” ayudan al incremento de la productividad de las actividades, tener mano de obra, maquinaria u auxiliares parados por falta de material, uso inadecuado de los recursos y les permitirá tomar acción en caso se identifique alguna restricción o posible parada en el proceso (Pons y Rubio, 2020, p. 87-88)



*Figura 4.* Proceso sin Las Planner Vs. Proceso con Last Planner  
Fuente: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos técnicos de Zaragoza

Pero es necesario que, al término de cada semana se revisen los resultados de los hitos obtenidos, de tal manera que se pueda establecer una ratio de cumplimiento conocido como Porcentaje de partes cumplidas (PPC), este hace referencia a la relación existente entre las medidas reales ejecutadas versus las planificadas. El objetivo es que esta ratio vaya avanzando a la par de la ejecución de la obra, si esto no sucede los planificadores y ejecutores

deberán realizar un análisis de las causas que ocasionan el no cumplimiento, ya sea poca coordinación, rendimiento menor al esperado, retrasos con la recepción de materiales, logística interna, problemas climatológicos o cambios en el proyecto original. (Consuegra, 2019, p. 1)

Así mismo resulta interesante, conocer algunas de los beneficios que se pueden obtener utilizando el LPS:

- Fomenta la comunicación, trabajo de equipo, al establecer hitos y acuerdos
- Seguimiento periódico, lo que permite controlar los rendimientos reales y verificar si se cumplen o no los plazos.
- Todos los miembros del equipo son responsables del cumplimiento de la planificación.
- Definición de responsables por cada área/grupo de trabajo, así como fecha y los entregables.
- Impulsa una actitud de mejora continua
- Información a alcance de los integrantes de los equipos de trabajo, y se refleja en el Value Stream Mapping (VSM)
- Permite la asignación clara de las responsabilidades (INCOGA Smart Bulding, 2020, p.1)

#### 2.2.4 Planificación Intermedia:

La planificación intermedia o lookahead, tiene como objeto concentrar el cuidado de las actividades programadas en el futuro, de tal manera que se puedan tomar las medidas necesarias para obtener el resultado planificado, es decir, la planificación intermedia es un lapso de tiempo en el futuro que admite tener hacernos una idea previa de las actividades futuras, sus necesidades de materia prima, información, material en proceso u otros requerimientos para que se lleve a cabo según se diseñó, sus funciones son:

- Busca un equilibrio entre la carga de trabajo y capacidad
- Verificar la secuencia de las actividades
- Desarrollo de los métodos de ejecución
- Listado de actividades para ejecutar

(Portilla, 2015, p.8-9)

Así mismo, debemos tener en cuenta que es el paso siguiente a la planificación inicial, de la que se desprenden el plan maestro y precede a la planificación compromiso, del que se genera el plan de trabajo semanal (PTS). Debe señalarse también, que esta planificación contempla periodos de 5 – 6 semanas, en donde las tareas son revisadas de manera detallada, lo que permite que identifiquen subtareas que se deben ejecutar que deben considerarse como prerequisites del trabajo, de tal manera de que se eliminen las restricciones que pueden ocasionar que no se cumpla con la actividad (Botero y Álvarez, 2005, p.151).

Dicho de otro modo, la planificación intermedia, busca la reducción de incertidumbre en las tareas detalladas en el plan, adelantándose a identificar y solucionar las restricciones de cada una de ellas, de tal manera que se garantice que las siguientes actividades comiencen en el momento programado (Hoyos y Botero, 2021, p.603)

#### 2.2.5 Productividad:

En relación a la productividad, hay que tener en cuenta que las organizaciones al estar conformadas por seres humanos, se les considera organismos sociales únicos e irrepetibles, cuya razón de ser es obtener objetivos estratégicos desarrollados por el directorio y la alta gerencia, para lo cual hace uso de materiales, equipos, mano de obra, entre otros (Marvel et al., 2011) Para lograr estos objetivos, los empleados son organizados en diferentes áreas en donde transforman la materia prima en un producto o servicios; la medida de esta transformación se llama, productividad, la que hace referencia a la mejora de un proceso productivo, es decir que, al comparar la cantidad de recursos empleados y la cantidad de productos o servicios producidos, el resultado es positivo. Por otra parte, se indica que productividad es la relación entre lo producido y lo gastado en ello y se puede expresar como:

$$PRODUCTIVIDAD = \frac{CANTIDAD PRODUCIDA}{RECURSOS EMPLEADOS}$$

(Carro y González, 2012, p.3)

Así mismo la productividad, está en relación a algún proceso en donde participan partes y actividades y que el objetivo final es obtener un producto o un servicio resultante; las organizaciones buscan obtener mejores resultados con la misma o menor cantidad de recursos; por otro parte, los factores que intervienen en la productividad se encuentran los factores internos, como productos, tecnología, personal, materiales, métodos, entre otros y externos, como cambios en la economía, demográficos, recursos naturales y administración pública (Fontalvo-Herrera et al., 2017, p. 50).

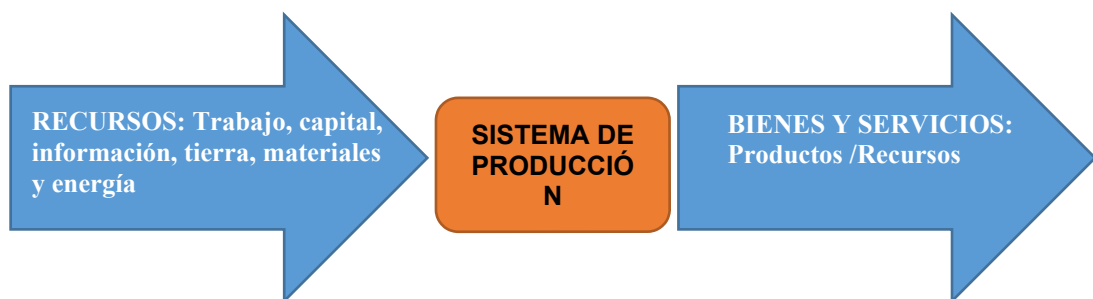


Figura 5. Esquema general de productividad  
Fuente: Elaboración propia

#### 2.2.6 Carta Balance:

Es conocida también como carta de equilibrio, en líneas generales es una gráfica en la que se mide el tiempo de los recursos que participan en cada actividad (en minutos), los gráficos facilitarán tener claramente definida la secuencia lógica del proceso y facilitará la identificación de áreas de mejora; tiene como objetivo realizar el análisis de la eficiencia del método constructivo que se utiliza, busca que la mano de obra ejecute sus labores de manera más inteligente (Serpell y Verbal, 1990).

#### 2.2.7 Nivel General de Actividad:

Es un análisis de cómo se dosifica el tiempo de los colaboradores de la obra, se realiza aleatoriamente y los resultados ayudan a comparar los resultados con los estándares internacionales. Para su aplicación, se sugiere:

Determinar el tamaño de la muestra y un nivel de confianza de 95%

La persona que realiza la observación debe ubicarse de tal manera que no interrumpa a los colaboradores y que su campo visual abarque a la mayor cantidad de personal.

Las observaciones deben ser aleatorias, evitando la secuencialidad y registrando los datos instantáneamente.

Los capataces no se incluyen en las observaciones

(Bombilla e Hidalgo, 2021, p.26-27)

#### 2.2.8 Tren de Actividades:

Es una cadena de actividades que tiene la forma de un tren, donde cada actividad que se debe ejecutar se le considera un “vagón”, generalmente se aplica en proyectos cuyas labores sean repetitivas o secuenciales. Está enfocada en controlar que el trabajo de los recursos de mano de obra se el esperado, obteniendo un sistema balanceado, busca minimizar los tiempos improductivos y las demoras de las tareas. Para su buena implementación, es necesario que se realice un análisis detallado del proceso de planificación de tareas y de la mano de obra de cada una de las actividades, de esta manera se conseguirá incrementar la productividad y cumplir con las fechas de entregas comprometidas con el cliente. Para elaborar un sistema de tren de actividades se debe tener en cuenta:

- Sectorizar: conocer el metraje de cada tarea en unidades (m<sup>3</sup>, m<sup>2</sup>, ml)
- Enlistar las actividades: identificar todas las tareas que se requieren realizar
- Secuenciar las actividades: identificar qué actividad inicia y cuál es el orden que se debe seguir
- Calcular los tiempos de ejecución

(Pincay y Ramos, 2018)

#### 2.3 Definición de términos básicos

- Demoras:

Daza y Domínguez (2019), refieren que: Las demoras vienen a ser la extensión de una tarea que excede al tiempo teórico calculado, existen demoras independientes, que ocurren solas y no a consecuencia de una demora previa; demora en serie: son ocasionadas por una demora en una

actividad previa consecutiva, y demoras concurrentes: agrupan dos o más actividades que podrían generar una demora en la planificación (pp. 15).

- Desperdicio:

Loayza et al. (2018), al respecto indican que: El desperdicio es mal aprovechamiento de un material o las capacidades de una persona y no añade valor agregado al producto final. (pp.33)

- Last Planner System:

Vishal (2010), en referencia al término indica: El Last Planner System es un método de control de producción de LC, su objetivo es elaborar un flujo de trabajo confiable y un aprendizaje rápido; para lo cual se debe tener en cuenta las practicas ideales, las factibles, las que se llevarán a cabo y las que se realizaron. (pp.6)

- Lean Construction:

Al respecto Cano (2018) indica que: El Lean Construction está referido a la mejora de los procesos que agregar valor a los proyectos constructivos, paralelamente se reducen o eliminan las mudas o desperdicios. (pp. 13)

- Plan Maestro (Workflow):

Sánchez et al. (2014), al respecto indican que: El plan maestro, es un cronograma que facilita la identificación de los principales sucesos o hitos del proyecto, como lo son el inicio de la obra, fechas de reposición de los materiales, diseño, controles y monitores, etc) y los tiempos, generalmente está basado en los convenios establecidos en el contrato entre el dueño y el contratista de la obra. (pp.52)

- Planificación Semanal:

Sánchez et al. (2014), en referencia al término sostiene que: Es un cronograma temporal en donde se especifican las actividades semanales, las cuales no deben tener restricción alguna para su ejecución; para su elaboración se debe tener en cuenta la programación de las próximas 4 semanas. (pp.31)

- Programación diaria (Parte de trabajo):

Sánchez et al. (2014), al respecto indican que: A la programación diaria, se le denomina también tareo, en esta programación se detalla claramente las actividades que se realizarán en el día, para lo cual se emplean gráficas y códigos de colores que refuerzan las indicaciones del ingeniero, este

documento se le entrega a la persona que es responsable de las actividades de la obra. (pp.30-31)

- Retrabajos:

En referencia, Nuñez (2015), manifiesta: Que los retrabajos son procesos por los que pasa un producto o actividad que deben ser realizadas más de una vez para poder cumplir con los requerimientos dados inicialmente por el cliente. (pp.25)

- Retrasos:

Al respecto Rudelli et al. (2018), indican que: Los retrasos son todos los actos, omisiones u eventos que perjudican o producen alteraciones al cronograma, avances o finalización de todo el proyecto o alguna parte del mismo, lo que origina que el proyecto se alargue y ocasiona costos no programados. (pp.72)

- Trabajo ejecutable:

Porras et al. (2014) refiere que: El trabajo ejecutable, son todas las actividades que tienen mayor posibilidad de que se realice, que previamente han sido revisadas y que se encuentran libre de restricciones. (pp.42-43)

- Trabajo Contributorio (TC):

Ito (2014), indica que: El trabajo contributivo, es el trabajo de soporte que se debe ejecutar para que el trabajo productivo se lleve a cabo, por ejemplo: ordenar el área de trabajo, traslado de materiales y herramientas, lectura de planos, armado de andamios y plataformas, entre otros (pp. 40)

- Trabajo productivo (TP):

Por su parte, Hinostroza et al. (2019) sostienen que: Es aquel aporta a la ejecución de unidad de construcción, por ejemplo, colocar ladrillos, tarrajeo de paredes, vaciado de concreto, encofrado de columnas, entre otros (pp. 26).

- Trabajo No Contributorio (TNC):

Al respecto, Hinostroza et al. (2019) indica que: Son aquellos trabajos que no generan valor y se encuentra dentro de las consideradas pérdidas, por ejemplo, las esperas, traslados con manos vacías, necesidades fisiológicas, entre otros (pp.21).

- Valor agregado:

Salvador (2016), indica que: Es una actividad en una o varias etapas del proceso, le agrega al producto un valor por el que el cliente está dispuesto a



pagar. (pp.75).

2

## **CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS**

### 3.1 Hipótesis

#### 3.1.1 Hipótesis General

La implementación del Lean Construction influye significativamente en la mejora de la productividad en la ejecución de actividades de las instalaciones eléctricas en Kapla Inversiones y Construcciones SAC.

#### 3.1.2 Hipótesis Especifica

- a) La aplicación de la herramienta carta balance permitirá reducir el tiempo de ejecución de las instalaciones eléctricas en una constructora.
- b) La implementación de Last Planner System ayudará a mejora del cumplimiento del cronograma de actividades en las instalaciones eléctricas en una constructora.

- c) La implementación de trenes de actividad ayudará al incremento de la eficiencia en Mano de Obra (MO) en las instalaciones eléctricas en una constructora.

### 3.2 Variables

#### 3.2.1 Definición conceptual de las variables

Lean Construction: Viene a ser una filosofía que con cuya aplicación se logra la mejora de la calidad, logra la disminución de pérdida de material, ahorro de tiempo y uso de menos de esfuerzo; favorece a la planificación de las obras y a su vez mejora la presencia de la empresa en el sector. (Caballero et al., 2018)

Productividad: Viene a ser una actitud encaminada a la mejora continua, utilizando todas las herramientas con las que se cuentan, persigue mejorar las actividades y acciones día a día, aplicando las teorías, metodología y tecnología vigentes. (Morales y Masías 2014)

#### 3.2.2 Operacionalización de las variables

Variable Independiente: Implementación Lean Construction

Variable Independiente	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional
Carta Balance	Si/No	Es una herramienta que de manera gráfica evidencia la información estadística de las actividades en la obra, su objetivo es mejorar la productividad en las actividades. (Pérez-Gómez et al.,2019, p.113)	Se medirá el tiempo en minutos del recurso que participa en la actividad
Last Planner	Si/No	Es un tipo de planificación que	Se medirá la

System	permite comparar lo que planificó hacerse versus lo que se realizó, ayuda a las futuras planificaciones a obtener certeza de las actividades que se pueden hacer. (Orihuela y Ulloa, 2011, p.1)	ejecución de las actividades programadas en la obra
Trenes de actividad	Si/No Está en relación a obtener el máximo beneficio posible de los recursos asignados a la actividad, en el caso de la mano de obra este recurso es el humano. (Guevara et.al, 2020, p. 2)	Se medirá el cumplimiento de las actividades asignadas a la mano de obra comparándolas con el teórico

#### Variable Dependiente: Productividad

Variable Dependiente	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional
Tiempo de ejecución	Si/No	Es el tiempo en que la empresa constructora se compromete con el inversionista para la entrega de la obra (González et. al, 2010, p.21)	Se mide el tiempo en el que se realiza una tarea y que debe ser menor o igual a teórico
Cumplimiento del cronograma de actividades	Si/No	Es la verificación si el cronograma de actividades se cumple o no, en orden, fechas, duración y recursos planificados (Huertas, 2021, p.16)	Se mide si las actividades planificadas en cada etapa del proceso se llevan a cabo en su totalidad
Eficiencia	Si/No	Hace referencia a la ejecución correcta de las actividades (García et. al, 2019, p.5)	Se mide la cantidad de veces que no se obtuvieron los resultados deseados

## CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 3

#### 4.1 Tipo, enfoque y nivel

El enfoque utilizado es cuantitativo, porque se obtendrá información numérica que luego será procesada y los resultados se presentan en cuadros, tablas y medida, en las que se plasman los resultados de las frecuencias absolutas y relativas. (Sabino, 1992)

El tipo que se utiliza para la investigación es aplicada, ya que su desarrollo se basa en la metodología de calidad previamente establecida y estudiada, Lean Construction, que permitirá la mejora de la productividad y el control de materiales en la ejecución de las instalaciones eléctricas en la empresa Kapla Inversiones y Construcciones SAC. Este tipo de investigación se caracteriza porque tiene el objetivo de buscar soluciones a problemas prácticos, conducente a una transformación tangible de la sociedad o empresa, utilizando la investigación básica que le aportará conocimientos teóricos para lograr dicha solución. (Ñaupas et al., 2014)

El nivel de investigación es explicativo, porque se explicará la relación de la variable Implementación de Lean Construction en la mejora de la productividad, a través de la identificación de la problemática relacionada al uso de materiales y tiempos de la mano de obra en las instalaciones de la empresa; que nos permitirá explicar los motivos que originan los eventos y generan reclamos posteriores de los clientes finales. Al respecto, Arias (2012), manifiesta que los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas como de los efectos mediante el uso de la prueba de hipótesis.

