



# POSGRADOS

## Maestría en **PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES**

RPC-SO-30-NO.506-2019

### Opción de Titulación:

Proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o de desarrollo

### Tema:

Modelo de gestión de procesos con la aplicación de lean construction para el mejoramiento en la ejecución del acápite eléctrico de viviendas residenciales.

### Autor:

Ángel Patricio Suquillo Quiña

### Director:

Jaime Rolando Heredia Velastegui

QUITO – Ecuador  
2023

**Autor:**



**Ángel Patricio Suquillo Quiña**

Ingeniero en Electrónica, Automatización y Control.

Candidato a Magíster en Producción y Operaciones Industriales por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Quito.

asuquilloq@est.ups.edu.ec

**Dirigido por:**



**Jaime Rolando Heredia Velastegui.**

Ingeniero Electrónico

Magíster Universitario en Ingeniería Electrónica

jheredia@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

**DERECHOS RESERVADOS**

2023 © Universidad Politécnica Salesiana.

QUITO– ECUADOR – SUDAMÉRICA

Ángel Patricio Suquillo Quiña

***MODELO DE GESTIÓN DE PROCESOS CON LA APLICACIÓN DE LEAN  
CONSTRUCTION PARA EL MEJORAMIENTO EN LA EJECUCIÓN DEL  
ACÁPITE ELÉCTRICO DE VIVIENDAS RESIDENCIALES.***

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación se desarrolló con el objetivo de elaborar un modelo de gestión de procesos, aplicando las herramientas *lean construction*, sobre la ejecución del acápito eléctrico en viviendas, orientado a mejorar la productividad. En primera instancia se aplicó una encuesta para obtener información del escenario actual, en lo referente a la gestión de procesos aplicando *lean construction* y a la productividad. Asimismo, se realizó el levantamiento de procesos, en la ejecución de las instalaciones eléctricas residenciales, este fue abordado mediante el desarrollo de cuatro fases (preparación, recopilación de la información, comprensión del proceso, equipos utilizados y documentos de información). Estos datos recabados permitieron establecer el tiempo de implementación, el costo de ejecución y las mudas o desperdicios presentes en el desarrollo de las actividades. Información que sirvió de base para el desarrollo del diagnóstico situacional actual.

Finalmente se propuso un modelo de gestión basado en el mapeo de flujo de valor, sistema del ultimo planificador, y la gestión de los desperdicios mediante la resolución de problemas, la utilización del modelo de gestión aplicando *lean construction* permitió plasmar de manera gráfica el flujo de materiales desde el inicio hasta la entrega al cliente final, también fue posible identificar las actividades que generan valor agregado y aquellas que no, enmarcándolas dentro de trabajo productivo TP, trabajo contributorio TC y trabajo no contributorio TNC. De igual manera la aplicación de la herramienta *el ultimo planificador* permitió establecer un flujo de trabajo rápido y predecible, evaluando las actividades a desarrollarse con un enfoque de lo que se debe hacer, lo que se puede hacer y aquello que finalmente se hará, analizando y gestionando restricciones y evaluando el porcentaje de cumplimiento.

Se logro reducir del 32 % al 20% el porcentaje de trabajo no contributorio TNC, disminuyendo los tiempos de ejecución de las instalaciones eléctricas de 8.76 días a 7.37 días con una relación costo / beneficio proyectada del 2 %. Con base en los resultados obtenidos se concluyó que la utilización de herramientas *lean construction*, generará mejoras en la industria de la construcción.

### **Palabras clave:**

Construcción esbelta, productividad, sistema del ultimo planificador, mapeo de flujo de valor, trabajo productivo.

## ABSTRACT

This degree work was developed with the objective of developing a process management model, applying lean construction tools, on the execution of the electrical section in homes, aimed at improving productivity. In the first instance, a survey was applied to obtain information on the current scenario, regarding process management applying lean construction and productivity. Likewise, the process survey was carried out in the execution of residential electrical installations, this was addressed through the development of four phases (preparation, collection of information, understanding of the process, equipment used and information documents). These data collected made it possible to establish the implementation time, the execution cost and the waste or waste present in the development of the activities. Information that served as the basis for the development of the current situational diagnosis.

Finally, a management model was proposed based on value flow mapping, the last planner's system, and waste management through problem solving. The use of the management model applying lean construction allowed graphical representation of the flow of materials from the beginning to delivery to the final customer, it was also possible to identify the activities that generate added value and those that do not, framing them within productive work TP, contributory work TC and non-contributory work TNC. Likewise, the application of the tool the last planner allowed establishing a fast and predictable workflow, evaluating the activities to be developed with a focus on what must be done, what can be done and what will finally be done, analyzing and managing restrictions and evaluating the percentage of compliance.

The percentage of non-contributory TNC work was reduced from 32% to 20%, reducing the execution times of electrical installations from 8.76 days to 7.37 days with a projected cost/benefit ratio of 2%. Based on the results obtained, it was concluded that the use of lean construction tools will generate improvements in the construction industry.

### **Keywords:**

Lean Construction, productivity, last planner system, value stream mapping, productive work.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la bendición de la vida, por darme la fortaleza y sabiduría para culminar una etapa más en mi vida. De manera especial a mi esposa Erika quien ha estado a mi lado compartiendo alegrías y angustias, por su apoyo incondicional para llegar al final de esta tesis.

Agradezco a mi tutor Ing. Jaime Heredia por ser una gran persona, por su dedicación y paciencia que han permitido llegar a esta instancia tan anhelada en el desarrollo de este proyecto.

## **DEDICATORIA**

Este proyecto se lo dedico a mi abuelo Ángel Quiña (†), quien con su ejemplo me inculco la perseverancia y resiliencia en el andar de la vida.

A mis padres Jenny y Patricio quienes con su ejemplo, consejos y apoyo han contribuido a superar cada reto que la vida me ha presentado.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	10
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	11
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	12
OBJETO DE ESTUDIO .....	13
JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
OBJETIVOS .....	14
HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
Alcance de la investigación.....	15
CAPÍTULO 1 .....	16
1.1    Introducción.....	16
1.2    Marco teórico de la investigación.....	17
1.2.1. Antecedentes de la investigación.....	17
1.3    Fundamentación de la investigación .....	18
1.3.1. Fundamentación legal .....	19
1.4    Aspectos teóricos fundamentales .....	22
1.4.1. Gestión de procesos en la construcción de viviendas .....	22
1.4.2. Sistema Lean Construction .....	24
1.4.3. Acápite eléctrico en viviendas .....	26
1.4.3.1. Proceso de Instalaciones eléctricas residenciales. ....	27
CAPÍTULO 2 .....	30
2.1.    Introducción.....	30
2.2.    Diseño de la investigación.....	30
2.3.    Modalidad de la investigación.....	30
2.4.    Tipo de investigación .....	31
2.5.    Métodos de investigación .....	31
2.6.    Técnicas e instrumentos .....	31
2.7.    Operacionalización de las variables .....	32
2.8.    Población y muestra .....	35
2.9.    Resultados de la técnica aplicada .....	36
CAPÍTULO 3 .....	37
3.1. Situación actual de la Gestión de Procesos Lean Construction.....	37
3.1.1. Levantamiento del proceso de instalaciones eléctricas en viviendas residenciales.....	38