#### 4.2 Diseño de la investigación

Se emplea un diseño experimental. (Hernández et al., 2014) la define, como aquella que permite que se manipule intencionalmente una o más variables independientes para analizar sus posibles efectos sobre las otras; es cuasi-experimental, porque se estudian el comportamiento de los trabajadores de la empresa, responsables de la ejecución de las instalaciones eléctricas, antes y después de la implementación de la filosofía Lean Construcción. Por su parte (Ñaupas et al., 2014), refiere que estos diseños trabajan con grupos ya formados, no aleatorios, estos diseños se aplican a situaciones reales que permiten manipular la variable experimental. En el estudio en primer término a través del pretest se identificaron los problemas con cuyo resultado se pudo elaborar el plan de mejora implementando el Lean Construction y sus herramientas como la carta balance y last planner system; posterior a ello en el postest se pudo evidenciar mejoras sustantivas en las horas hombre, cumplimiento de cronograma y efectividad.

#### 4.3 Población y muestra

La población son todos los proyectos de instalaciones eléctricas ejecutados por la empresa Kapla inversiones y construcciones SAC

##### **Muestra**

Por consideraciones de ubicación entre los proyectos y facilidad para el acceso de la información se ha tomado como muestra los trabajos de instalaciones eléctricas ejecutados por la empresa Kapla inversiones y construcciones SAC en el proyecto “MEJORAMIENTO DE LA GESTION INSTITUCIONAL DE LA SEDE CENTRAL Y DE LAS DIRECCIONES REGIONALES ADSCRITAS EN LA PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO DEL GOBIERNO REGIONAL DE UCAYALI, REGION UCAYALI”- CODIGO SNIP: 259304”

Periodo de estudio

Pretest: De abril 2021 a marzo 2022

Postest: De abril 2022 a marzo 2023

#### 4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

##### 4.4.1 Tipos de técnicas e instrumentos

- Se está realizando la técnica de análisis documental y la observación directa.
- Como instrumento se está empleando los documentos propios de la empresa y de la información del proyecto. Que son los partes de producción diario y semanal, el cronograma del proyecto, de la planificación semanal de actividades y los precios unitarios y Análisis de los tiempos de trabajo productivo, contributorio y no contributorio.

##### 4.4.2 Procedimiento para la recolección de datos

El procedimiento de recolección de datos se detalla a continuación:

- Se identificó que los datos requeridos para la investigación están en los

registros de los partes de producción diario, partes de producción semanal, cronograma del proyecto, Planificación semanal de actividades, presupuesto de obra.

- Se solicita la documentación a la oficina técnica.
- Mediante la observación directa se analiza los tiempos de trabajo productivo, contributorio y no contributorio.
- Se procesa los datos recolectados mediante el software Microsoft Excel.
- Se elabora tablas estadísticas y gráficos descriptivos de la información.

#### 4.5 Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

Con los registros de la empresa se tabularán los datos en el software Excel de donde obtendremos:

- Cantidad de Horas Hombre por actividad.
- Cantidad de Producción.
- Rendimientos de Horas Hombre por unidad.
- Cumplimiento de las actividades.
- Lista de causas de incumplimiento de actividades
- Mayores causas de incumplimiento.

De la observación directa mediante la carta balance se obtendrá:

- Porcentaje de tiempo Productivo.
- Porcentaje de tiempo Contributorio.
- Porcentaje de tiempo No Contributorio.
- Mayores causas de trabajo no productivo.

Se utilizará el software Promodel para realizar una simulación del proceso posterior a la implementación de las herramientas propuestas y con el software SPSS se valida estadísticamente si la implementación de las herramientas genera un cambio significativo.

## **CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Para este capítulo se aplicaron las herramientas de ingeniería: la carta balance para hallar los tiempos de trabajo productivo, contributorio y no contributorio, el

diagrama de Pareto para identificar las mayores causas de trabajo contributivo y no contributivo, el Last Planner System para hallar el análisis de restricciones de cumplimiento de las actividades, el tren de actividades para generar procesos continuos y secuenciales.

## 5.1 Diagnostico situacional

### 5.1.1 Situación Actual de la empresa

La empresa Kapla inversiones y Construcciones SAC es una empresa que se dedica a la consultoría de proyectos electromecánicos y a la ejecución de instalaciones electromecánicas en edificaciones. Viene ejecutando las instalaciones eléctricas del Proyecto de Inversión Pública: “MEJORAMIENTO DE LA GESTION INSTITUCIONAL DE LA SEDE CENTRAL Y DE LAS DIRECCIONES REGIONALES ADSCRITAS EN LA PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO DEL GOBIERNO REGIONAL DE UCAYALI, REGION UCAYALI”- CODIGO SNIP: 259304”.

#### Ubicación

El Proyecto por ejecutarse se encuentra Ubicado en:

- Departamento: Ucayali.
- Región: Ucayali
- Provincia: Coronel Portillo
- Distrito: Callería.
- Localidad: Pucallpa.
- Dirección: Jr. Amazonas, Jr. Masisea y la Av. Universitaria.
- Región Natural: Selva
- Coordenadas UTM: (547859.55, 9073030.50)





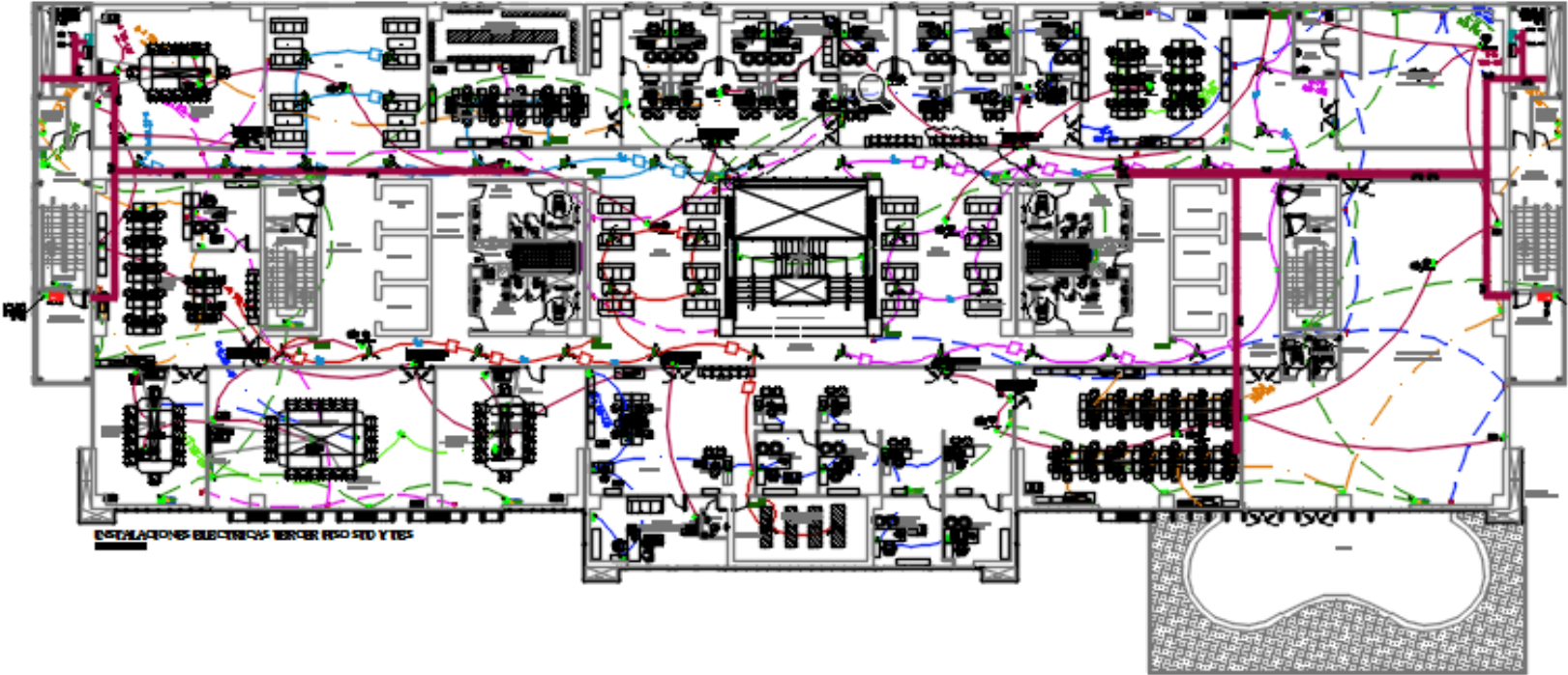
*Figura 6.* Fachada de edificio

Fuente: Elaboración propia

Por condiciones del contrato csp 005-2021 se tiene para realizar el proyecto 28 meses y 16 días.

**Plano de puntos de data**

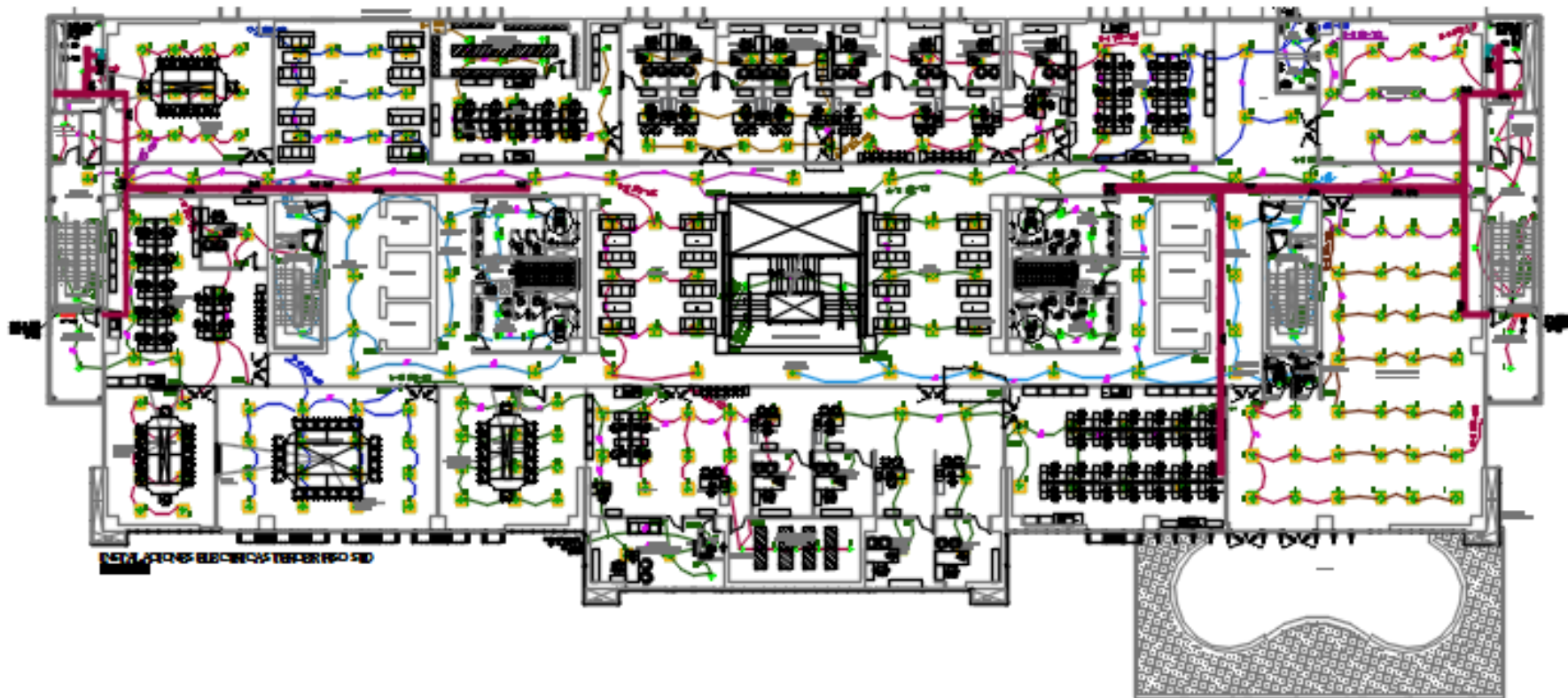
La ubicación de las salidas de data se muestra en los planos



*Figura 7.* Plano de Data.  
Fuente: Proyecto de la nueva sede del Gobierno Regional de Ucayali.

## Plano de bandeja

La ubicación del recorrido de bandeja se muestra en los planos



*Figura 1.* Plano de bandeja

Fuente: Proyecto de la nueva sede del Gobierno Regional de Ucayali

La empresa Kapla inversiones está ejecutando las instalaciones eléctricas de la nueva sede del Gobierno Regional de Ucayali, por lo que se ha suscrito un contrato con el consorcio Sede Pucallpa, por un monto de S/5'258,293.40. Donde están comprendidas las salidas para data y suministro e instalación de bandeja portacables, en la cantidad y los precios unitarios que muestra la tabla 2, también se muestra la cantidad de salidas por piso.

Tabla 2.  
Condiciones contractuales.

Condiciones contractuales					
Partida	Descripción	Und.	Cantidad	Precio Unitario	Monto S/
01.04.02.03.4	SALIDA PARA PUNTOS DE DATA	UND	2793	127	183,261
01.04.01.03.2	INSTALACIÓN DE BANDEAS PORTACABLES	UND	5692	224,88	1,280,016

Fuente: Proyecto de la nueva sede del Gobierno Regional de Ucayali.

La cantidad de puntos de data y los metros de bandeja que se instalaran en cada piso es de 2793 unidades y 5692 Metros respectivamente, repartidos en cada piso como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3.  
Cantidad de Metrado por Piso.

CANTIDAD DE METRADO POR PISO		
Piso	Data (Und)	Bandejas (Mts)
Sótano	223	165
1er	294	197
2do	322	197
3er	296	197
4to	357	196
5to	335	1185
6to	330	1185
7mo	357	1185
8vo	279	1185
TOTAL	2793	5692

Fuente: Proyecto de la nueva sede del Gobierno Regional de Ucayali.

- Instalación de salida de puntos de data

Comprende la instalación de la caja cuadrada 100mmx100mm y el canalizado en tubería EMT, La ubicación del punto de data se encuentra indicada en los planos, como se muestra en la figura 9 y 10.



*Figura 9.* Instalación punto de Data  
Fuente: Elaboración propia



*Figura 2.* Instalación de data  
Fuente: Elaboración propia

- Precio Unitario de salida para Data

El precio unitario de salida para puntos de data es de 121 soles, y corresponde a la mano de obra 60,85 soles, y se tiene un rendimiento de 3,36 HHxUnd como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4.  
Precio unitario de salida data.

Precio Unitario - Salida para Data					
pto/DIA		5	Costo unitario directo por : pto		121
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0,1	0,16	26,42	4,23
OPERARIO	hh	0	0	23,44	0
OFICIAL	hh	1	1,6	18,63	29,81
PEON	hh	1	1,6	16,76	26,82
TOTAL			3,36		<b>60,85</b>

Fuente: Proyecto de la nueva sede del Gobierno Regional de Ucayali.

- Instalación de bandejas portacables.

Comprende el suministro e instalación de bandejas metálicas empotradas en la losa de concreto, instalación y medidas de acuerdo con el plano de instalación de bandeja portacable como se muestra en la figura 11.



Figura 3. Instalación de bandejas portacables

Fuente: Elaboración propia

- Precio unitario de instalación de bandejas portacables.

El precio unitario de salida para instalación de bandejas portacables es de 224,88 soles, y la mano de obra corresponde 59,73 soles, y se tiene un rendimiento de 2,88 HHxmt como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5.

Precio unitario instalación de bandeja portacables.

Precio unitario instalación de bandeja portacables					
Mts/Día		5	Costo unitario directo por : mt		224
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad HH	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	Hh	0,05	0,08	26,42	2,11
OPERARIO	Hh	1	1,6	23,44	37,5
OFICIAL	Hh	0	0	18,63	0
PEON	Hh	0,75	1,2	16,76	20,11
TOTAL			2,88		59,73

Fuente: Proyecto de la nueva sede del Gobierno Regional de Ucayali.

### 5.1.2 Pre test

- Horas Hombre salida de puntos de Data

La empresa en la instalación de puntos de Data está consumiendo un mayor número de horas hombre de lo presupuestado donde se evidencia que el rendimiento real es menor al presupuestado como se observa en la tabla 6.



También se constata un número de horas hombre utilizadas en la instalación de bandejas portacables lo que también indica que su rendimiento es menor al presupuestado como se observa en la tabla 7.

Tabla 6.  
Variación de horas hombre Salida de data

Variación Horas Hombre (Salida de puntos de Data)								
Partida	U/M	Cantidad	Rendimiento		HH		Variación	
			PPTO	REAL	PPTO	REAL	HH	%
mar-21	Und	16,27	3,36	5,22	54,67	85	-30,33	-55
abr-21	Und	17,33	3,36	4,44	58,23	77	-18,77	-32
may-21	Und	46,09	3,36	3,54	154,86	163	-8,14	-5
jun-21	Und	122,41	3,36	3,75	411,3	459	-47,7	-12
jul-21	Und	93,48	3,36	3,13	314,09	293	21,09	7
ago-21	Und	128,94	3,36	4,27	433,24	551	-117,76	-27
sep-21	Und	36,64	3,36	3,93	123,11	144	-20,89	-17
oct-21	Und	140,35	3,36	4,36	471,58	612	-140,42	-30
nov-21	Und	27,8	3,36	4,06	93,41	113	-19,59	-21
dic-21	Und	99,76	3,36	3,83	335,19	382	-46,81	-14
ene-22	Und	53,74	3,36	4,04	180,57	217	-36,43	-20
feb-22	Und	165,54	3,36	4,16	556,21	688	-131,79	-24
<b>Total</b>		<b>948,35</b>			<b>3186,4</b>	<b>3784</b>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7.  
Variación de horas hombre Instalación bandejas portacables

Variación Horas Hombre (Instalación bandejas portacables)								
Partida	U/M	Cantidad	Rendimiento		HH		Variación	
			PPTO	REAL	PPTO	REAL	HH	%
mar-21	Ml	91,07	2,88	5,22	255	279	-24,0	9
abr-21	Ml	282,53	2,88	4,44	791,08	868	-76,92	10
may-21	Ml	35,85	2,88	3,54	100,38	123	-22,62	23
jun-21	Ml	99,39	2,88	3,75	278,29	437	-158,71	57
jul-21	Ml	453,11	2,88	3,13	1268,7	1434	-165,29	13
ago-21	Ml	228,22	2,88	4,27	639,02	790	-150,98	24
sep-21	Ml	144,87	2,88	3,93	405,64	516	-110,36	27
oct-21	Ml	263,31	2,88	4,36	737,27	839	-101,73	14
nov-21	Ml	181,31	2,88	4,06	507,67	675	-167,33	33
dic-21	Ml	117,14	2,88	3,83	327,99	417	-89,01	27
ene-22	Ml	172,2	2,88	4,04	482,16	593	-110,84	23
feb-22	Ml	208,6	2,88	4,16	584,08	772	-187,92	32
<b>Total</b>		<b>2277,6</b>			<b>6377,3</b>	<b>7743</b>		

Fuente: Elaboración propia

- Cumplimiento del programa

La empresa se encuentra retrasada según el cronograma maestro esto se debe a que no cumplen con las actividades programadas en la fecha que deben realizarlas, se obtiene el Porcentaje de Cumplimiento del Programa dividiendo actividades completadas sobre las programadas que en nuestro caso es 61,16% de cumplimiento acumulado desde marzo 2021 hasta febrero 2022.ver Tabla 8.

Tabla 8.



Cumplimiento de programación de obra

Ítem	Instalaciones Eléctricas	Actividades		% Cumplimiento	% Cumplimiento acumulado
		Programado	Cumplido		
1	mar-21	17	11	64,71	64,71
2	abr-21	18	10	55,56	60,00
3	may-21	18	11	61,11	60,38
4	jun-21	24	17	70,83	63,64
5	jul-21	23	15	65,22	64,00
6	ago-21	19	14	73,68	65,55
7	sep-21	22	13	59,09	64,54
8	oct-21	16	9	56,25	63,69
9	nov-21	22	13	59,09	63,13
10	dic-21	14	7	50,00	62,18
11	ene-22	18	10	55,56	61,61
12	feb-22	13	7	53,85	61,16

Fuente: Elaboración propia

- Eficiencia de HH

A la hora de ejecutar las actividades se han consumido un mayor número de horas hombre que las del presupuesto, se realizó la comparación con las horas hombres reales consumidas obteniendo un Ratio de eficiencia acumulado de 97,82% como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9  
Eficiencia HH

EFICIENCIA HH				
ITEM	Fecha	HH TOTALES PPTO	HH TOTALES REAL	% Ratio HH
1	mar-21	1688,9	1672	101,00
2	abr-21	1697,3	1643	103,28
3	may-21	2923,5	2944	99,30
4	jun-21	2955,2	2959	99,87
5	jul-21	2961,5	2876	102,99
6	ago-21	4624,8	4401	105,09
7	sep-21	4338,0	4600	94,31
8	oct-21	4968,0	4980	99,77
9	nov-21	3667,8	4155	88,27
10	dic-21	4263,4	4472	95,34
11	ene-22	3906,8	4127	94,66
12	feb-22	3686,2	3780	97,52
	Total	41681,4	42608,418	97,82

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.3 Post Test

Se realizó la Simulación de la propuesta de mejora a partir de los datos del pretest en el software Promodel, obteniendo los datos de la figura 12

Se realizó la simulación

Variable Resumen (Prom. Reps)							
Réplica	Nombre	Total Cambios	Tiempo Por cambio Promedio (Min)	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Actual	Valor Promedio
Avg	V Tiempo total de actividades	1.00	359.07	0.00	1,898.00	1,898.00	0.00
Avg	V Tiempo de data HH	1.00	208.20	0.00	3.14	3.14	1.31
Avg	V Tiempo de instalacion de bandejas HH	1.00	359.07	0.00	2.51	2.51	0.00
Avg	V Actividades	1.00	359.07	0.00	16.67	16.67	0.00

Figura 12. Simulación Promodel  
Elaboración: Propia

Se realizó la simulación de instalación de puntos de data. Figura 13

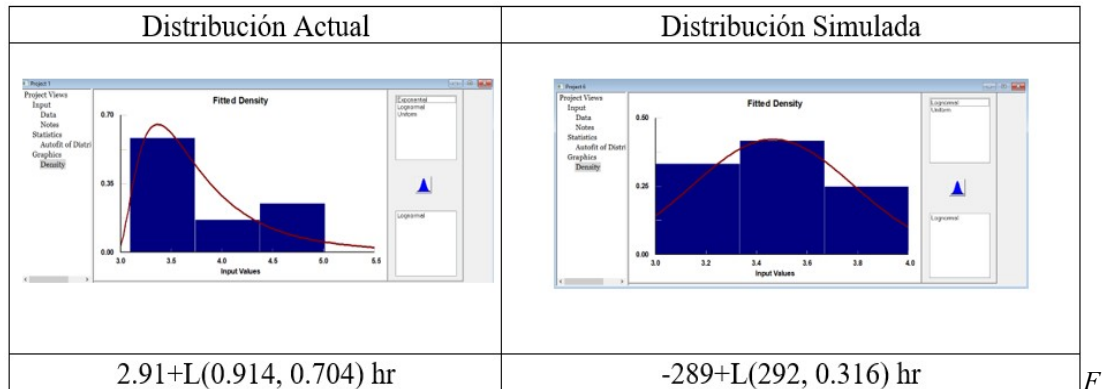


Figura 13. Simulación puntos de data  
Elaboración: Propia

Se realizó la simulación de instalación de bandejas portacables. Figura 14

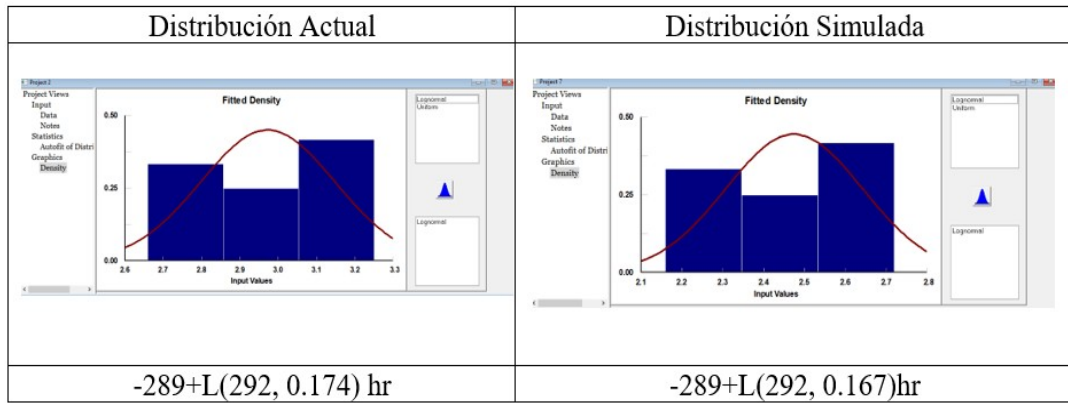


Figura 14. Simulación Instalación bandejas portables  
Elaboración: Propia

Se realizó la simulación del cumplimiento de actividades Figura 15

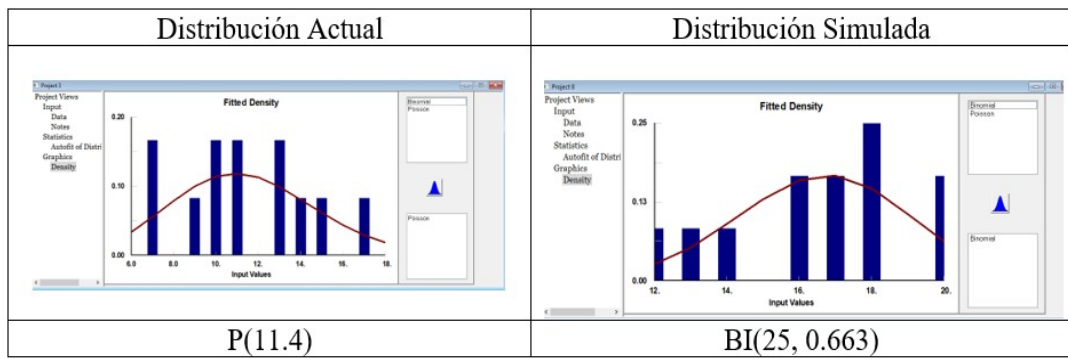


Figura 15. Simulación de cumplimiento de actividades  
Elaboración: Propia

Se realizó la simulación de la eficiencia de las actividades Figura 16

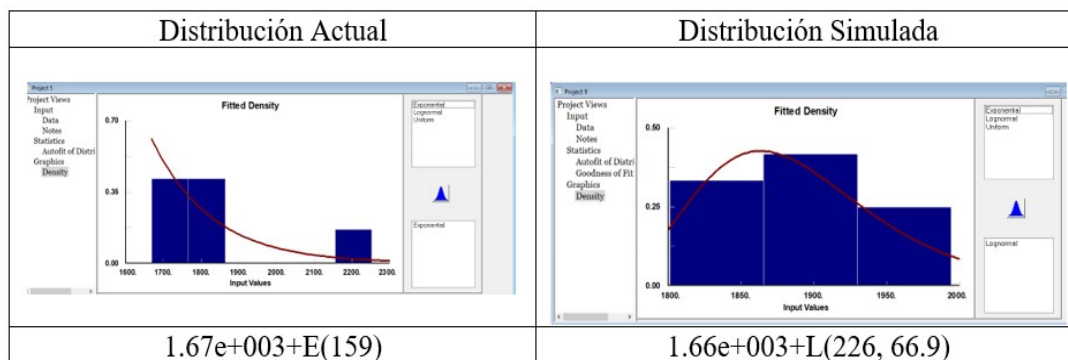


Figura 16. Simulación Instalación de eficiencia de actividades  
Elaboración: Propia

Lo que nos da los siguientes resultados

- Rendimiento de Instalación de cajas de data = 3.14 HH x Und

- Rendimiento de instalación de bandejas = 2.51HH x Und
- Porcentaje de cumplimiento de actividades = 16.67 cantidad
- Tiempo total de actividades = 1898 HH valores acumulativos

### Carta Balance

Se implementó la Carta Balance para visualizar los porcentajes de Trabajo Productivo, Trabajo Contributorio y los No Contributorio de las actividades de instalación de puntos de data y de instalación de bandejas portacables, donde primero se clasificó los trabajos realizados y se les asignó un código, como muestra la tabla 10 y la tabla 11.