3.2. Diagnóstico situacional .....	56
CAPÍTULO 4 .....	57
4.1. Introducción.....	57
4.2. Situación actual de las organizaciones de construcción.....	57
4.3. Título de la propuesta.....	57
4.4. Modelo de los procesos .....	58
4.4.1. Elaboración del Mapa de Procesos propuesto .....	58
4.4.2. VSM (Value Stream Mapping).....	63
4.4.3. Last Planner System (LSP).....	65
4.6. Medición y control .....	68
4.5 Indicadores de gestión .....	69
4.6. Análisis económico .....	70
CONCLUSIONES .....	72
RECOMENDACIONES .....	74
REFERENCIAS .....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama causa – efecto .....	19
Figura 2. Diagrama de flujo de instalaciones eléctricas residenciales. ....	28
Figura 3. Mapa de flujo de valor VSM Isenergy Cia.Ltda.....	44
Figura 4. Flujograma del proceso de instalación eléctrica de Isenergy Cia.Ltda. ....	45
Figura 5. VSM Mapa de flujo de valor Data Electric. ....	48
Figura 6. Flujograma del proceso de instalación eléctrica de Data Electric .....	49
Figura 7. VSM Mapa de flujo de valor Dennalec. ....	52
Figura 8. Flujograma del proceso de instalación eléctrica de Dennalec .....	53
Figura 9. Mapa de procesos propuesto de la empresa de construcción .....	58
Figura 10. Etapas de ejecución de instalaciones eléctricas. ....	59
Figura 11. Optimización de tiempo mediante la solución de problemas. ....	62
Figura 12. Valor añadido y despilfarro escenario inicial. ....	62
Figura 13. Valor añadido y despilfarro escenario final.....	63
Figura 14. VSM propuesto del proceso de instalaciones eléctricas de viviendas residenciales .....	64
Figura 15. Esquema debe – se hará – se puede con LPS .....	65
Figura 16. Plan de fases de construcción de viviendas residenciales .....	65
Figura 17. Lookahead Instalaciones eléctricas en el proceso constructivo de una vivienda.....	66
Figura 18. Gestión de las restricciones. ....	67
Figura 19. Obtención de porcentaje de plan cumplido. ....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Listas de los Capítulos de las Normas Ecuatorianas de la Construcción.....	20
Tabla 2. Proceso general de construcción de una vivienda.....	23
Tabla 3. Herramientas que conforman la metodología Lean Construction .....	25
Tabla 4. Clasificación de viviendas según área de construcción. ....	26
Tabla 5. Instalaciones mínimas necesarias.....	27
Tabla 6. Fuentes, técnicas e instrumentos de recopilación de datos .....	32
Tabla 7. Matriz de Operacionalización de Variable Independiente .....	33
Tabla 8. Matriz de Operacionalización de Variable Dependiente .....	34
Tabla 9. Cantidad de empresas de construcción en Ecuador, Pichincha y Quito .....	35
Tabla 10. Fase I. Preparación.....	38
Tabla 11. Fase II. Recopilación de la información .....	39
Tabla 12. Procesos de instalaciones eléctricas para viviendas residenciales de la empresa Isenergy Cia.Ltda.....	40
Tabla 13. Procesos de instalaciones eléctricas para viviendas residenciales de la empresa Data Electric .....	46
Tabla 14. Procesos de instalaciones eléctricas para viviendas residenciales de la empresa Dennalec .....	50
Tabla 15. Tiempo de las instalaciones eléctricas en número de días.....	54
Tabla 16. Problemas recurrentes en ejecución de instalaciones eléctricas. ....	54
Tabla 17. Fase IV. Equipos utilizados y documentos de información.....	55
Tabla 18. Diagnóstico situacional.....	56
Tabla 19. Proceso de instalaciones eléctricas en viviendas residenciales y acciones correctivas .....	60
Tabla 20. Indicadores del Lean Construction para las empresas de construcción .....	69
Tabla 21. Análisis Relación Beneficio/Costo .....	70
Tabla 22. Resumen Beneficio/Costo.....	70

# Modelo de gestión de procesos con la aplicación de lean construction para el mejoramiento en la ejecución del acápite eléctrico de viviendas residenciales.

Autor:

ANGEL PATRICIO SUQUILLO QUIÑA

## INTRODUCCIÓN

Considerando que la construcción se ejecuta dentro de un proceso productivo particular, que no se desarrolla sobre instalaciones fijas, por el contrario, presenta características variantes en el tiempo como; condiciones climáticas, alcance, tiempo de ejecución y un entorno que cambia a medida que la obra avanza. Se ha dificultado la optimización de los procesos manejados, catalogándose muchas veces de artesanales.

Sumado a la resistencia al cambio, no ha permitido adoptar filosofías y buenas prácticas como el concepto *lean*, proveniente de la industria automotriz y muy afianzado en la industria manufacturera (*lean manufacturing*), teniendo como resultado una baja productividad, alta incertidumbre en el desarrollo de los proyectos y un costo poco competitivo en el mercado.

Según datos del BCE [1], el porcentaje de participación de sector de la construcción es del 6.1 % siendo el quinto sector más importante de la economía, con un incremento proyectado para el 2024 de 3.5 % que adicionarían al PIB 11.331 millones de dólares. Es interés de esta investigación, el abordar el proceso constructivo del acápote eléctrico en las instalaciones residenciales mediante un enfoque *lean*, evidenciando el posicionamiento de la filosofía *lean* dentro del medio de la construcción valorando el impacto de la aplicación de las herramientas *lean construction*.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La aplicación de la filosofía *lean construction* direcciona a una empresa a la disminución o eliminación de actividades que no generan valor agregado, optimizando las que si lo hacen reduciendo todo desperdicio por el cual el cliente no estaría dispuesto a pagar [2].

Para ello dispone de herramientas como el *sistema del ultimo planificado* que sirve como un termómetro de lo acertada que es la planificación mediante un análisis en el largo, mediano y corto plazo. Inmiscuyendo al último planificar para disminuir escenarios donde la ejecución de obra no obedece a lo programado sino a lo que se puede ejecutar [3].

Asimismo, el dejar de lado la optimización de subproyectos como las instalaciones dentro de un proyecto de edificación, presenta gran incidencia sobre las pérdidas y retrasos. Siendo útil la herramienta *mapeo de flujo de valor*, que permitirá identificar de manera gráfica las actividades de interés y su interacción con otras.

## FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo un modelo de gestión de procesos con la aplicación de *lean construction* influye en la productividad de la ejecución del acápite eléctrico de viviendas residenciales?

### SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo influye un levantamiento de procesos de la ejecución de las instalaciones eléctricas en viviendas en la determinación del tiempo estandarización de rendimientos para cada etapa del proceso?

¿Cómo influye el uso de la herramienta *Value Stream Mapping* en la productividad de la ejecución del acápite eléctrico de viviendas residenciales?

¿Cómo influye el uso de la herramienta *Sistema del último planificador* en la productividad de la ejecución del acápite eléctrico de viviendas residenciales?

¿Cómo influye la reducción del *trabajo no contributivo* en la productividad de la ejecución del acápite eléctrico de viviendas residenciales?

¿Cómo influye el establecimiento de indicadores en la evaluación del modelo de gestión de procesos con la aplicación de *lean construction*?

## OBJETO DE ESTUDIO

Para el desarrollo del presente proyecto, se ha trabajado en tres empresas del sector de la construcción que formen parte del Distrito Metropolitano de Quito, en las cuales se evalúa el proceso de instalación de acápites eléctricos.

## JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Costa [4] consideró que la industria de la construcción es uno de los sectores económicos de más importancia a nivel mundial, pues es responsable de un 10 % de la economía global. Asimismo, Shaqour [5] afirma que su operación demanda el 50 % de recursos materiales naturales, el 40 % de la energía y es responsable del 50 % del total de los residuos, siendo fundamental establecer índices y parámetros en su ejecución que establezcan objetivos alcanzables en busca de una mayor eficiencia y buen manejo de los recursos.