Tabla 10  
Clasificación de trabajo instalación de puntos de data

Clasificación de trabajo		
Tipo de trabajo	Descripción	Código
	Instalación de tubería EMT	1
	Instalación de abrazadera	2
	Doblado de tubería EMT	3
TP	Conexión de uniones y conectores	4
	Fijar caja	5
	Embone de tubería PVC - EMT	6
	Fijar refuerzo	7
	Transporte de materiales	10
	Ubicar punto en plano	11
	Ubicar punto en área	12
	Retiro de material	13
TC	Mediciones	14
	Indicaciones	15
	Búsqueda de piezas	16
	Corte de tubería	17
	Cortar refuerzo	18
	SST	19
	Esperas	20
TNC	Tiempo ocioso	21
	Retrabajos	22

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11  
Clasificación de trabajo instalación de bandejas portacables

Clasificación de trabajo		
Tipo de trabajo	Descripción	Código
TP	Recorrido de Línea con ocre	1
	Perforación de Techo	2
	Colocación de taco expansor	3
	Fijación de taco expansor	4
	Colocación de varilla	5
	Colocación de riel unistrut	6
	Colocación de tuercas	7
	Colocación de bandeja	8
	Nivelación de bandeja	9
	Colocación de Uniones de bandeja	10
TC	Transporte de material	11
	Ubicar recorrido en planos	12
	Ubicar recorrido en área	13
	Retiro de residuos solidos	14
	Mediciones	15
	Indicaciones	16
	Búsqueda de piezas	17
	Corte de bandeja	18
	Corte de Varilla roscada	19
	Corte de riel unistrut	20
TNC	SST	21
	Esperas	22
	Tiempo ocioso	23
	Retrabajos	24

Fuente: Elaboración propia

#### Determinación de número de muestras

Luego de clasificar los trabajos se procedió a calcular el número de muestras necesarias con la formula.

$$n = \frac{k^2 \times p \times q}{e^2}$$

Dónde:

n = Numero de observaciones

K = 1,96 para un grado de confiabilidad

P = 50% (porcentaje estimado)

Q = 50% (100 – porcentaje estimado)

E = 5% (error permitido)

$$n = \frac{1,96^2 \times 0,5 \times 0,5}{0,05^2}$$

*n = 384 observaciones*

Se realizó el desarrollo de carta balance para instalación de bandejas portacables tabla 12 y de instalación de puntos de data tabla 13.

Se tomaron los datos cada minuto, se colocó el código que correspondía a cada actividad.

Tabla 12  
Desarrollo carta balance puntos de data

Ítem	Operario 1	Ayudante 1	Operario 2	Ayudante 2
1	19	19	19	19
2	19	19	19	19
3	19	19	19	19
4	19	19	19	19
5	19	19	19	19
6	19	19	19	19
7	19	19	19	19
8	19	19	19	19
9	19	19	19	19
10	19	19	19	19
11	19	19	19	19
12	19	19	19	19
13	19	19	19	19
14	19	19	19	19
15	19	19	19	19
16	16	14	16	14
17	16	14	16	14
18	16	14	16	14
19	21	14	21	14
20	16	14	16	14
21	16	14	16	14
22	16	14	16	14
23	16	14	16	14
24	16	14	16	14
.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....
129	1	1	21	21
130	1	1	21	21
131	2	1	21	21
132	2	1	21	21
133	2	1	23	23
134	2	2	23	23
135	2	2	23	23
136	4	2	23	23
137	4	2	23	23
138	4	2	23	23
139	4	4	23	23
140	21	4	23	23
141	4	4	23	23

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13  
Desarrollo carta balance instalación de bandejas portacables

	<b>Operario 1</b>	<b>Ayudante 1</b>	<b>Operario 2</b>	<b>Ayudante 2</b>
1	21	21	21	21
2	21	21	21	21
3	21	21	21	21
4	21	21	21	21
5	21	21	21	21
6	21	21	21	21
7	21	21	21	21
8	21	21	21	21
9	21	21	21	21
10	21	21	21	21
11	21	21	21	21
12	21	21	21	21
13	21	21	21	21
14	21	21	21	21
15	21	21	21	21
16	11	11	11	11
17	11	11	11	11
18	11	11	11	11
19	11	11	11	11
20	11	11	11	11
21	11	11	11	11
22	11	11	11	11
23	11	11	11	11
24	11	11	11	11
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
154	10	10	22	22
155	10	10	22	22
156	10	10	22	22
157	10	10	22	22
158	23	23	22	22
159	23	23	22	22
160	23	23	10	10
161	23	23	10	10
162	23	23	10	10
163	14	14	10	10
164	14	14	14	14
165	14	14	14	14
166	14	14	14	14

Fuente: Elaboración propia

Se analizó el porcentaje de Trabajo Productivo (TP), Trabajo Contributorio (TC) y trabajo No Contributorio (TNC) por cada trabajador en la actividad de instalación de puntos de data Tabla 14 y Figura 17 y de instalación de bandejas portacables Tabla 15 y Figura 18.

Tabla 14  
Distribución de actividad instalación de cajas de data



Distribución de actividad instalación de cajas de data			
Trabajador	TP (%)	TC (%)	TNC (%)
Operario 1	19	19	62
Operario 2	34	21	45
Ayudante 1	22	18	60
Ayudante 2	29	18	53

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo un nivel de trabajo productivo máximo de 34% por parte del operario 2 y un trabajo productivo mínimo de 19% por parte del operario 1 figura 17.

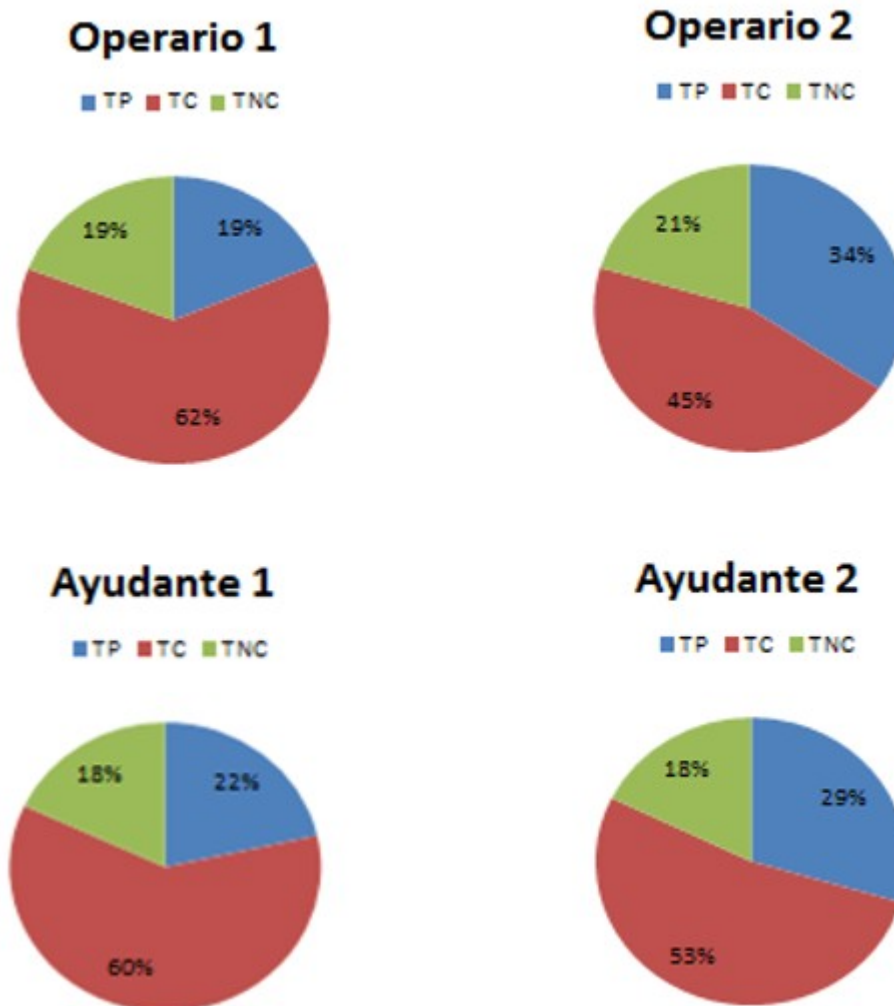


Figura 17. Porcentaje de actividad  
Fuente: Elaboración propia

Tabla 15  
Distribución de actividad instalación de bandejas portacables

Distribución de actividad instalación de bandejas portacables

Trabajador	TP (%)	TC (%)	TNC (%)
Operario 1	30	8	62
Operario 2	26	9	65
Ayudante 1	30	8	62
Ayudante 2	22	9	69

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo un nivel de trabajo productivo máximo de 30% por parte de los 2 operario y un trabajo productivo mínimo de 22% por parte del ayudante 2 figura 18.

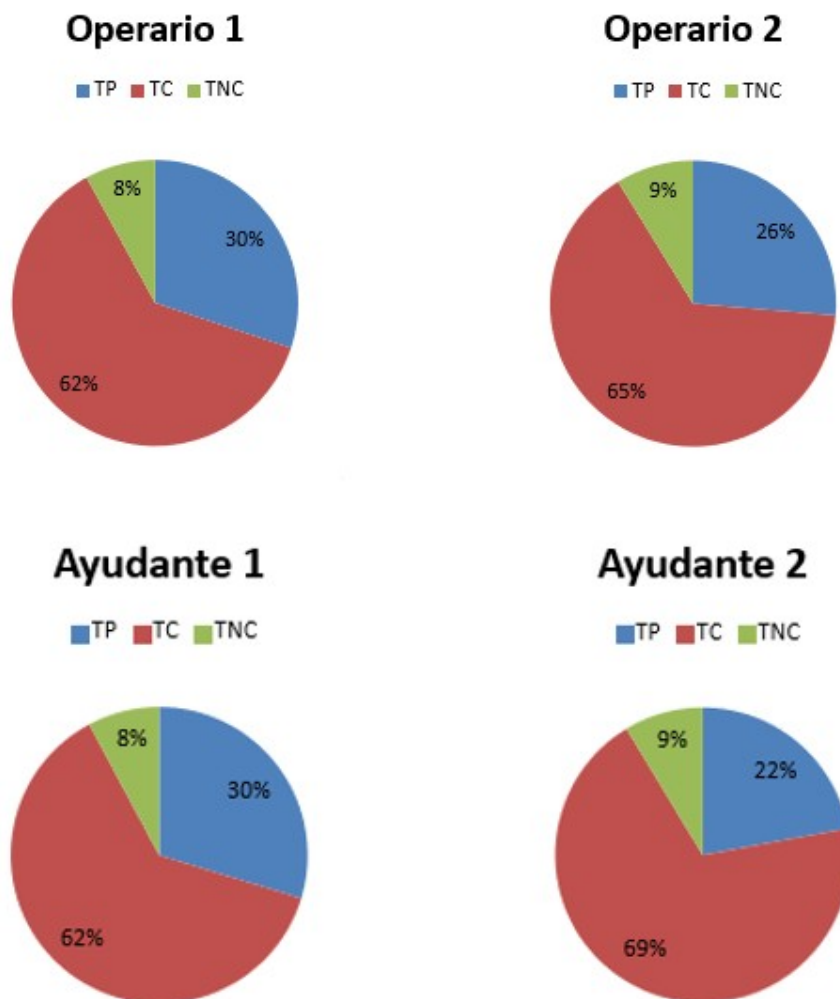


Figura 18. Porcentaje de actividad  
Fuente: Elaboración propia

El consolidado del tiempo por tipo de trabajo de la actividad instalación de cajas de data es: Trabajo productivo (TP): 26,26%; Trabajo Contributorio (TC):54,89% y Trabajo No Contributorio (TNC):18,85% especificado en la tabla 16.

Se coloco el tiempo por tipo de trabajo y los tiempos por actividad figura 19.

Tabla 16  
Tiempo por tipo de trabajo instalación de cajas de data

Tiempo por tipo de trabajo en instalación de cajas de data				
Tipo de trabajo	Descripción	Tiempo (min)	Tiempo (min)	Porcentaje
TP	Instalación de tubería EMT	59	188	26,26
	Instalación de abrazadera	36		
	Doblado de tubería EMT	12		
	Conexión de uniones y conectores	32		
	Fijar caja	21		
	Embone de tubería PVC – EMT	7		
	Fijar refuerzo	21		
TC	Transporte de materiales	110	393	54,89
	Ubicar punto en plano	24		
	Ubicar punto en área	16		
	Retiro de material	22		
	Mediciones	46		
	Indicaciones	38		
	Búsqueda de piezas	19		
	Corte de tubería	16		
	Cortar refuerzo	42		
	SST	60		
TNC	Esperas	50	135	18,85
	Tiempo ocioso	15		
	Retrabajos	70		

Fuente: Elaboración propia

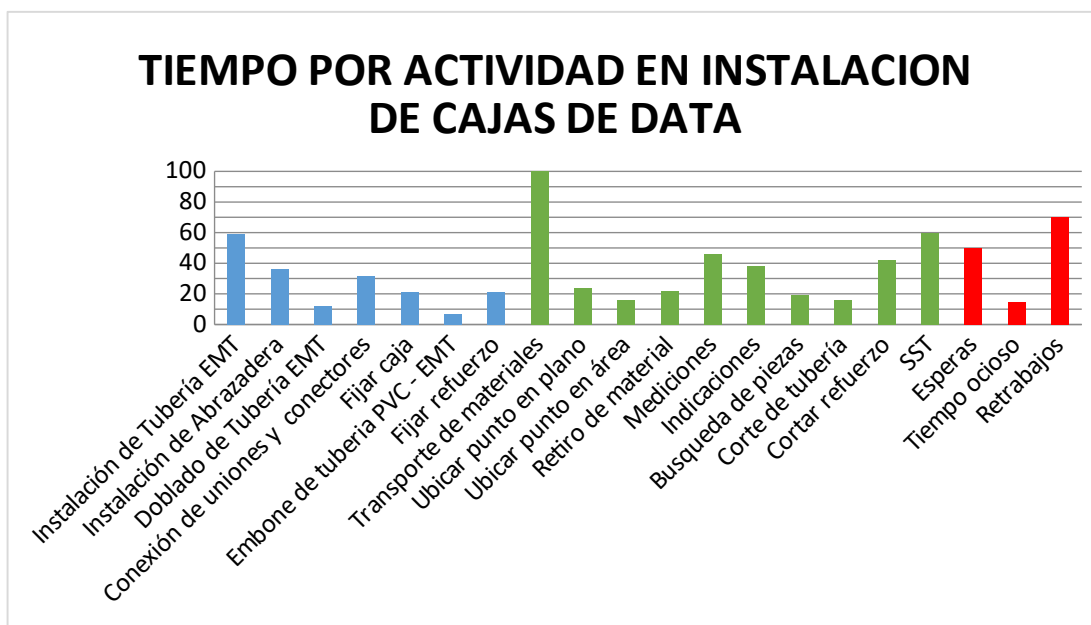


Figura 19. Tiempo por actividad en instalación de cajas de data  
Fuente: Elaboración propia

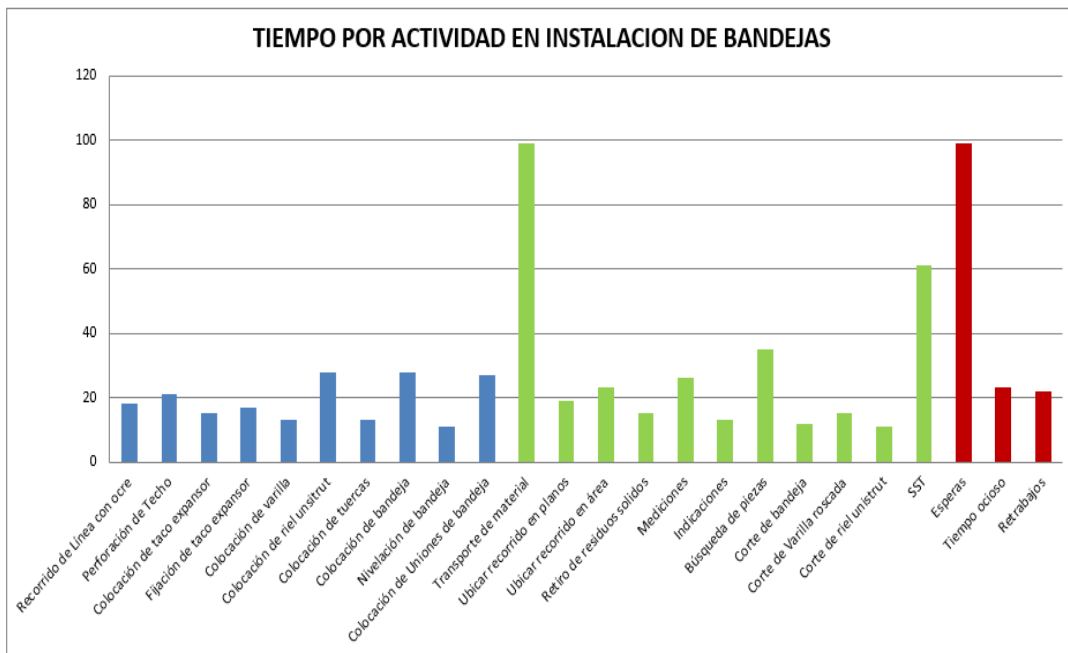
El consolidado del tiempo por tipo de trabajo de la actividad instalación de bandejas portacables es: Trabajo productivo (TP): 29,39%; Trabajo Contributorio (TC):53,34% y Trabajo No Contributorio (TNC):17,26% especificado en la tabla 17.

Se coloco el tiempo por tipo de trabajo y los tiempos por actividad figura 20.

Tabla 17  
Tiempo por tipo de trabajo instalación de bandejas portacables

Tiempo por tipo de trabajo en instalación de bandejas portacables				
Tipo de trabajo	Descripción	Tiempo (min)	Tiempo (min)	Porcentaje
TP	Recorrido de Línea con ocre	18	189	29.39
	Perforación de Techo	21		
	Colocación de taco expansor	15		
	Fijación de taco expansor	15		
	Colocación de varilla	13		
	Colocación de riel unsitrut	28		
	Colocación de tuercas	13		
	Colocación de bandeja	28		
	Nivelación de bandeja	11		
	Colocación de Uniones de bandeja	27		
TC	Transporte de material	99	343	53.34

	Ubicar recorrido en planos	19		
	Ubicar recorrido en área	23		
	Retiro de residuos solidos	15		
	Mediciones	26		
	Indicaciones	13		
	Búsqueda de piezas	35		
	Corte de bandeja	12		
	Corte de Varilla roscada	15		
	Corte de riel unistrut	11		
	SST	75		
TNC	Esperas	87	111	17.26
	Tiempo ocioso	12		
	Retrabajos	12		



*Figura 20:* Tiempo por actividad en instalación de bandejas portacables  
Fuente: Elaboración propia

Se utilizó el diagrama de Pareto para obtener las mayores causas de trabajos no productivos mostrando su porcentaje global tabla 18, y se visualiza en el diagrama de Pareto figura 21 para determinar las mayores causas de trabajo no productivo.

Tabla 18:  
Mayores causas de trabajo no productivo de instalación cajas de data

Mayores causas de trabajos no productivos		
Descripción	Tiempo (min)	%
Transporte de materiales	110	21
Retrabajos	70	13
SST	60	11
Esperas	50	9
Mediciones	46	9
Cortar refuerzo	42	8
Indicaciones	38	7
Ubicar punto en plano	24	5
Retiro de material	22	4
Búsqueda de piezas	19	4
Ubicar punto en área	16	3
Corte de tubería	16	3
Tiempo ocioso	15	3

Fuente: Elaboración propia

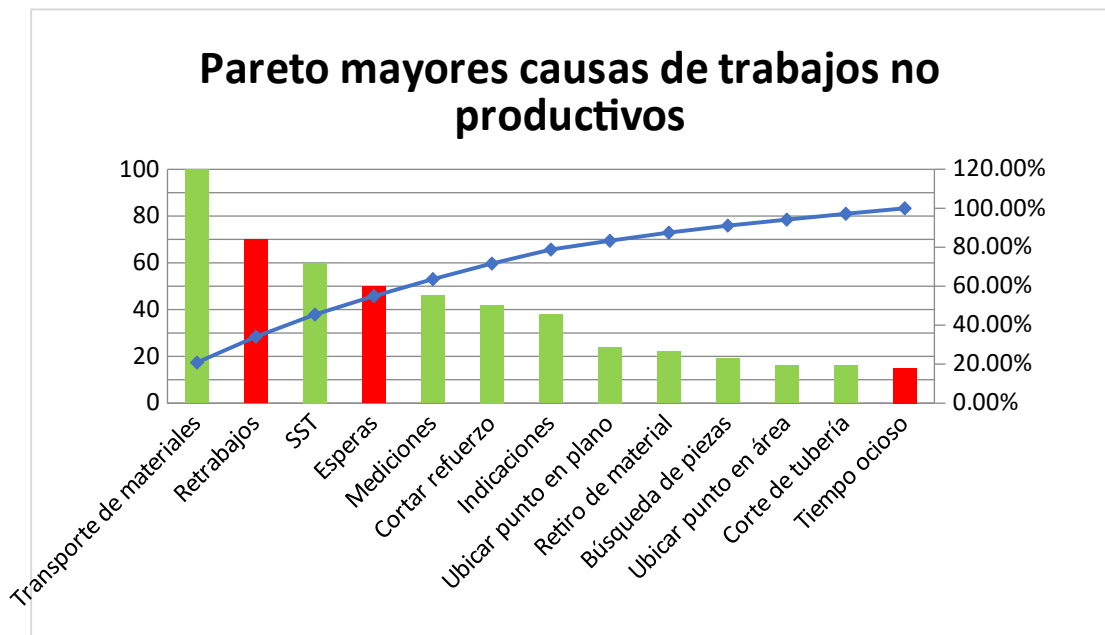


Figura 21: Pareto mayores causas de trabajos no productivos  
Fuente: Elaboración propia

Se determinó las causas por la cuales se producen estos trabajos no productivos en la instalación de cajas de data y se determinó las acciones a implementar para reducir los tiempos no productivos tabla 19.

Tabla 19:

Acciones a tomar para reducir las causas de los trabajos no productivos

Acciones a tomar para reducir las causas de los trabajos no productivos			
Descripción	Tiempo (min)	%	Acciones a tomar
Transporte de materiales	110	21	-Realizar metrado para determinar materiales requeridos durante los trabajos. -Implementar almacén provisional en área donde se realizan los trabajos. -Movilizar materiales mediante el ascensor y/o torre grúa.
Retrabajos	70	13	-La principal causa de retrabajo es el doblado de tubería la cual no queda de forma adecuada, se coordinará con proveedor para requerir una tubería de mayor espesor -Se Capacitará al personal para un adecuado uso de la dobladora de tubería EMT
Esperas	50	9	-Se comprará nuevos equipos para evitar las esperas del uso de los equipos.
Mediciones	46	9	-El Ing. supervisor colocará las dimensiones en los planos.

Fuente: Elaboración propia

Se utilizo el diagrama de Pareto para obtener las mayores causas de trabajos no productivos mostrando su porcentaje global tabla 20, y visualiza en el diagrama de Pareto figura 22 para determinar las mayores causas de trabajo no productivo.

Tabla 20:

Mayores causas de trabajo no productivo de instalación bandejas portacables

Descripción	Tiempo (min)	%
Transporte de material	99	20.9
Esperas	96	20.3
SST	64	13.5
Búsqueda de piezas	35	7.4
Mediciones	26	5.5
Ubicar recorrido en área	23	4.9
Tiempo ocioso	23	4.9
Retrabajos	22	4.7
Ubicar recorrido en planos	19	4.0
Retiro de residuos solidos	15	3.2
Corte de Varilla roscada	15	3.2
Indicaciones	13	2.7
Corte de bandeja	12	2.5
Corte de riel unistrut	11	2.3

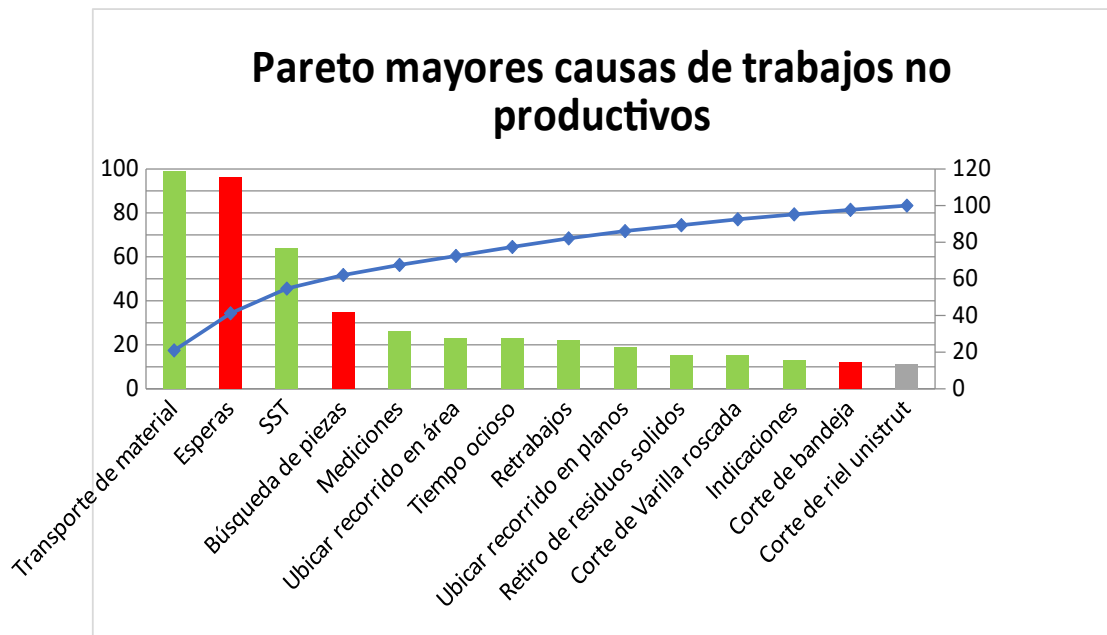


Figura 22: Pareto mayores causas de trabajos no productivos  
Fuente: Elaboración propia

Se determinó las causas por la cuales se producen estos trabajos no productivos en la instalación de cajas de data y se determinó las acciones a implementar para reducir los tiempos no productivos tabla 21.

Tabla 21:  
Acciones a tomar para reducir las causas de los trabajos no productivos

Acciones a tomar para reducir las causas de los trabajos no productivos			
Descripción	Tiempo (min)	%	Acciones a tomar
Transporte de materiales	99	21	-Realizar metrado para determinar materiales requeridos durante los trabajos. -Implementar almacén provisional en área donde se realizan los trabajos. -Movilizar materiales mediante el ascensor y/o torre grúa.
Esperas	96	13	-Coordinación con los trabajos adyacentes -Autorización de trabajos en área designada
Búsqueda de piezas	64	9	-Se etiquetará las piezas para facilitar búsqueda. -Se colocará lista de piezas en stock
Mediciones	35	9	-El Ing. supervisor colocará las dimensiones en los planos.

Fuente: Elaboración propia

-Implementar almacén provisional en área donde se realizan los trabajos.



Después de implementar la herramienta Carta Balance y ubicar las causas de trabajos no productivos se tomaron las acciones para reducir lo tiempos no productivos y se midió el rendimiento de horas hora x unidad de salida de puntos de data 3,14 HH x Und tabla 22 y el rendimiento de horas hombre x de instalación de bandejas portacables 2,51 HH x MI tabla 23.

Tabla 22:  
Variación HH Puntos de data después de aplicar carta balance

Variación HH Puntos de data después de aplicar carta balance								
Fecha	U/M	Cantidad	Rendimiento		HH		Variación	
			PPTO	REAL	PPTO	REAL	HH	%
mar-22	Und	146,77	3,36	2,54	493,1	372,80	120,35	24,40
abr-22	Und	109,42	3,36	2,85	367,6	311,85	55,80	15,18
may-22	Und	97,84	3,36	3,04	328,7	297,43	31,31	9,52
jun-22	Und	91,92	3,36	3,06	308,8	281,28	27,58	8,93
jul-22	Und	134,97	3,36	3,49	453,5	471,05	-17,55	-3,87
ago-22	Und	134,97	3,36	3,16	453,5	426,51	26,99	5,95
sep-22	Und	110,89	3,36	3,15	372,6	349,30	23,29	6,25
oct-22	Und	93,79	3,36	3,07	315,1	287,94	27,20	8,63
nov-22	Und	144,71	3,36	2,89	486,2	418,21	68,01	13,99
dic-22	Und	128,98	3,36	3,16	433,4	407,58	25,80	5,95
ene-23	Und	137,16	3,36	3,52	460,9	482,80	-21,95	-4,76
feb-23	Und	130,84	3,36	3,71	439,6	485,42	-45,79	-10,42
Total		1462,26			4913	4592,15		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23:  
Variación HH Instalación de bandejas después de aplicar carta balance

Variación HH Instalación de bandejas después de aplicar carta balance								
Fecha	U/M	Cantidad	Rendimiento		HH		Variación	
			PPTO	REAL	PPTO	REAL	HH	%
mar-22	MI	120,98	2,88	2,51	348,4	303,66	44,76	12,85
abr-22	MI	264,71	2,88	2,35	762,4	622,07	140,30	18,40
may-22	MI	314,74	2,88	2,58	906,5	812,03	94,42	10,42
jun-22	MI	155,87	2,88	2,69	448,9	419,29	29,62	6,60
jul-22	MI	112,92	2,88	2,59	325,2	292,46	32,75	10,07
ago-22	MI	172,99	2,88	2,6	498,2	449,77	48,44	9,72
sep-22	MI	197,85	2,88	2,34	569,8	462,97	106,84	18,75
oct-22	MI	162,78	2,88	2,37	468,8	385,79	83,02	17,71
nov-22	MI	176,92	2,88	2,67	509,5	472,38	37,15	7,29
dic-22	MI	151,93	2,88	2,48	437,6	376,79	60,77	13,89
ene-23	MI	222,92	2,88	2,38	642,0	530,55	111,46	17,36
feb-23	MI	270,79	2,88	2,64	779,9	714,89	64,99	8,33
Total		2325,4			6697,2	5842,64		

Fuente: Elaboración propia

## Last Planner System

Se analizaron las causas de no cumplimiento de las actividades tabla 24 y se generó la lista de restricciones de actividades que impidieron el cumplimiento de las actividades tabla 25.