A nivel mundial, presenta un crecimiento promedio de solo el 1 % anual durante los últimos veinte años, contrastando con el crecimiento del 2,8 % para la economía mundial total y el 3,6 % en el sector de la manufactura [6]. Existe entonces un gran interés por el aumento de la productividad en el sector de la construcción, que se ve truncado por el manejo de procesos artesanales, alta siniestralidad, baja especialización, precarias condiciones de trabajo, altos costos laborales y repetidos defectos en la ejecución [7].

Para ello se han introducido conceptos *lean* en el sector de la construcción, utilizando el término *lean construction*. Cuyos beneficios están orientados a la mejora de los flujos, la mejora de la productividad, la eliminación de desperdicios y la reducción de demoras [8]. Al ser el sector de la construcción un entorno con muchos actores generalmente más pequeños (contratistas), es interés de esta investigación abordar la aplicación de estas herramientas de mejora en el acápite eléctrico de la construcción de viviendas residenciales. Con ello se realizará un aporte a una de las disciplinas involucradas en la construcción, cuya optimización conjunta aumentaría el valor agregado del sector de la construcción.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar un modelo de gestión de procesos con la aplicación de lean construction para el mejoramiento en la ejecución del acápite eléctrico de viviendas residenciales.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el levantamiento de información del tiempo empleado y el costo de la ejecución de la obra eléctrica en viviendas de 110 metros cuadrados, para establecer el escenario inicial manejado en obra.
- Determinar el tiempo estándar de la ejecución del acápite eléctrico en viviendas, mediante el estudio del trabajo, para establecer estándares de rendimiento respecto a las actividades que se realizan.
- Emplear la metodología de las 5S para identificar y reducir los desperdicios en la ejecución de los trabajos eléctricos dentro de la construcción de la vivienda.
- Evaluar el impacto de las herramientas *lean construction* en los indicadores tiempo y costo empleados en la ejecución de los trabajos eléctricos, para establecer diferencias con el escenario inicial manejado en obra.

## **HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

La gestión de procesos mediante Lean Construction mejora la productividad de las empresas constructoras.

### **VARIABLES INDEPENDIENTE**

- Gestión de Procesos Lean Construction.

### **VARIABLE DEPENDIENTE**

- Productividad.

### **Alcance de la investigación**

El presente proyecto mantiene un enfoque investigativo hacia los procesos de instalación eléctrica en las empresas de construcción del Distrito Metropolitano de Quito, para lo cual se ha seleccionado tres empresas constructoras tanto del sur, centro y norte del territorio capitalino.

## CAPÍTULO 1

### MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO SOBRE GESTIÓN DE PROCESOS, LEAN CONSTRUCTION Y ACÁPITE ELÉCTRICO EN VIVIENDAS

#### 1.1 Introducción

La importancia del desarrollo de una excelente gestión de los procesos de construcción deberá enfocarse a la optimización de tiempos y recursos disponibles que se utilicen durante la ejecución de las actividades, siendo preponderante realizar una adecuada planificación en el que se desarrollen los planos arquitectónicos correspondientes de las viviendas o edificaciones que se pretenden construir, siendo necesario además elaborar el presupuesto en el que se detallen los valores de los gastos de los equipos, herramientas, mano de obra y demás recursos que se utilicen durante la actividad de construcción.

Para ello, ante la necesidad de optimizar los tiempos, recursos y materiales surge la metodología Lean Construction que se conforma por diversas herramientas como el Last Planner System, VSM (Mapeo del Flujo de Valor), las 5S y el modelo Kanban, de tal modo que cada uno de ellos tiene como propósito principal mejorar el proceso de construcción de las viviendas o edificaciones eliminando el desperdicio de materiales, mayor organización en las actividades productivas y disminución de los tiempos utilizados, destacando que el sistema Lean Construction puede aplicarse también en los procesos de instalaciones eléctricas durante la construcción de viviendas o edificios, optimizando cada uno de los recursos que se utilicen.

La fundamentación legal en el proceso de construcción se determina desde la Constitución Política de la República del Ecuador, en el que además las instalaciones eléctricas mantienen su fundamento en la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica y la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC), añadiendo además que dentro de estas normativas se destacan las Instalaciones Eléctricas Residenciales y la Eficiencia Energética en Edificaciones Residenciales, pues ambas se señalan en artículo 2 del Acuerdo Ministerial No. 004- 18 [9].

## 1.2 Marco teórico de la investigación

### 1.2.1. Antecedentes de la investigación

Martínez et al [8] presentaron un caso de estudio referente a un constructor de viviendas asequibles en Ecuador, el mismo que utilizó la técnica Lean Construction en las etapas de diseño y construcción. El estudio describe cómo el proyectista abordó los desafíos operativos derivados de la implementación de una estrategia de personalización y analiza datos cualitativos y cuantitativos para evaluar los resultados de las iniciativas lean. Entre los cuales destacan la reducción del costo y el tiempo de entrega, sin sacrificar las opciones de diseño para el consumidor. Sin embargo, el entorno político y económico del país trabajaron en contra de los beneficios de la construcción lean, lo que demuestra la importancia del contexto regulatorio para facilitar o inhibir las iniciativas lean y la innovación en la construcción.

Costa [4] analiza para las etapas de planificación y diseño de proyectos de la construcción en las ciudades de Loja y Cuenca, la pertinencia y factibilidad de implementación de la metodología Lean Construction. Mediante el estudio se analizan los puntos críticos que incurren en el incumplimiento de plazos, mala calidad y variaciones en el coste, identifica y plantea procedimientos y herramientas basados en esta nueva filosofía, concluyendo que la coordinación y los altos estándares de comunicación permitirían tener una producción eficiente y minimizar las pérdidas a lo largo del proceso.

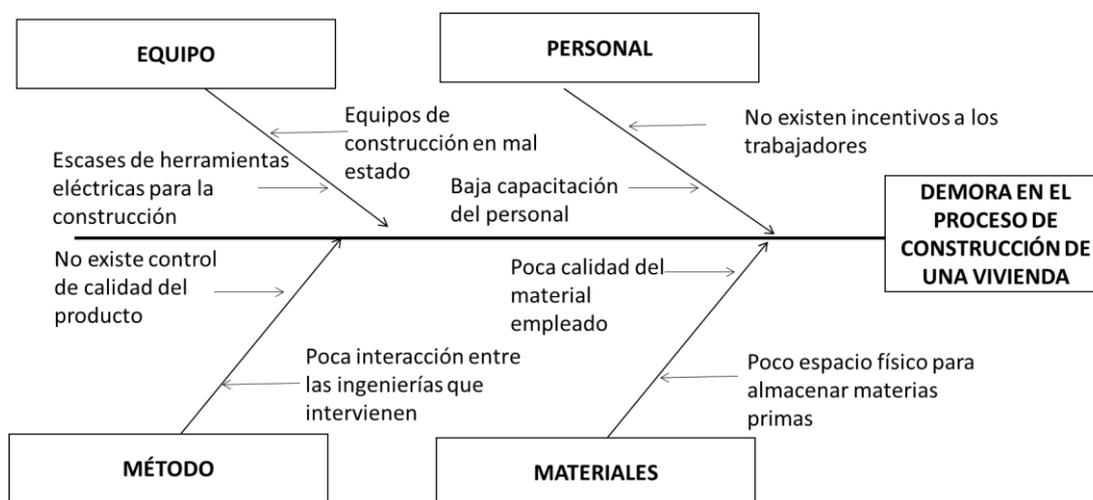
Shaquor [5] realiza la investigación para medir el impacto de las herramientas lean construction en la reducción de los desperdicios y mejora del sector de la construcción, para ello recopiló datos con un enfoque cualitativo por medio de una encuesta, aplicada a ciento sesenta y dos profesionales de la construcción con experiencia en diseño, gestión y construcción de proyectos en Egipto. Posterior a la tabulación de los datos, se establece como causa principal de desperdicio “el reprocesamiento ocasionado por defectos de construcción” y en segundo lugar el “transporte de materiales”. Además, se identifica a las herramientas JIT, 5S, LPS y estandarización, como principales herramientas lean que apuntan a optimizar tiempos, mejora continua, mantenimiento de herramientas, minimización de desperdicios y gestión de inventario dentro del sector de la construcción.

Considerando que los procesos de certificación de edificios buscan mitigar el impacto ambiental de la construcción y contribuir con el desarrollo sostenible, es de notar que estos procesos están enfocados en la etapa de funcionamiento de las edificaciones y no así en la etapa constructiva donde aún se utilizan métodos convencionales bajo procesos ineficientes e insostenibles. Las percepciones generadas por la implementación conjunta de lean construction y el sistema de certificaciones de construcción sostenible para edificios en Colombia, fue abordado por Aristizábal et al [6]. Esta investigación plantea como objetivo realizar un estudio descriptivo cualitativo para examinar los enfoques académicos sobre el tema. En el desarrollo se concluye que, la filosofía lean construction aporta estrategias y prácticas que pueden reducir los impactos ambientales, económicos y sociales en la etapa de construcción y a la vez constituyen un aporte para el alcance de los criterios de certificación. Pese a ello se torna difícil su implementación debido a la falta generalizada de conocimiento conceptual entre los desarrolladores de proyectos, el 25 % de los participantes desconocen la filosofía y la mayoría lo asocia con la mejora de la productividad sin considerar aspectos ambientales o sociales.

### **1.3 Fundamentación de la investigación**

El presente estudio se enfoca en el sistema Lean Construction y su aplicación en la construcción de viviendas, por lo cual es necesario elaborar un diagrama causa – efecto de acuerdo a cuatro elementos principales entre los cuales se destaca al personal, que labora en la empresa, los equipos que se disponen, los materiales y materias primas que se utilizan y los métodos que se aplican durante el proceso de construcción de la vivienda.

Por consiguiente, el diagrama causa efecto se indica en la figura 1. En esta se observa que el efecto principal corresponde a la demora del proceso de construcción de una vivienda, en el cual se identifican ocho causas que se agrupan de acuerdo al personal, equipos, materiales y métodos utilizados, la poca calidad del material empleado, el exceso de tiempo que se utiliza durante el proceso, los equipos de construcción en mal estado y la baja capacitación de personal entre los más principales.



**Figura 1.** Diagrama causa – efecto

### 1.3.1. Fundamentación legal

#### 1.3.1.1. Constitución Política del Ecuador

De acuerdo a la Constitución Política del Ecuador [9] es importante destacar que “las personas tienen derecho a un hogar digno, saludable y protegido independiente de su situación económica en la que se encuentre” (Art. 30). Por lo tanto, todas las familias ecuatorianas tienen el absoluto derecho a una vivienda digna de forma independiente de acuerdo a sus condiciones socioeconómica y social.

Adicional a ello, es importante destacar que “el gobierno tiene la obligación de garantizar el hábitat y una vivienda digna para sus habitantes” según como lo menciona la Constitución Política del Ecuador [9] en su Artículo 375. Por ende, en base a ello el Estado como autoridad deberá impulsar todas las normativas y políticas para que sus habitantes tengan derecho a una vivienda digna.

#### 1.3.1.2. Ley Orgánica de Servicio Público de Energía Eléctrica

De acuerdo a la Ley Orgánica de Servicio de Energía Eléctrica [10] es importante señalar lo siguiente:

Art. 65.- Los encargados de desarrollar lotizaciones, conjuntos residenciales, edificios de departamentos y otros emprendimientos de este tipo, deberán hacerse cargo de instalar la infraestructura eléctrica necesaria para dar servicio a estas urbanizaciones [10].

Tomando en cuenta lo anterior, las instalaciones en todas las edificaciones de empresas y de viviendas deberán instalarse las redes de conexión eléctrica por parte de los dueños o ejecutores de dichos inmobiliarios, más no será de responsabilidad directa otorgar recursos para estas instalaciones.

### 1.3.1.3. Norma Ecuatoriana de la Construcción

Es importante destacar que en base al Art. 3 de la Norma Ecuatoriana de la Construcción [11] se han establecido las siguientes normativas a considerar y que se enuncian en la tabla siguiente:

**Tabla 1.** Listas de los Capítulos de las Normas Ecuatorianas de la Construcción

<b>Tipo</b>	<b>Capítulos</b>	<b>Código</b>
Seguridad estructural de las edificaciones	Cargas (no sísmicas)	NEC – SE – CG
	Riesgo Sísmico, Evaluación, Rehabilitación de Estructuras	NEC-SE-RE:
	Estructuras de Hormigón Armado	NEC-SE-HM
	Estructuras de Acero	NEC-SE-AC:
	Estructuras de Madera	NEC-SE-MD:
Habitad y salud	Vidrio	NEC-HS
	Contra Incendios	NEC-HS-CI
	Accesibilidad Universal	NEC-HS-AU
	Eficiencia Energética	NEC-HS-EE
	Climatización	NEC-HS-CL
	Energías Renovables	NEC-HS-ER
Servicios Básicos	<b>Instalaciones Eléctricas</b>	<b>NEC-SB-IE</b>
	Infraestructura Civil Común de Telecomunicaciones	NEC-SB-TE
	Instalaciones de Gases Combustibles para Uso Residencial, Comercial e Industrial	NEC-SB-IG
Documentos reconocidos	Norma Andina para Diseño y Construcción de Casas de uno y dos pisos en Bahareque Encementado	NEC-DR-BE:

Fuente: Tomado de la Norma Ecuatoriana de Construcción – Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda [12]

En la tabla 1 se observa que el Capítulo de Instalaciones Eléctricas (NEC – SB – IE) es indispensable en la implementación de los procesos de construcción, por lo cual, el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda [13], explica los principios básicos,

criterios funcionales y características constructivas para el diseño, ejecución, control y mantenimiento de las instalaciones eléctricas en las construcciones, la infraestructura adecuada que facilite la instalación de esta red y la seguridad en la edificación.

#### ***1.3.1.4. Requisitos obligatorios para la construcción de viviendas***

Entre los principales requisitos [14] indispensables que se requieren para la construcción de viviendas se deberá disponer de los siguientes:

- Documento del trámite al construir el bien
- Certificado en el que se determina que el propietario no tiene deudas pendientes con el GADM
- Copia de la cédula de ciudadanía y papeleta de votación del propietario o representante
- Copias de los documentos que respalden la propiedad del terreno
- Planos técnicos del proyecto que se realiza
- Pago del impuesto predial actualizado.
- Certificado de vulnerabilidad de la jefatura de gestión de riesgos.
- Permiso ambiental en caso de que se requiera
- Copias de los pagos otorgados al Cuerpo de Bomberos del cantón al que corresponde
- Para construcciones que sobrepasen las dos plantas, se deberá presente un estudio que certifique el uso del suelo para edificaciones

#### ***1.3.1.5. Requisitos para la instalación eléctrica en viviendas***

Para realizar la instalación del medidor de luz en las viviendas se deberá solicita el correspondiente permiso de la Empresa Eléctrica Quito [14], para lo cual, se deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Petición formal por escrito de la persona que representa al propietario.
- Copia del nombramiento de representante legal.
- Copia de la cédula de identidad del representante legal; u otro documento que respalde su ciudadanía.
- Copia de la papeleta de votación actualizada del representante legal (en los casos que aplica).