Tabla 24  
Causas de No Cumplimiento  
Fuente: Elaboración propia


		CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO			
		NOMBRE DE PROYECTO: NUEVA SEDE DEL GOBIERNO REGIONAL DE UCAYALI			
Instalaciones Eléctricas		Actividades		Cumplimiento	Causas de no cumplimiento
Descripción de Actividad		Programado	Ejecutado		
1	Instalación de cajas y entubado conduit de interruptores drywall piso 7	42	42	SI	
2	Instalación de cajas y entubado conduit de tomacorrientes drywall piso 7	72	51	NO	AP
3	Instalación de cajas y entubado conduit de luz de emergencia drywall piso 7	60	42	NO	MO
4	Instalación de cajas y entubado conduit de interruptores drywall piso 8	24	24	SI	
5	Instalación de cajas y entubado conduit de tomacorrientes drywall piso 8	40	33	NO	AP
6	Instalación de cajas y entubado conduit de luz de emergencia drywall piso 8	34	34	SI	
7	Sondeo puntos eléctricos 5to piso	60	32	NO	MO
8	Sondeo puntos eléctricos 6to piso	60	35	NO	MO
9	Instalación de cajas rectangulares para interruptores en cascada – exterior	48	48	SI	
10	Reparación de puntos de tomacorrientes en piso del piso 8	24	24	SI	
11	Corrección de puntos de tomacorrientes en piso del piso 6 fuera del trazo	45	45	SI	
12	Corrección de puntos de tomacorrientes en piso del piso 7 fuera del trazo	45	41	NO	TOP
13	Sondeo punto de data 6to piso	60	0	NO	TOP
14	Instalación de tableros	3	4	NO	MAT
15	Instalación de cajas de pase 15X15	42	42	SI	

Tabla 25

Lista de Restricciones de actividades


LISTA DE RESTRICCIONES DE ACTIVIDADES		
Ítem	Tipos de Restricciones	
1	MANO DE OBRA	MO
2	MOVILIZACIÓN EQUIPO A OBRA	MEO
3	REPARACIÓN EQUIPO	RE
4	MATERIAL	MAT
5	EQUIPO PROTECCIÓN PERSONAL	EPP
6	CHARLA INDUCCIÓN	CI
7	TOPOGRAFÍA	TOP
8	CONTROL CALIDAD	CC
9	ACTIVIDAD DE CAMPO PREVIA	ACP
10	APROBACIÓN DE PLANOS	AP
11	INTERFERENCIAS POR INSTALACIONES	II
12	DISEÑO EN INGENIERÍA	DI
13	ADICIONALES	AD
14	FACTORES CLIMÁTICOS	FC
15	PERMISOS DE TRABAJO	PT

Fuente: Elaboración propia

## Lookahead

Lookahead Se programa las actividades con una proyección de 3 semanas tabla 26, identificando las restricciones y asignando a un responsable que levante las restricciones antes de la fecha de ejecución. Se debe planificar sólo las actividades cuyas restricciones se hayan levantado

Tabla 26  
Programación Lookahead

PROGRAMACIÓN LOOKAHEAD																								
 KAPLA INGENIEROS Y CONSTRUCTORES SAC		Proyecto : SEDE GOREU				LOOKAHEAD																		
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	UND	Medrado	Restricciones	Responsable	SEMANA 50						SEMANA 51						SEMANA 52							
1	Instalación De Circuitos Colgantes De Agua Sector A Piso 7	pto	240	Alambre guía, calados en drywall		40	40	40	40	40	40													
2	Instalación De Circuitos Colgantes De Desague Sector A Piso 7	ml	11	Imprimado de Ducto de Instalaciones														4	4	4				
3	Corte En Baños Para Puntos Empotrados De Agua Sector A Piso 7	ml	240	Conectores														20	40	40	40	40	20	
4	Conexión Con Conduit De Interruptores Piso 3	m2	600	Finalización de drywall								30	30	30	30	30	30	40	40	40	40	40	40	
5	Conexión Con Conduit De Tomacorrientes Piso 3	m2	500	Finalización de drywall								30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
6	Cajas De Rectangulares Para I Tomas-Drywall- Piso 3	pto	140	Tubería conduit flexible		20	20	20	20	20	20													
7	Cajas De Rectangulares Para Interruptores Drywall- Piso 3	pto	60															30	30					
8	Instalación De Tubería 110 Mm Zona De Recepción	pto	140	Cable LSOH 4mm2, calado en drywall						20	20	20	20	20	20	20								
9	Instalación De Tubería 200 Mm Zona De Recepción	ml	720	Cable LSOH 4mm2								80	80	80	80	80								
10	Instalación De Redes Piso 4	cro	53	Megohmetro																15	15	15	8	
11	Tapas Para Buzones Exterior Amazonas	pto	120	Calados en drywall								20	20	20	20	20								
12	Instalación De Escaleras En Buzones	pto	300	Topografía		60	60	60	60	60														
13	Tapas Para Buzones Exterior	Und	90									30	30	30										
14	Instalación De Puntos De Salidas De Humo Piso 4	Und	640	Cable LSOH 4mm2		80	80	80	80															
15	Instalación De Bandejas 7mo Nivel	Und	75	Megohmetro					15	15	15	15	15	15										
16	Instalación De Cajas 25 X 25 Piso 3	Und	11	Imprimado de Ducto												4	4	4						
17	Instalación De Cajas 25 X 25 Piso 4	Und	240	Cable desnudo													20	40	40	40	40	40	20	
18	Instalación De Cajas 15 X 15 Piso 3	Und		Tubería conduit																				
19	Instalación De Cajas 15 X 15 Piso 4	Und	900	finalización de drywall					10	10	10	30	30	30	30	30	30	65	65	65	65	65	65	

Fuente: Elaboración propia

## Cumplimiento del programa

Implementando el Last Planner System se redujo las restricciones lo que contribuyó al aumento del cumplimiento acumulado del programa de producción tabla 27.

Tabla 27

Cumplimiento del programa de producción

 KAPLA INVERSIONES Y CONSTRUCCIONES SAC.		CUMPLIMIENTO DEL PROGRAMA DE PRODUCCION			
		NOMBRE DE PROYECTO: NUEVA SEDE DEL GOBIERNO REGIONAL DE UCAYALI			
ITEM	INSTALACIONES ELECTRICAS	Actividades		% Cumplimiento	% Cumplimiento acumulado
		Programado	Cumplido		
1	mar-22	18	18	100,00	100,00
2	abr-22	14	12	85,71	93,75
3	may-22	20	18	90,00	92,31
4	jun-22	23	23	100,00	94,67
5	jul-22	15	14	93,33	94,44
6	ago-22	12	12	100,00	95,10
7	sep-22	19	18	94,74	95,04
8	oct-22	18	17	94,44	94,96
9	nov-22	17	14	82,35	93,59
10	dic-22	23	20	86,96	92,74
11	ene-23	30	26	86,67	91,87
12	feb-23	17	15	88,24	91,59

Fuente: Elaboración propia

## Trenes de Trabajo

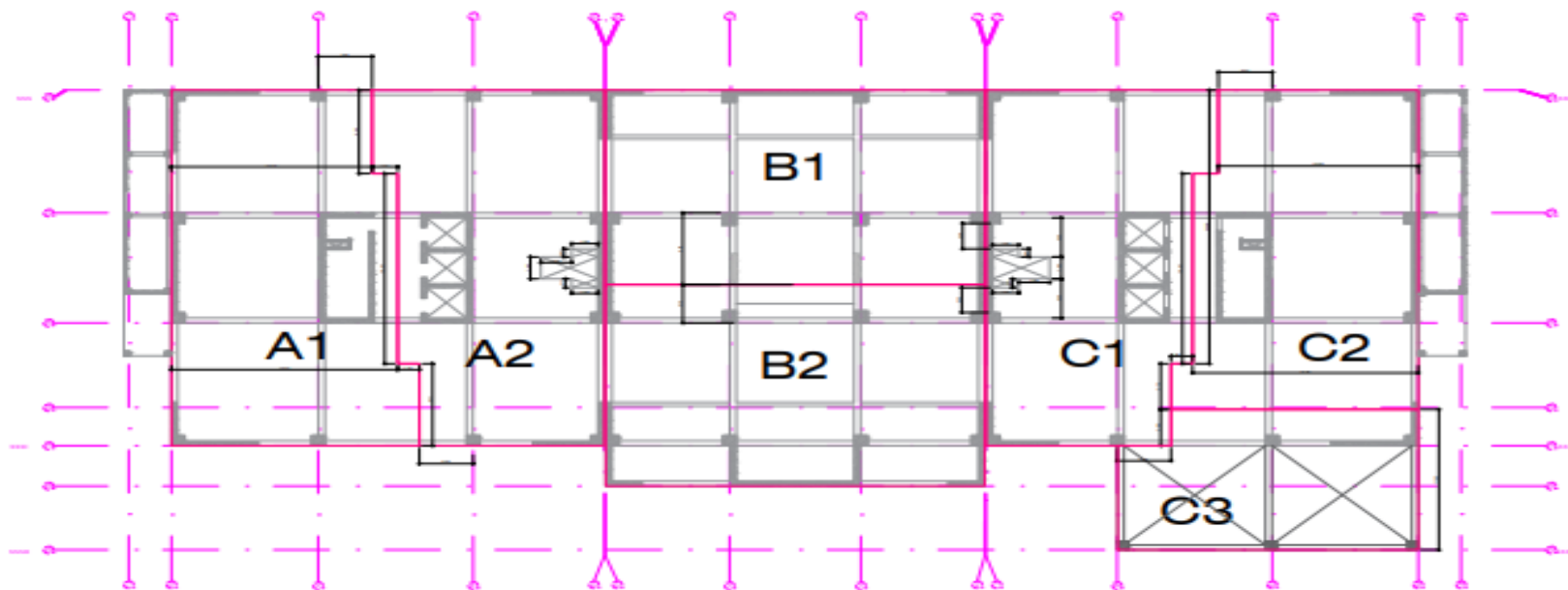
Se realiza la sectorización del proyecto en partes que contengan secciones de igual o similar cantidad de unidades como se muestra en la figura 23. Se ha dividido el proyecto en 7 sectores por cada piso: A1, A2, B1, B2, C1, C2, C3.

Con la sectorización establecida aplicamos trenes de trabajo donde generamos una secuencia de actividades, balanceamos las cuadrillas para homogenizar los tiempos de producción de cada actividad, con procesos continuos y secuenciales lo que genera una especialización en las cuadrillas y una curva de aprendizaje mayor debido a las actividades repetitivas.

Al dividir el total del proyecto en pequeñas secciones tenemos un mayor control de la capacidad de producción de las cuadrillas y un mejor control de los materiales empleados en cada sector.

## Sectorización

El Edificio consta de 1 sótano y 8 pisos



*Figura 23.* Sectorización del proyecto  
Fuente: Proyecto de la nueva sede del Gobierno Regional de Ucayali

Las actividades se dan de manera secuencial con cada cuadrilla trabajando por sector y actividad, avanzando al siguiente precedido por otra cuadrilla que realiza la actividad posterior como se observa en la tabla 28.

Tabla 28  
Trenes de trabajo

TRENES DE TRABAJO																			
Actividades	SEMANA 43						SEMANA 44						SEMANA 45						
1	Corte de tabiquería	P5C1	P5C1	P5C1	P5C2	P5C2	P5C2	P5C3	P5C3	P5C3	P6A1	P6A1	P6A1	P6A2	P6A2	P6A2	P6B1	P6B1	P6B1
2	Instalación de tubería PVC	P5B2	P5B2	P5B2	P5C1	P5C1	P5C1	P5C2	P5C2	P5C2	P5C3	P5C3	P5C3	P6A1	P6A1	P6A1	P6A2	P6A2	P6A2
3	Instalación de cajas	P5B1	P5B1	P5B1	P5B2	P5B2	P5B2	P5C1	P5C1	P5C1	P5C2	P5C2	P5C2	P5C3	P5C3	P5C3	P6A1	P6A1	P6A1
4	Instalación de tubería EMT	P5A2	P5A2	P5A2	P5B1	P5B1	P5B1	P5B2	P5B2	P5B2	P5C1	P5C1	P5C1	P5C2	P5C2	P5C2	P5C3	P5C3	P5C3
5	Sondeo de puntos	P5A1	P5A1	P5A1	P5A2	P5A2	P5A2	P5B1	P5B1	P5B1	P5B2	P5B2	P5B2	P5C1	P5C1	P5C1	P5C2	P5C2	P5C2
6	Cableado	P4C3	P4C3	P4C3	P5A1	P5A1	P5A1	P5A2	P5A2	P5A2	P5B1	P5B1	P5B1	P5B2	P5B2	P5B2	P5C1	P5C1	P5C1
7	Empalmes	P4C2	P4C2	P4C2	P4C3	P4C3	P4C3	P5A1	P5A1	P5A1	P5A2	P5A2	P5A2	P5B1	P5B1	P5B1	P5B2	P5B2	P5B2
8	Instalación de equipos	P4C1	P4C1	P4C1	P4C2	P4C2	P4C2	P4C3	P4C3	P4C3	P5A1	P5A1	P5A1	P5A2	P5A2	P5A2	P5B1	P5B1	P5B1

Fuente: Elaboración propia

Se realizó la medición de Horas Hombre después de aplicar los trenes de trabajo  
 tabla 29

Tabla 29  
 Eficiencia HH

EFICIENCIA DE HORAS HOMBRE				
ITEM	Fecha	HH TOTALE S PPTO	HH TOTALE S REAL	%EFICIENCIA A HH
1	mar-22	1942,3	1697,81	114,40
2	abr-22	1951,9	1643,57	118,76
3	may-22	3362,0	2757,55	121,92
4	jun-22	3398,5	2891,36	117,54
5	jul-22	3405,8	3055,63	111,46
6	ago-22	5318,5	4445,42	119,64
7	sep-22	4988,7	4309,89	115,75
8	oct-22	5713,2	5219,92	109,45
9	nov-22	4218,0	3378,45	124,85
10	dic-22	4902,9	4017,12	122,05
11	ene-23	4492,8	3914,27	114,78
12	feb-23	4239,1	3825,48	110,81
	Total	47933,61	41156,46	116,47

Fuente: Elaboración propia

### Análisis económico

En el periodo el proyecto pretest de marzo 2021 a febrero 2022 se mantenía la eficiencia de Horas Hombre en 97,82% se utilizaría 49001,85 HH si se produjera la eficiencia posttest con valor de 116,47% se utilizaría 41155,33 HH, con un ahorro de 7846,52 HH que multiplicando por el costo de la HH de S/16 se ahorraría S/ 125542,24 como se muestra en la tabla 30

Tabla 30  
 Análisis económico

HH Presupue stadas	Pretest		Posttest		Resultados		
	Eficiencia	HH	Eficiencia	HH	Ahorro en HH	Costo de HH S/.	Ahorro en Soles
47933,6	97,82%	49001,9	116,47%	41156,5	7846,52	16,00	125.542,24

Fuente: Elaboración propia



## Análisis Financiero

La propuesta del proyecto nos da un valor actual neto de S/ 150.263,6, lo que hace rentable el proyecto, se obtuvo un TIR de 20% lo que también nos indica la viabilidad del proyecto, y se obtuvo un PRI de 5 meses, que es el periodo donde recuperaremos la inversión tabla 31

Tabla 31  
Análisis Financiero

EVALUACION FINANCIERA (SOLES)													
Ingresos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos por mejor eficiencia		4604	5629	10870	9326	6817	15866	12640	9930	14937	15921	10858	8128
Inversión	-12500												
Capacitación inicial	6500												
Escritorio	350												
EPP	200												
SCTR	65												
Costos operativos		5200	5200	5200	5200	5200	5200	5200	5200	5200	5200	5200	5200
Profesional Lean		3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200
Monitor Lean		1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Gastos de oficina		300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Capacitación mensual		200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Flujo de efectivo Neto	-12500	-13096	-12667	-6997	-2871	-1254	9412	16852	21582	31319	42040	47698	50626
TASA	1,0%												
VAN	150.263,6												
TIR	20%												
PRI	5 meses												

Fuente: Elaboración propia

## 5.2 Análisis de resultados

Tabla 32  
Análisis de resultados

Hipótesis Específica	Variable Independiente	Variable Dependiente	Indicador $\chi^2$	Pre-Test	Post-Test	Diferencia
Mediante la herramienta carta balance se reducirá el tiempo de ejecución de las instalaciones eléctricas en una constructora.	Carta balance	Tiempo de ejecución	Rendimiento de MO HH/Und 1	3,99	3,14	Se redujo un 21,30%
			Rendimiento de MO HH/Und 2	3,4	2,51	Se redujo un 26,18%
La implementación de Last Planner System mejorará el cumplimiento del cronograma de actividades en las instalaciones eléctricas en una constructora	Last Planner System	Cumplimiento del cronograma de las actividades	% de cumplimiento del cronograma	61,16%	91,59%	Aumento un 49,75%
La implementación de Trenes de trabajo mejorara la eficiencia en MO en las instalaciones eléctricas en una constructora	Trenes de actividad	Eficiencia MO	HH PPTO / HH REAL	97,82%	116,47%	Aumento un 16,01%

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.1 Validación de primera hipótesis Específica und 1.