- Copia del Registro Único de Contribuyentes (RUC), en caso de empresas, instituciones u organismos similares
- Copia del impuesto predial, minutas, escrituras u otros documentos que respalde el dominio del inmueble.
- Copia del contrato de arrendamiento vigente que se registre en los Juzgados de Inquilinato o a su vez, documento que acredite autorizar por parte del dueño del inmueble los trámites que se realicen en la EEQ (Empresa Eléctrica Quito)

#### **1.4 Aspectos teóricos fundamentales**

##### **1.4.1. Gestión de procesos en la construcción de viviendas**

Valdés [16] señala que la gestión de procesos se caracteriza como un conjunto de prácticas que se enfocan hacia la optimización de tiempos y recursos cuyas acciones se encaminan hacia la mejora continua de los procesos de una organización. Es así que mediante la gestión de procesos se permite determinar a un conjunto de actividades que son consecutivas entre sí con la finalidad de mejorar los flujos de trabajo de tal manera que los procesos organizacionales se adapten a las necesidades de sus clientes o usuarios.

En el sector inmobiliario, Lurueña [17] menciona que la gestión de la construcción está dado por el proceso de planificación, coordinación y control de las actividades consecutivas que conforman un proyecto de construcción desde el principio hasta su consecución final. Por lo tanto, la gestión de procesos en la construcción de viviendas se conforma por un conjunto de actividades consecutivas que abarcan desde la etapa de planificación, para que en base a ello se establezcan responsabilidades para organizar la ejecución del proyecto. Finalmente, es preponderante identificar los correspondientes indicadores de control con los cuales se verifica el cumplimiento de la obra realizada.

Carnelutto [18] demuestra que al realizar la construcción de viviendas se requieren de un conjunto de actividades consecutivas entre sí, que se agrupan por etapas tal como se observa en la siguiente tabla 2.

**Tabla 2.** Proceso general de construcción de una vivienda

<b>Etapas</b>	<b>Actividades consecutivas</b>	<b>Descripción</b>
Planificación	1. Elaboración de planos	Se realiza el diseño arquitectónico de la vivienda, agregando distribución de espacios e instalaciones según las preferencias del cliente
	2. Establecer el presupuesto	La elaboración del presupuesto corresponde a los gastos principales y secundarios que son indispensables para la construcción de la vivienda.
	3. Obtener los permisos de construcción	Se solicitan los permisos a las autoridades locales correspondientes entre los que se destacan permisos de construcción y licencias ambientales
Ejecución	4. Preparar el terreno	Corresponde a la limpieza del terreno antes de la construcción de la vivienda incluyendo la nivelación del suelo y excavaciones necesarias
	5. Construir los cimientos de la vivienda	Se realiza la instalación de los pilotes o columnas en base a la fundición de concreto de acuerdo con las características del suelo
	6. Construir las paredes y ventanas	Está dado por el diseño de las paredes y ventanas según las medidas establecidas estableciendo los sistemas estructurales como vigas y columnas.
	7. Elaborar el techo de la vivienda	La construcción del techo se lo realiza de acuerdo a la base estructural de las paredes como soporte, siendo recomendable utilizar vigas que soporten el peso apropiado.
	8. Realizar las instalaciones eléctricas y tuberías	Se instala el sistema eléctrico de la vivienda identificando los puntos de luz, interruptores y enchufes de acuerdo a la carga eléctrica adecuada asegurando el suministro de energía.
	9. Colocar las puertas, ventanas e instalación de suelos	Es importante seleccionar los tipos de puertas y ventanas que se instalan en la vivienda, cuyos materiales pueden ser de madera o aluminio y el tipo de abertura según los requisitos de seguridad.
	10. Instalar los sanitarios y griferías	Se instalan los inodoros, lavabos y duchas en el baño, así como también las griferías en la cocina, se instalan las tuberías de agua y las válvulas de conexión.
	11. Realizar los acabados finales	Corresponde a la colocación de pintura o parquet en paredes o pisos de acuerdo a las características de la vivienda.

Fuente: Adaptado del libro Tu Casa en tus Manos: Manual de Construcción de Gustavo Carnelutto [18]

**Tabla 3.** Proceso general de construcción de una vivienda (continuación)

<b>Etapas</b>	<b>Actividades consecutivas</b>	<b>Descripción</b>
Control	12. Revisar las instalaciones de la vivienda	Se efectúa la inspección final de la vivienda por parte del arquitecto o dueño del contrato antes de realizar la entrega al propietario
	13. Efectuar las inspecciones requeridas	Se efectúa la inspección final de las autoridades locales a la vivienda que ha sido construida, de acuerdo a los lineamientos establecidos.

Fuente: Adaptado del libro *Tu Casa en tus Manos: Manual de Construcción* de Gustavo Carnelutto [18]

### 1.4.2. Sistema Lean Construction

Lean construction surge como la adaptación y aplicación de los principios productivos de la manufactura automotriz japonesa en el campo de la construcción.

Garces y Peña [19] señala que Lean Construction está dado como una metodología en la gestión de proyectos de construcción, que permita la optimización de procesos durante la ejecución de sus actividades. Ante esta perspectiva, el sistema Lean Construction se enfoca en la reducción de tiempos de los procesos de construcción buscando mejorar los niveles de eficiencia y eficacia en las operaciones realizadas.

Rojas *et al* [20], destaca que Lean Construction presenta un conjunto de características a considerar entre las cuales se destacan:

- **Eliminación del desperdicio.** Se enfoca en identificar y eliminar los desperdicios durante el proceso de construcción, por lo cual, busca la optimización en el uso de materiales y recursos utilizados.
- **Mejora continua.** Las actividades que conforman el proceso de construcción deben ser mejoradas continuamente con base en la eficiencia y eficacia en favor de las organizaciones.
- **Flujo continuo.** Evita la acumulación de trabajo, por lo cual permite que las actividades que formen parte del proceso de construcción puedan fluir sin problemas de una etapa a otra.
- **Enfoque en el cliente.** Se enfoca en satisfacer los requerimientos de los clientes, de tal modo que los resultados obtenidos de la construcción de viviendas favorezcan a la satisfacción de sus necesidades.

En la metodología Lean Construction, Pérez *et al* [21] señala que existen un conjunto de herramientas que se pueden implementar en los procesos de construcción, los mismos que requieren ser explicados como se detalla en la tabla 3.

**Tabla 4.** Herramientas que conforman la metodología Lean Construction

<b>Herramienta Lean Construction</b>	<b>Descripción</b>
Last Planner System (Sistema del Último Planificador)	Es una herramienta que permite establecer un flujo de trabajo rápido y predecible en la planificación, diseño, ejecución y ocupación de los proyectos, implementando cronogramas intermedios (6WLAP) y semanales (WWP) dentro de un plan maestro. Sometiendo al análisis las restricciones y gestionando su levantamiento. Para finalmente evaluar el cumplimiento de lo planificado mediante el porcentaje del plan completado (PPC).
Value Stream Mapping – VSM (Mapeo del Flujo de Valor)	Es una herramienta gráfica que se utiliza para plasmar el flujo de materiales desde el inicio hasta la entrega al cliente final, identificando las actividades que generan valor y satisfaciendo sus necesidades.
5S	Está dado por la clasificación, orden, limpieza, estandarización y disciplina en los procesos de construcción, por lo cual, mediante este sistema se enfoca en mantener espacios de trabajo limpios, ordenados y libres de desperdicios.
Kanban	Se caracteriza por ser un sistema de gestión visual que ayuda a optimizar los procesos de construcción, mediante el uso de tarjetas que ayuden a regular la carga de trabajo.

Fuente: Adaptado del libro Lean Construction de Luis Alarcón [22]

En la tabla 3 se observa que Lean Construction dispone de un conjunto de herramientas con las que se permite optimizar los procesos de construcción entre los cuales se destacan Last Planner System (Sistema del Último Planificador), Value Stream Mapping, VSM (Mapeo de Flujo de Valor por sus siglas en inglés), las 5S y Kanban, de tal manera que cada una de estas herramientas pueden aplicarse para fortalecer el mejoramiento continuo de los procesos eliminando los desperdicios, optimizando el uso de recursos y tiempos, así como además fortaleciendo la calidad de la obra.

### 1.4.3. Acápito eléctrico en viviendas

La arquitectura y las particularidades de la vivienda a proyectar sirven de base para el desarrollo del diseño eléctrico, el mismo que garantiza la coordinación y compatibilidad con las otras ingenierías involucradas en el diseño de la vivienda. Así mismo el uso de la energía eléctrica presenta un riesgo intrínseco, motivo por el cual las instalaciones eléctricas garantizaran la salvaguardia de usuarios y bienes materiales, bajo estándares de calidad del servicio.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SB-IE, clasifica y recomienda el número óptimo de circuitos de uso general, según su área de construcción.

**Tabla 5.** Clasificación de viviendas según área de construcción.

Tipo de Vivienda	Área de construcción (m <sup>2</sup> )	Número mínimo de circuitos	
		Iluminación	Tomacorrientes
Pequeña	$A < 80$	1	1
Mediana	$80 < A < 200$	2	2
Mediana	$201 < A < 300$	3	3
Grande	$301 < A < 400$	4	4
Especial	$A > 400$	1 / 100m <sup>2</sup> o fracción	1 / 100m <sup>2</sup> o fracción

Fuente: Adaptado de NEC-SB-IE febrero 2018 [13]

El tipo de vivienda mediano estipulado en la tabla 4, servirá como objeto de estudio en el desarrollo del presente trabajo, al considerar que la superficie promedio de los proyectos inmobiliarios es de 160m<sup>2</sup> y su grado de electrificación se considera elevado, manejando una potencia mínima de 9200w [23].

En la Tabla 5 se establece las instalaciones mínimas necesarias, que dotaran de funcionalidad y confort en la vivienda evitando la realización de obras adicionales.

**Tabla 6.** Instalaciones mínimas necesarias

Círculo utilización	No. de circuitos	PIA (A)	Máximo número de puntos de utilización	Conductores sección mínima mm <sup>2</sup>
C1. Iluminación	2	16	15	2,5
C3. Tomas de uso general	2	20	10	4
C5. Cocina y horno	1	25	2	5,26
C6. Lavadora, lavavajillas	1	20	3	4
C7. Baño, auxiliares de cocina	1	16	6	4
C8. Ducha eléctrica	$\frac{3}{(5750w)}$	32	1	5,26
C9. Climatización	$\frac{1}{(5750w)}$	32	1	5,26
C10. Secadora	$\frac{1}{(3450w)}$	20	1	5,26
C11. Automatización	$\frac{2}{(2300w)}$	25	10	4
C13. Recarga de vehículo eléctrico	1	-	-	-

Fuente: Adaptado del libro Instalaciones Eléctricas Interiores [24]

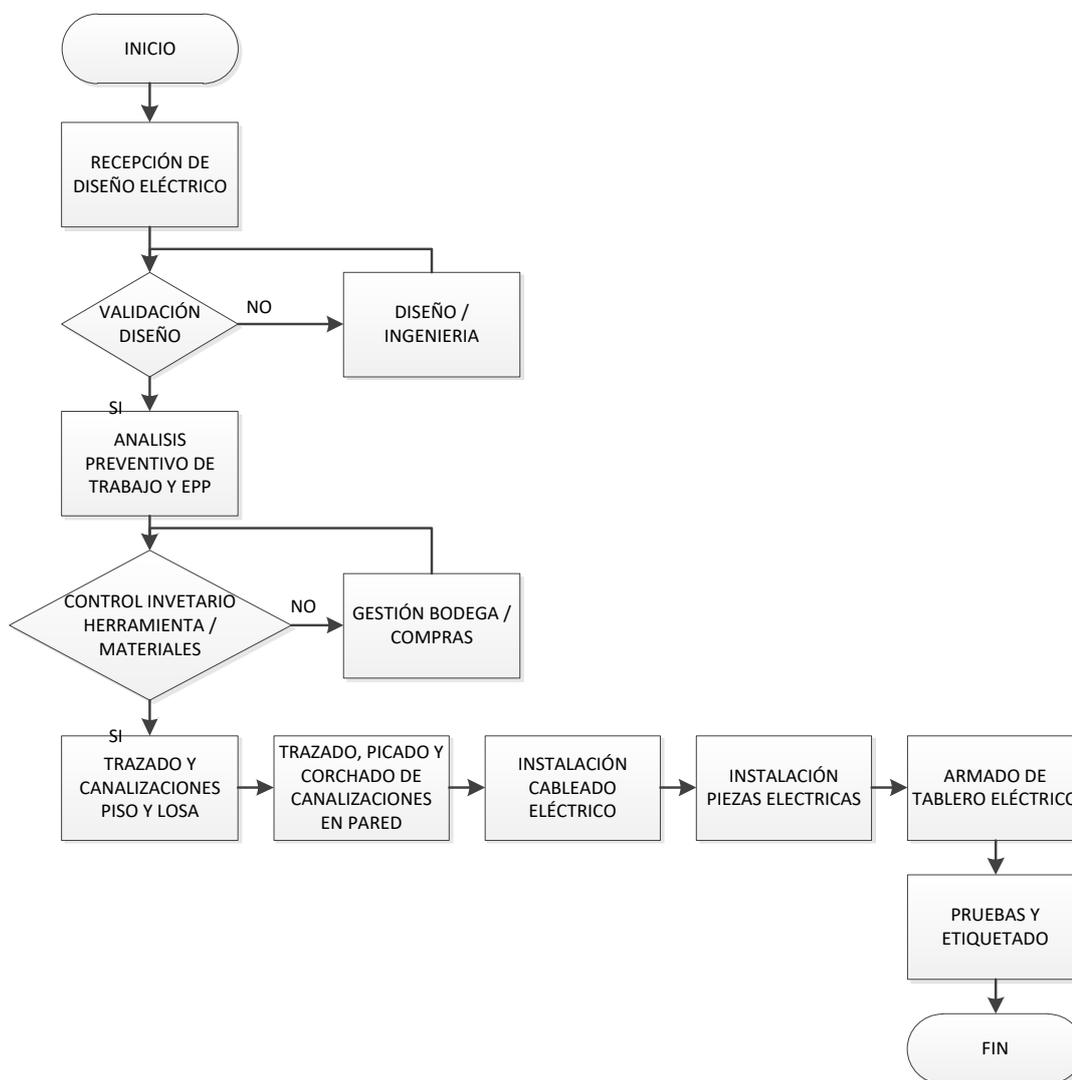
#### 1.4.3.1. Proceso de Instalaciones eléctricas residenciales.

Las instalaciones eléctricas residenciales abarcan los siguientes elementos:

- Canalizaciones o ductos.
- Conductores.
- Estructuras y tableros de distribución.
- Accesorios y dispositivos.
- Mediciones y pruebas.