Procedemos a realizar las pruebas de normalidad de nuestras variables.

Ho: El Lean Construction no influye significativamente en la mejora de la productividad en la ejecución de actividades de las instalaciones eléctricas en Kapla Inversiones y Construcciones SAC.

H1: El Lean Construction influye significativamente en la mejora de la productividad en la ejecución de actividades de las instalaciones eléctricas en Kapla Inversiones y Construcciones SAC.

Para muestras menores a 30 se utiliza Shapiro-Wilk

Tabla 33  
Prueba de Normalidad hipótesis específica 1

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
RENDIMIENTO MO act1 (hh/und)	,121	12	,200 <sup>*</sup>	,943	12	,537
Post RENDIMIENTO MO act1	,119	12	,200 <sup>*</sup>	,984	12	,994

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Por regla de decisión si la significancia es mayor a 0,05, lo datos provienen de una distribución Normal

Corresponde realizar las pruebas T-STUDENT y cómo medimos el antes y después de la actividad, nuestras muestras están relacionadas (Antes y Después).

Tabla 34  
Prueba de Muestras Emparejadas hipótesis específica 1

		Prueba de muestras emparejadas							
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
Inferior	Superior								
Par 1	RENDIMIENTO MO act1 (hh/und) - Post RENDIMIENTO MO act1	1,19750	,44250	,12774	,91635	1,47865	9,375	11	,000

Fuente: Elaboración propia

Si la Significancia es menor a 0,05 se rechaza la Ho y se Acepta H1

Por lo que se ha demostrado que la implementación de la Carta Balance reduce las Horas Hombre x unidad en la ejecución de las actividades.

### 5.2.2 Validación de primera hipótesis específica 2.

Procedemos a realizar las pruebas de normalidad de nuestras variables.

Ho: No se reduce la variable de HHxUnd en la ejecución de la actividad Instalación de bandejas en la ejecución de instalaciones eléctricas después de la aplicación de la herramienta Carta Balance.

H1: Si se reduce la variable de HHxUnd en la ejecución de la actividad Instalación de bandejas en la ejecución de instalaciones eléctricas después de la aplicación de la herramienta Carta Balance.

Para muestras menores a 30 se utiliza Shapiro-Wilk

Tabla 35  
Prueba de Normalidad primera hipótesis específica 2

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
RENDIMIENTO MO act2 (hh/und)	,205	12	,173	,954	12	,691
Post RENDIMIENTO MO act2	,190	12	,200 <sup>*</sup>	,937	12	,456

Fuente: Elaboración propia

Por regla de decisión si la significancia es mayor a 0,05, lo datos provienen de una distribución Normal

Corresponde realizar las pruebas T-STUDENT y como medimos el antes y después de la actividad, nuestras muestras están relacionadas (Antes y Después).

Tabla 36  
Prueba de Muestras Emparejadas primera hipótesis específica 2

Par		Prueba de muestras emparejadas								
		Diferencias emparejadas						t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
				Inferior	Superior					
Par 1	RENDIMIENTO MO act2 (hh/und) - Post RENDIMIENTO MO act2	,68000	,19207	,05545	,55796	,80204	12,264	11	,000	

Fuente: Elaboración propia

Si la Significancia es menor a 0,05 se rechaza la Ho y se Acepta H1

Por lo que se ha demostrado que la implementación de la Carta Balance reduce las Horas Hombre x unidad en la ejecución de la instalación de bandejas eléctricas.

### 5.2.3 Validación de segunda hipótesis específica

Procedemos a realizar las pruebas de normalidad de nuestras variables.

Ho: No se mejora el cumplimiento del cronograma de actividades en las instalaciones eléctricas en una constructora.

H1: Si se mejora el cumplimiento del cronograma de actividades en las instalaciones eléctricas en una constructora.

Para muestras menores a 30 utilizamos Shapiro-Wilk

Tabla 37  
Prueba de normalidad segunda hipótesis específica

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Porcentaje de plan completado	,158	12	,200 <sup>*</sup>	,950	12	,641
Post Porcentaje de plan completado	,158	12	,200 <sup>*</sup>	,919	12	,278

Fuente: Elaboración propia

Por regla de decisión si la significancia es mayor a 0,05, lo datos provienen de una distribución Normal

Corresponde realizar las pruebas T-STUDENT y cómo medimos el antes y después de la actividad, nuestras muestras están relacionadas (Antes y Después).

Tabla 38  
Prueba de Muestras Emparejadas segunda Hipótesis específica

		Prueba de muestras emparejadas							
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior				
Par 1	Porcentaje de plan completado - Post Porcentaje de plan completado	-31,45750%	4,62132%	1,33406%	-34,39375%	-28,52125%	-23,580	11	,000

Fuente: Elaboración propia

Si la Significancia es menor a 0,05 se rechaza la Ho y se Acepta H1

Por lo que se ha demostrado que la implementación del Lean Construction mejora el cumplimiento en la ejecución de la instalación de bandejas eléctricas.

#### 5.2.4 Validación de hipótesis específica 3

Ho: No se aumenta la Eficiencia en la ejecución de las actividades de ejecución de instalaciones eléctricas después de la aplicación de Trenes de trabajo.

H1: Si se aumenta la Eficiencia en la ejecución de las actividades de ejecución de instalaciones eléctricas después de la aplicación Trenes de trabajo.

Para muestras menores a 30 se utiliza Shapiro-Wilk

Tabla 39  
Prueba de normalidad tercera Hipótesis específica

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Numero de No conformidades	,172	12	,200 <sup>*</sup>	,931	12	,391
Post Numero de No conformidades	,203	12	,183	,901	12	,166

Fuente: Elaboración propia

Por regla de decisión si la significancia es mayor a 0,05, lo datos provienen de una distribución Normal

Corresponde realizar las pruebas T-STUDENT y como medimos el antes y después de la actividad, nuestras muestras están relacionadas (Antes y Después).

Tabla 40  
Prueba de Muestras Emparejadas

		Prueba de muestras emparejadas								
		Diferencias emparejadas						t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
				Inferior	Superior					
Par 1	Numero de No conformidades - Post Numero de No conformidades	9,583	2,275	,657	8,138	11,029	14,594	11	,000	

Fuente: Elaboración propia

Si la Significancia es menor a 0,05 se rechaza la Ho y se Acepta H1

Por lo que se ha demostrado que la implementación Trenes de trabajo aumenta la eficiencia en HH en la ejecución de las instalaciones eléctricas.

## **CONCLUSIONES**

1. Se comprueba que mejora la productividad después de aplicar las herramientas de Lean Construction debido a ser más eficientes en el consumo de horas hombre obteniendo un ahorro S/.125542,24 después de aplicar las herramientas de esta filosofía.
2. Se comprueba que al utilizar la herramienta carta balance se ha optimizado el rendimiento de las actividades al haberse reducido el Número de Horas Hombre por unidad producida, obteniendo una mejora del 21,30% pasando de 3,99 HH x Und a 3,14 HH x Und en la actividad de instalaciones de cajas de data y una mejora del 26,18% pasando de 3,4 HH x Und a 2,51 HH x Und en la actividad de instalaciones de bandeja portacables.
3. Se demuestra que al utilizar la herramienta Last Planner System influye en la confiabilidad de la programación del proyecto esto se evidencia al mejorar el Porcentaje de Plan Completado (PPC) obteniendo un Aumento del PPC del 49,75% pasando de 61,16% a 91,59% del PPC.
4. Se evidencia que al utilizar la herramienta Lean Construction se ha aumentado la eficiencia de las Horas Hombre. Obteniendo un aumento del 16,01% pasando de 97,2% a 116,47% de Eficiencia del uso de HH del proyecto.

## RECOMENDACIONES

1. Las herramientas Lean Construction junto a sus Herramientas de Calidad generan un impacto positivo en la productividad de la empresa ya que se puede optimizar su productividad reduciendo sus actividades que son improductivas por lo que se recomienda implementarla y mantener capacitado al personal en el uso de esta filosofía
2. Continuar con la implementación de la carta balance a las demás actividades para poder registrar los rendimientos de cada cuadrilla de trabajo, Utilizando dicha herramienta se ha evidenciado mejoras en el rendimiento en la ejecución de las actividades.
3. Se recomienda implementar la herramienta de Porcentaje de plan Cumplido ya que permite un óptimo control del programa de producción cuantificando la información para un mejor monitoreo.
4. Se recomienda aplicar la sectorización y trenes de trabajo convirtiendo a un proyecto de gran envergadura en pequeños proyectos que permiten un mayor control de estos



## REFERENCIAS

- Albalkhy, W., y Sweis, R. (2022). *Evaluación del cumplimiento de la construcción ajustada entre los contratistas de construcción jordanos de segundo grado*. Revista internacional de gestión de la construcción, 22(5), 900–912. Jordania. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15623599.2019.1661571>
- Álvarez, P. (2022). *Lean Construction y su incidencia en la Planificación de Obras en una Empresa Constructora, Lima 2021* (Tesis de Maestría). Universidad César Vallejo, Lima- Perú
- Anandh, S., Sindhu, S., Sai Abeshek, C., y Mariappan, P. (2022). *Introducción a la seguridad en la industria de la construcción junto con la hipótesis de la construcción ajustada*. Advances in Construction Management, 191, 413–423. India. Recuperado de [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-5839-6\\_36](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-5839-6_36)
- Araujo, M. (2020). *El origen de Lean Construction*. Grupo Civilizate. Lima, Perú. Recuperado de <https://www.grupocivilizate.com/snacks-blogs/el-origen-de-lean-construction>
- Aristizábal-Monsalve, P., Vasquez-Hernández, A., y Botero, L. (2022). *Percepciones sobre los procesos de los sistemas de calificación sostenible y su aplicación combinada con la construcción Lean*. Revista de Ingeniería de la Construcción, 46(2022), 1. Medellín, Colombia. de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710221014856>
- Bajjou, M. S., y Chafi, A. (2018). *Implementación de Lean Construction en la industria de la construcción marroquí: conciencia, beneficios y barreras*. Revista de

Ingeniería, Diseño y Tecnología, 16(4), 533–556. Marruecos. Recuperado de <https://www.semanticscholar.org/paper/Lean-construction-implementation-in-the-Moroccan-Bajjou-Chafi/4d9e6688b0694a4b6a4552c790fd70ede6de46f0>

Bombilla, G., y Hidalgo, A. (2021). *Control y mejora de la productividad aplicando el informe semanal de producción, cartas balance, nivel general de actividades y el método del valor ganado para el proyecto “Ampliación del complejo Penitenciario de Arequipa”-2020* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa – Perú.

Botero, L., y Álvarez, M. (2005). *Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción Estudio del caso de la ciudad de Medellín*. Ingeniería y Desarrollo, 17(2005), 148–159. Medellín, Colombia. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/852/85201708.pdf>

Caballero, O., Zambrano, O., & Ponce, B. (2018). Estado actual de la aplicación de la Metodología Lean Construction en la Gestión de Proyectos de Construcción en Colombia. *Ingeniare*, 2(25), 39–65. Colombia. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7528666>

Cano, S. (2021). *Modelo sistémico de evolución de Lean Construction SLC- EMODEL*. Cali-Colombia: Universidad del Valle Programa Editorial.

Carrera, J., y Paredes, W. (2021). *Propuesta de aplicación del Lean Contruction para mejorar la planificación y el control en la ejecución de la partida UBS de las obras de saneamiento rural en la empresa RIPESA Perú E.I.R.L.-2020* (Tesis de Pregrado). Universidad San Martín de Porres, Lima-Perú.

Carro, R., y González, D. (2012). *Productividad y Competitividad*. Argentina. Recuperado de [http://nulan.mdp.edu.ar/1607/1/02\\_productividad\\_competitividad.pdf](http://nulan.mdp.edu.ar/1607/1/02_productividad_competitividad.pdf)

Consuegra, J. (2019). *¿Qué son las Last Planner?*. Kömmerling. España. Recuperado por <https://retokommerling.com/last-planner/>

Daza, A., y Domínguez, I. (2019). *Análisis de demora de un proyecto de obra civil involucrando el riesgo en el municipio de Pradera- Valle* (Tesis de Pregrado). Universidad del Valle, Cali- Colombia.

- Envira Ingenieros Asesores. (2021). *Herramientas del método Lean Manufacturing: el Método Jidoka*. EUROFINs. España [https://envira.es/es/herramientas-lean-manufacturing-metodo-jidoka/#:~:text=Jidoka es una metodolog\u00eda japonesa,el “Just in time”](https://envira.es/es/herramientas-lean-manufacturing-metodo-jidoka/#:~:text=Jidoka es una metodolog\u00eda japonesa,el \).
- Fontalvo-Herrera, T., De La Hoz-Granadillo, E., y Morelos-G\u00f3mez, J. (2017). *Productivity and Its factors: Impact on organizational improvement*. *Dimensi\u00f3n Empresarial*, 15(2), 47–60. Cartagena, Colombia. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/diem/v16n1/1692-8563-diem-16-01-00047.pdf>
- Garc\u00eda, J., Cazallo, A., Barrag\u00e1n, C., Mercado, M., Olarte, L., Meza, V.(2019). *Indicadores de Eficacia y Eficiencia en la gesti\u00f3n de procura de materiales en empresas del sector construcci\u00f3n del Departamento del Atl\u00e1ntico, Colombia*. *Revista Espacios*, 44(22), 1-11, Colombia. Recuperado de: <http://www.revistaespacios.com/a19v40n22/a19v40n22p16.pdf>
- Gonz\u00e1les, A., Solis, R., Alcu\u00f1a, C. (2010). *Diagn\u00f3stico sobre la planeaci\u00f3n y control de proyectos en las PYMES de Construcci\u00f3n*. *Revista de la Construcci\u00f3n*; 9(1), 17-25. M\u00e9xico. Recuperado de: <https://www.scielo.cl/pdf/rconst/v9n1/art03.pdf>
- Guevara, G., Torres, C., Guevara, R., Velasco, C., Aguirre, A., Garz\u00f3n, R.(2020). *Mano de obra, regi\u00f3n y tama\u00f1o como factores de eficiencia t\u00e9cnica de sistemas lecheros*. *Revista de Producci\u00f3n Animal*; 32(3); 1-11. Ecuador. Recuperado de: <http://scielo.sld.cu/pdf/rpa/v32n3/2224-7920-rpa-32-03-29.pdf>
- Gilacopa, A., & Colque, R. (2020). *Aplicaci\u00f3n de la filosof\u00eda Lean Construction para mejorar la productividad de las obras de edificaciones en la Ciudad de Tacna* (Tesis de Pregrado). Universidad Privada de Tacna, Tacna-Per\u00fa.
- Hinostroza, J., Jurado, S., y Manrique, M. (2019). *Propuesta de implementaci\u00f3n de mejoramiento para reducir el trabajo no contributivo. Caso de estudio: Vivienda Multifamiliar “twenty” en el distrito de Lince- Lima* (Tesis de Maestr\u00eda). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima - Per\u00fa
- Hoyos, M., y Botero, L. (2021). *Implementaci\u00f3n del sistema del \u00faltimo planificador en el sector constructor colombiano: Caso de estudio*. *Ingeniare. Revista chilena de*

ingeniería, 29(4), 601–621. Medellín, Colombia. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ingeniare/v29n4/0718-3305-ingeniare-29-04-601.pdf>

Huapaya, C., & Torres, H. (2021). *Implementación de la metodología Lean Construction y las herramientas de la mejora de la calidad para mejorar la productividad en la obra de reconstrucción y modernización y de la Institución Educativa N°21508 Ubicado en el distrito de Imperial- Provincia* (Tesis de Pregrado). Universidad San Martín de Porres, Lima-Perú.