Específicamente para una vivienda se contemplan dos etapas:

1. Primera etapa: Comprende el suministro de servicio eléctrico desde el exterior (medidor o tablero general de medidores) hacia el interior de la vivienda en el tablero eléctrico principal.
2. Segunda etapa: se consideran en esta etapa todas las instalaciones eléctricas a partir de él tablero eléctrico principal, hacia los circuitos de iluminación, fuerza y especiales.



**Figura 2** Diagrama de flujo de instalaciones eléctricas residenciales.

En la figura 2 se detalla el proceso de ejecución de instalaciones eléctricas, el mismo que inicia con la revisión de planos y memorias eléctricas, para que posteriormente se defina el equipo de protección y herramientas necesarias, gestionando compras faltantes. Se realizan canalizaciones coordinando con estructuras de hormigón y luego se pican paredes e instalan las tuberías. Finalizada la etapa de enlucidos se procede

con el cableado, y tras la pintura se colocan las piezas eléctricas, para que después se conecte el tablero principal y se etiqueten los circuitos.

## CAPÍTULO 2

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1. Introducción

En el Capítulo 2 se elabora la Metodología de Investigación, mediante la cual se determinan tanto el diseño, tipo y métodos de estudio necesarios para que la información recopilada sea llevada a la práctica y en base a ello, se obtengan resultados relevantes sobre la situación actual del proceso de acápito eléctrico en las viviendas residenciales.

Las fuentes, técnicas e instrumentos son claves para obtener datos relevantes sobre el estudio realizado, de manera que, se recopile la información suficiente y elaborar las tablas y figuras estadísticas para su posterior análisis e interpretación.

#### 2.2. Diseño de la investigación

En el desarrollo del presente estudio se aplica una investigación no experimental [25], mediante la cual se recopilan datos relevantes sobre las instalaciones eléctricas en viviendas residenciales, cuya información no será alterada por parte del investigador, sino que más bien, en base a los datos obtenidos se determinan conclusiones relevantes que aportan al desarrollo de la investigación actual.

#### 2.3. Modalidad de la investigación

Al realizar el estudio actual, ha sido preponderante aplicar tanto una investigación descriptiva como exploratoria, de tal modo que se realice una explicación de cada una de ellas en los párrafos siguientes:

- El estudio que se realiza se enfoca en una investigación descriptiva [26], al establecer las características de las viviendas residenciales y sus formas de instalación eléctrica que son necesarias para la construcción de este tipo de bienes.
- El estudio actual se determina como una investigación exploratoria [27], debido a que no se han realizado investigaciones anteriores sobre la metodología Lean Construction en la gestión de procesos de las instalaciones eléctricas de las viviendas, lo cual demuestra que existe escasa información

sobre el tema pero que posibilita hacia el desarrollo de nuevos estudios similares en el futuro.

#### **2.4. Tipo de investigación**

En el presente estudio que se realiza, se ha aplicado una investigación cuantitativa [25] en la cual, se determinan los tiempos que conforman a cada una de las actividades de los procesos en las instalaciones eléctricas de las viviendas, de tal manera que a partir de ellos se obtiene un tiempo total del proceso realizado.

#### **2.5. Métodos de investigación**

El método inductivo – deductivo [28] se aplica en la investigación actual, puesto que por una parte se identifica por separado cada una de las causas que conllevan hacia el problema principal de estudio, por lo que se mantiene un direccionamiento que se enfoca desde lo particular hacia lo general. De la misma manera, al elaborar el modelo de gestión de procesos se utiliza el sistema Lean Construction como una herramienta de optimización de recursos, se proponen diversos programas por separado para la implementación del acápote eléctrico, de tal manera que, se mantiene un enfoque deductivo en el que se elabora un modelo de gestión para construir viviendas residenciales en general estableciendo programas individuales sobre optimización de tiempos.

#### **2.6. Técnicas e instrumentos**

Entre las principales fuentes de investigación utilizadas están tanto primarias como secundarias, las mismas que se explican a detalle en los párrafos siguientes:

- Las fuentes primarias [29] se desarrollan como encuestas en el presente trabajo y se aplican a los dueños o administradores de las empresas de construcción que residen en el Distrito Metropolitano de Quito.
- Las fuentes secundarias [30] se conforman por libros, revistas digitales y páginas web que tienen relación con la construcción, la gestión de procesos y el sistema Lean Construction.

En definitiva, entre las principales fuentes, técnicas e instrumentos de investigación se destacan en la tabla 6.

**Tabla 7.** Fuentes, técnicas e instrumentos de recopilación de datos

<b>Fuentes</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
Fuentes primarias	Encuesta	– Cuestionario de la encuesta
	Información documental	– Lista de actividades del proceso de instalaciones eléctricas en viviendas
Fuentes secundarias	Libros	– Lean Construction
		– Gestión de Procesos
	Revistas digitales	– Revista Construye
		– Revista Negocio y Construcción
	Artículos científicos	– Redalyc
– Scielo		
Páginas web		– <a href="https://www.ecuadorencifras.gob.ec">https://www.ecuadorencifras.gob.ec</a>
		– <a href="https://www.habitatyvivienda.gob.ec">https://www.habitatyvivienda.gob.ec</a>

### 2.7.Operacionalización de las variables

En el desarrollo de la presente investigación, se ha identificado a la variable dependiente como independiente entre las cuales se describen a continuación:

- **Variable independiente:** Gestión de Procesos Lean Construction
- **Variable dependiente:** Productividad.

Luego que se ha identificado a las variables, se estructura la correspondiente Matriz de Operacionalización entre las que se describen las dimensiones, indicadores, ítems, fuentes e instrumentos necesarios para la recopilación de datos, toda esta información se observa en la tabla 7 y tabla 8 respectivamente.

**Tabla 8.** Matriz de Operacionalización de Variable Independiente

<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ÍTEMS</b>	<b>FUENTES / TÉCNICAS</b>
Variable independiente: Gestión de Procesos Lean Construction	Diagnóstico de procesos de instalaciones eléctricas	Nivel de diagnóstico	¿Ha escuchado el termino lean construction? ¿Se tiene conocimiento de la filosofía lean construction?	Encuesta / Cuestionario
	Mapa de procesos	Nivel de procesos de la empresa	¿Están identificadas las actividades que no generan valor agregado al proceso?	Encuesta / Cuestionario
	Documentación en el proceso de instalaciones eléctricas	Nivel de documentos requeridos	¿En su empresa se cumple con la documentación requerida en cada una de las actividades de los procesos de instalación eléctrica de las viviendas?	Encuesta / Cuestionario
	Equipos y herramientas eléctricas	Nivel de equipos utilizados	¿Se dispone de la herramienta suficiente para la ejecución de obra?	Encuesta / Cuestionario
	Last Planner System	Nivel de planificación	¿Se considera dentro de la planificación a contratistas y ejecutores de obra? ¿Se realizan reuniones diarias a pie de obra (10-15min)? ¿Se evalúa las causas de no cumplimiento en la planificación de obra?	Encuesta / Cuestionario
	VSM	Nivel de flujo de los procesos	¿Se dispone de un mapa de Flujo de Valor?	Encuesta / Cuestionario
	5S	Nivel de orden y limpieza	¿Es una práctica utilizada el orden y limpieza durante las actividades?	Encuesta / Cuestionario
	Kanban	Nivel de transporte de materiales	¿Se ha utilizado la tarjeta Kanban durante el transporte de materiales en el proceso de instalación eléctrica?	Encuesta / Cuestionario

**Tabla 9.** Matriz de Operacionalización de Variable Dependiente

<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Ítems</b>	<b>Fuentes / Técnicas</b>
Variable dependiente: Productividad	Cumplimiento de tiempos	Nivel de tiempos planificados	¿Se cumplen los plazos de ejecución establecidos?	Encuesta / Cuestionario
	Optimización de recursos humanos	Nivel de talento humano	¿Se dispone del personal suficiente para la ejecución de obra?	Encuesta / Cuestionario
	Optimización de recursos materiales	Nivel de recursos materiales	¿Se dispone de los materiales suficientes para la ejecución de obra?	Encuesta / Cuestionario
	Optimización de recursos financieros	Nivel de finanzas operativas	¿Se dispone de los recursos financieros suficientes en su empresa para ejecutar los proyectos?	Encuesta / Cuestionario

## 2.8. Población y muestra

En estadística, la población se conforma por un conjunto de elementos que poseen características similares y que forma parte de un evento o fenómeno de estudio” [31]. Por ende, el universo poblacional se conforma por el número de empresas de construcción eléctricas domiciliadas en el Distrito Metropolitano de Quito.