Huertas, M. (2021). *Mejoras en el cumplimiento del cronograma de proyectos, mediante la propuesta de gestión de proyectos en base a los lineamientos del PMI en los procesos de la Constructora Dolmen* (Tesis de Grado). Universidad de Lima, Lima-Perú.

INCOGA Smart Building. (2020). *Last Planner System: Planificación Colaborativa*. INCOGA Smart Building. España. Recuperado de <https://www.incoga.com/last-planner-system-planificacion-colaborativa/>

Ito, L. (2014). *Implementación de la filosofía Lean Construction en el proyecto CVPUE Alimentador de Molinos – Área 3310* (Tesis de Pregrado). Universidad Católica Santa María, Arequipa-Perú.

Lean Construction Institute Perú. (2011). *¿Quiénes somos?*. Lima, Perú. Recuperado de <https://www.lciperu.org/que-hacemos>

León, J., & Pré, H. (2021). *Optimización de un plan de gestión de procesos constructivos basados en principios Lean Construction para un sistema constructivo de ductilidad limitada del condominio La Ribera de Santa Clara, Ate-2019* (Tesis de Pregrado). Universidad Privada del Norte, Lima-Perú.

Li, S., Colmillo, Y., & Wu, X. (2020). *Una revisión sistemática de la construcción ajustada en China continental*. Revista de producción más limpia, 257(2020), 1. China. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620306284>

Loayza, L., Munayco, L., y Vilchez, C. (2018). *Mejora de gestión de los desperdicios en obras de construcción – Edificaciones proyecto " Plaza San Miguel - 2°*

- ampliación* (Tesis de Maestría). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú.
- Martín, P. (2022). *Diseño de un instrumento para la evaluación de la metodología de integración VDC y Lean Construction en el proceso de coordinación MEP: Caso de estudio Centro Cívico Uniandes* (Tesis de Maestría). Universidad de los Andes, Bogotá- Colombia.
- Marvel, C., Rodríguez, C., y Núñez, M. (2011). *La productividad desde una perspectiva humana: Dimensiones y factores*. Revista Intangible Capital, 7(2), 549-584. España. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/549/54921605013.pdf>
- Mengo, O., y Tuny, N. (2021). *Mejora de la productividad con la aplicación del Lean Construction en la etapa de ejecución del proyecto Hotel Ibis- Miraflores, Lima, Perú* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú.
- Morales, C., y Masis, A.(2014). *La medición de la productividad del valor agregado: una aplicación empírica en una cooperativa agroalimentaria de Costa Rica*. TEC Empresarial, 8(2), 41-49. Costa Rica. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4808514.pdf>
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., y Villagomez, A. (2014). *Metodología de la Investigación*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Núñez, N. (2015). *Propuesta metodológica para identificar y cuantificar el retrabajo en terreno en la industrial de la construcción chilena* (Tesis de Pregrado). Universidad de Chile, Santiago de Chile- Chile.
- Orihuela, P., Ulloa, K. (2011). *La Planificación de las Obras y el sistema Last Planner*. Corporación Aceros Arequipa. Construcción Integral, 12(6), 1-4. Perú. Recuperado de: [http://www.motiva.com.pe/articulos/La\\_Planificacion\\_Obras\\_Sistema\\_LastPlanner.pdf](http://www.motiva.com.pe/articulos/La_Planificacion_Obras_Sistema_LastPlanner.pdf)
- Pérez-Gómez, G., Del Toro, H., & López, A. (2019). *Mejora en la construcción por medio de lean construction y building information modeling*. RITI Journal, 7(14), 110–121. México. Recuperto de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7242765>

- Pincay, M., y Ramos, M. (2018). *La metodología “tren de actividades” en la planificación de la construcción de un centro comercial* (Tesis de Pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil- Ecuador.
- Pons, J., y Rubio, I. (2019). *LEAN CONSTRUCTION y la planificación colaborativa. Metodología del Last Planner System. Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos técnicos de Zaragoza*. <https://www.coatz.org/lean-construction-planificacion-colaborativa-last-planner-system/>
- Pons, J., y Rubio, I. (2021). *Colección guías prácticas de Lean Construction : Las 10 claves del éxito para su implementación*. Madrid, España: Consejo General de la Arquitectura Técnica de España. Recuperado de <https://www.cgate.es/pdf/LEAN%20CONSTRUCTION%20II.pdf>
- Porras, H., Sánchez, O., y Galvis, J. (2014). *Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual*. AVANCES Investigación en Ingeniería, 11(1), 32–53. Santander, España. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6684752>
- Portilla, A. (2015). *Implementación de un sistema de planeación en un proyecto de construcción de una obra civil, como herramienta para la toma de decisiones de la gerencia* (Tesis de Especialización). Universidad Militar de Nueva Granada. Bogotá-Colombia.
- Quispe, R. (2017). *Aplicación de “Lean Construction” para mejorar la productividad en la ejecución de obras de edificación, Huancavelica, 2017* (Tesis de Maestría). Cesar Vallejo, Lima- Perú.
- Rubio, I. *Lean Construction*. Instituto Mexicano de Lean Construction . <https://lcimexico.org/articulos/lean-construction/>
- Rudelli, N., Viles, E., González, J., y Santilli, A. (2018). *Causas de Retrasos en Proyectos de Construcción: Un análisis cualitativo*. Memoria Investigaciones en Ingeniería, 16(2018), 71–84. Montevideo, Uruguay. Recuperado de <http://revistas.um.edu.uy/index.php/ingenieria/article/view/298/356>
- Saieg, P., Domínguez, E., Nascimento, D., & Goyannes, R. (2018). *Interacciones del modelado de información de construcción, Lean y sostenibilidad en la industria*

*de la arquitectura, la ingeniería y la construcción: una revisión sistemática.* Revista de producción más limpia, 174(2018), 788–806. Brasil. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617326811#preview-section-snippets>

Salvador, G. (2016). *Agregado de Valor: Compartiendo conceptos.* Economía y Mercados, 4(2016), 75–81. Argentina. Recuperado de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/agregado\\_de\\_valor.\\_compartiendo\\_conceptos.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/agregado_de_valor._compartiendo_conceptos.pdf)

Sarhan, J., Xia, B., Fawzia, S., Karim, A., & Olanipekun, A. (2018). *Obstáculos para la implementación de prácticas de construcción ajustada en la industria de la construcción del Reino de Arabia Saudita (KSA).* Innovación en la construcción, 18(2), 246–272. Arabia Saudita. Recuperado de <https://doi.org/10.1108/CI-04-2017-0033>

Shaqour, E. (2022). *El impacto de adoptar la construcción ajustada en Egipto: nivel de conocimiento, aplicación y beneficios.* Revista de ingeniería Ain Shams, 13(2), 1. Egipto. Recuperado de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2090447921003026?token=21F8B81C3F0522B4D982A41892900D95F472A07890A57FF3DD54C234C0CA171A87777E1046BDD899A73B9CCB7CACB33D&originRegion=us-east-1&originCreation=20220711154509>

Serpell, A. & Verbal, R. (1990). *Análisis de operaciones mediante Cartas Balances.* Revista Ingeniería de Construcción, 9(7), 1-16. Chile. Recuperado de <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/337/280>

SYDLE. (2022). *Lean Construction: ¿Cómo aplicarla? Guía completa.* SYDLE. Recuperado de <https://www.sydle.com/es/blog/lean-construction-gua-completa-617c118a830b2541946f01f5/>

Think Productivity. (2021). *Desperdicios en Lean Construction.* España. Recuperado de <https://think-productivity.com/desperdicios-lean-construction/>

Vishal, P. (2010). *Last Planner System - Application and Implementation Challenges* (Tesis de Maestría). Texas A&M University, Texas- Estados Unidos.

## ANEXOS

<b>IMPLEMENTACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EJECUCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN UNA CONSTRUCTORA</b>						
Autores: Jorge Miguel Cherre / Luis Carlos Camilo Rivasplata Mori						
<b>PROBLEMAS General</b>	<b>OBJETIVOS General</b>	<b>HIPÓTESIS General</b>	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>INDICADO R VI</b>	<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>INDICADOR VD</b>
¿En qué medida la implementación de lean construction nos permite mejorar la productividad en la ejecución de instalaciones eléctricas en una constructora?	Implementar lean construction para mejorar la productividad en la ejecución de instalaciones eléctricas de una constructora.	Si se implementa Lean Construction se mejorará la productividad en la ejecución de instalaciones eléctricas.	Lean construction		Productividad	
<b>Específicos</b>	<b>Específicos</b>	<b>Específicas</b>				
¿En qué medida la aplicación de la carta balance reducirá el tiempo de ejecución de las instalaciones eléctricas en una constructora?	Implementar la carta balance para reducir el tiempo de ejecución de las instalaciones eléctricas en una constructora	Mediante la herramienta carta balance se reducirá el tiempo de ejecución de las instalaciones eléctricas en una constructora.	Carta balance	Si/No	Tiempo de ejecución	Rendimiento de MO HH/Und
¿En qué medida la aplicación de Last Planner System mejorará el cumplimiento del cronograma de actividades de instalaciones eléctricas en una constructora?	Implementar Last Planner System para mejorar el cumplimiento del cronograma de actividades en las instalaciones eléctricas en una constructora	La implementación de Last Planner System mejorará el cumplimiento del cronograma de actividades en las instalaciones eléctricas en una constructora	Last Planner System	Si/No	Cumplimiento del cronograma de las actividades	% de cumplimiento del cronograma
¿Cómo la implementación de trenes de trabajo se mejora la eficiencia en las instalaciones eléctricas en una constructora?	Implementar trenes de trabajo mejora la eficiencia en MO en las instalaciones eléctricas en una constructora	La implementación de trenes de trabajo mejorara la eficiencia en MO en las instalaciones eléctricas en una constructora	Trenes de trabajo	Si/No	EFICIENCIA	HH PPTO / HH REALES

Anexo 1: Matriz de Consistencia



## Anexo 2: Carta de autorización



**KAPLA**  
INVERSIONES Y CONSTRUCCIONES SAC

---

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

Lima, 02 de Junio del 2022

### **CARTA DE AUTORIZACION DE USO DE INFORMACION**

El que suscribe, en representación de **KAPLA INVERSIONES Y CONSTRUCCIONES SAC**, con RUC N° 2060515663, autorizamos a los señores Bachilleres Jorge Miguel Cherre Rojas y al señor Luis Carlos Camilo Rivasplata Mori, a fin de que puedan utilizar los datos, figuras o fotografías de la empresa para la elaboración de su tesis.

Sin otro particular me despido,

Atentamente,

  
Francisca Cabrera H.  
Gerente General  
Kapla Inversiones y  
Construcciones SAC

Calle Los Sauces 281 -502 San Borja- Lima tf 926 894071

### Anexo 3: Parte de producción diario

<span style="font-weight: bold; font-size: 1.2em;">PARTE DE PRODUCCIÓN DIARIO</span>												
OBRA:											SEMANA:	
ESPECIALIDAD:											FECHA:	
PARTIDA:											HH. PROGRAM.	
SUPERVISOR:											HH. REAL	
SECTOR:												
SC:												

ACT.	DESCRIPCION DE TRABAJOS	SECTOR	PISO	HH	METRADO	RESIDENTE DE OBRA
1						
2						
3						
4						ING CAMPO
5						
6						
7						ING. SUPERVISOR
8						
9						
10						

NOMINA DE TRABAJADORES														
COD.	CATEGORIA	APELLIDOS Y NOMBRES	ACT. 1	ACT. 2	ACT. 3	ACT. 4	ACT. 5	ACT. 6	ACT. 7	ACT. 8	ACT. 9	ACT. 10	TOTAL	
			HH	HH	HH	HH	HH	HH	HH	HH	HH	HH	HH	HH
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
<b>TOTAL ACTIVIDAD</b>			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00


EQUIPO	ACT	UND.	ZONA

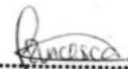
\_\_\_\_\_  
Capataz

\_\_\_\_\_  
Maestro de Obra


Francisco Cabrera M.  
 Gerente General  
 Kapla Inversiones y  
 Construcciones SAC


Anexo 4: Parte Semanal de Producción

 <b>KAPLA INVERSIONES Y CONSTRUCCIONES</b>		*MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN INSTITUCIONAL DE LA SEDE CENTRAL Y DE LAS DIRECCIONES REGIONALES ADSCRITAS EN LA PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO DEL GOBIERNO REGIONAL DE UCAYALI – REGIÓN UCAYALI*						
<b>PARTE SEMANAL DE PRODUCCIÓN</b>								
ING RESPONSABLE					FECHA			
CAPATAZ					ESPECIALIDAD			
<b>RESUMEN SEMANAL DE PRODUCCIÓN</b>								
<b>PARTIDA</b>				<b>METRADO</b>				
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
<b>RESUMEN DE MANO DE OBRA</b>								
<b>Descripción</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miercoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Sabado</b>	<b>TOTAL</b>	
HH								
<b>MATERIALES USADOS</b>								
1				10				
2				11				
3				12				
4				13				
5				14				
6				15				
7				16				
8				17				
9				18				
<b>OBSERVACIONES Y REQUERIMIENTOS</b>								

  
 Francisca Cabrens M.  
 Gerente General  
 Kapla Inversiones y  
 Construcciones SAC

Anexo 5: Plan Semanal

 KAPLA INVERSIONES Y CONSTRUCCIONES SAC.		PLAN SEMANAL						SEMANA 50						
ITEM	ACTIVIDADES	Und	Metrado	Rendimie nto	Piso	Sector	D	L	M	M	J	V	S	
							30-ago	31-ago	01-sep	02-sep	03-sep	04-sep	05-sep	
<b>INSTALACIONES ELECTRICAS</b>														
1	Bajadas de centro de luz a FCR (empalmes + conduit flexible)	pto	320,00	60,00	3er Piso	A1	60	60	60	60	60	60	20	
2	Bajadas de salidas de comunicaciones en techo a FCR (alambre guía + conduit flexible)	pto	320,00	60,00	4to Piso	A2	60	60	60	60	60	60	20	
3	Instalación de conduit EMT + caja F°g° en Tabiquería Drywall	pto	60,00	20,00	4to Piso	B1	20	20	20					
4	Cableado: circuitos de tomacorrientes y fuerza	pto	85,00	15,00	2do Piso	B2	15	15	15	15	15	15	10	
5	Cableado: circuitos de alumbrado	pto	85,00	15,00	3er Piso	B2	15	15	15	15	15	15	10	
6	Fijación de caja lisa 100x55mm en bandeja + flexible	und	48,00	8,00	7mo Piso	C1	8	8	8	8	8	8	8	
7	Cableado de alimentadores internos	ml	440,00	80,00	1er Piso	C3	80	80	80	80	80	80	40	
8	Pruebas eléctricas de circuitos derivados	circuitos	33,00	6,00	2do Piso	C1	6	6	6	6	6	6	3	
9	Instalación alambre guía: salidas de data y climatización	pto	110,00	20,00	2do Piso	C2	20	20	20	20	20	20	10	
10	Instalación de bandejas verticales	ml	185,00	35,00	6to Piso	B2	35	35	35	35	35	35	10	
11	Aterramiento de bandejas eléctricas y comunicaciones	ml	185,00	35,00	6to Piso	B1	35	35	35	35	35	35	10	

  
 Francisca Cabrens H.  
 Gerente General  
 Kapla Inversiones y  
 Construcciones SAC