**Tabla 10.** Cantidad de empresas de construcción en Ecuador, Pichincha y Quito

Tipo	Detalle	Cantidad Total Empresas	Cantidad Empresas Instalaciones Eléctricas de Construcción
País	Ecuador	863.681	1120
Provincia	Pichincha	219.812	167
Cantón	Quito	138.189	149

Fuente: Adaptado del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [32], actualizado

Por ende, en la tabla 9 se observa que en el cantón Quito existen 149 empresas de construcción que corresponde como universo poblacional del presente estudio, siendo necesario aplicar la fórmula 1 para la obtención de la.

$$n = \frac{Z^2 N p q}{e^2 (N - 1) + Z^2 p q} \quad (1)$$

Dónde:

N	=	Tamaño de la población	=	149
Z	=	Nivel de confianza 95 %	=	1,96
p	=	Probabilidad de éxito	=	0,5
q	=	Probabilidad de fracaso	=	0,5
e	=	Margen de error	=	0,05

Por lo cual, al aplicar la fórmula se tiene:

$$n = \frac{1,96^2 * 149 * 0,5 * 0,5}{0,05^2 (3265 - 1) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$n = 107,6 \cong 108 \text{ encuestas}$$

Es decir, que se aplican 108 encuestas a las empresas de construcción del Distrito Metropolitano de Quito cuyos resultados se realizan la respectiva proyección para la totalidad del universo poblacional.

## **2.9. Resultados de la técnica aplicada**

Entre las principales técnicas que se utilizan para la recopilación de datos, está la encuesta que se aplica a los dueños o propietarios de las empresas constructoras de viviendas con la finalidad de identificar la situación actual sobre los procesos de instalaciones en los acápites eléctricos, de tal manera que de los resultados obtenidos se elaborarán tablas y figuras estadísticas para que, en base a ello, se realice el correspondiente análisis e interpretación de los resultados.

## CAPÍTULO 3

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1. Situación actual de la Gestión de Procesos Lean Construction.

Para obtener la recolección de información el enfoque considerado fue la encuesta, aplicada a empresas de construcción eléctrica y técnicos expertos vinculados a este campo, las interrogantes planteadas se detallan en la tabla 10.

**Tabla 10.** Panorama actual de la filosofía lean construction, empresas constructoras en Pichincha

No.	Preguntas	SI	NO
1	¿Ha escuchado el termino lean construction?	86 %	14 %
2	¿Se tiene conocimiento de la filosofía lean construction?	37 %	63 %
3	¿Están identificadas las actividades que no generan valor agregado al proceso?	39 %	61 %
4	¿Se dispone de un mapa de Flujo de Valor?	8 %	92 %
5	¿Se considera dentro de la planificación a contratistas y ejecutores de obra?	22 %	78 %
6	¿Se cumplen los plazos de ejecución establecidos?	80 %	20 %
7	¿Se evalúa las causas de no cumplimiento en la planificación de obra?	27 %	73 %
8	¿Se realizan reuniones diarias a pie de obra (10-15min)?	78 %	22 %
9	¿Es una práctica utilizada el orden y limpieza durante las actividades?	52 %	48 %
10	¿Se dispone del personal suficiente para la ejecución de obra?	89 %	11 %
11	¿Se dispone de la herramienta suficiente para la ejecución de obra?	83 %	17 %
12	¿Se dispone de los materiales suficientes para la ejecución de obra?	69 %	31 %
13	¿Se dispone de los recursos financieros suficientes en su empresa para ejecutar los proyectos?	54 %	46 %

Posterior a la tabulación, análisis e interpretación de los 108 resultados, se proporciona un panorama actual referente a la gestión de procesos lean construction en la ejecución

de obra, del cual se puede establecer, que como termino *lean construction*, un gran porcentaje de profesionales lo ha escuchado (86 %), sin embargo asegura no tener el conocimiento referente a la filosofía (63 %), situación que se corrobora con la no utilización de herramientas como son el *mapa de flujo de valor* y *sistema del ultimo planificador*. En otros aspectos, se puede concluir que existen vestigios de la gestión en pro de la mejora continua mediante la práctica de reuniones a pie de obra, practica de orden y limpieza y gestión de recurso humano, herramientas y materiales.

### **3.1.1. Levantamiento del proceso de instalaciones eléctricas en viviendas residenciales.**

Para establecer los procesos en la ejecución del acápite eléctrico en las viviendas residenciales, se ha tomado en cuenta a tres empresas de construcción eléctrica, como son Isenergy Cia.Ltda., Data Electric y Denmalec, en las cuales se desarrollaron las siguientes fases:

- Fase I. Preparación.
- Fase II. Recopilación de la información.
- Fase III. Comprensión del proceso.
- Fase IV. Equipos utilizados y documentos de información.

#### **3.1.1.1. Fase I. Preparación.**

En esta fase se identifica el tipo de proceso que se analiza, estableciendo los tiempos de ejecución, costos y departamento que es responsable, considerando el restringido acceso que presentan las empresas a su documentación referente a los procesos manejados, la presente fase se desarrolla con base en la información levantada de tres empresas tal como se observa en tabla 11.

**Tabla 11.** Fase I. Preparación

<b>Elementos</b>	<b>Isenergy Cia.Ltda.</b>	<b>Data Electric</b>	<b>Dennalec</b>
<b>Denominación del proceso</b>	Instalación eléctrica baja tensión.	Instalación eléctrica residencial.	Instalaciones y adecuaciones eléctricas.
<b>Tiempos promedio de ejecución</b>	7,6 días	7,9 días	8,6 días

**Tabla 12.** Fase I. Preparación (continuación)

Elementos	Isenergy Cia.Ltda.	Data Electric	Dennalec
<b>Costos</b>	15,80 USD / m <sup>2</sup>	17,38 USD / m <sup>2</sup>	19,38 USD / m <sup>2</sup>
<b>Responsable principal</b>	Ingeniero Eléctrico	Capataz Eléctrico	Supervisor Electricista

### 3.1.1. 2.. Fase II. Recopilación de la información

Al recopilar los datos sobre los procesos de instalación eléctrica para viviendas residenciales, es importante determinar el alcance, objetivo, responsable principal del proceso y la ubicación dentro del proceso principal, de tal manera que la información de las tres empresas constructoras se observa en la tabla 12.

**Tabla 132.** Fase II. Recopilación de la información

Elementos	Isenergy Cia.Ltda.	Data Electric	Dennalec
<b>Alcance del proceso</b>	Se aplica a las instalaciones eléctricas de baja tensión.	Abarca las instalaciones eléctricas en construcciones residenciales.	Se desarrolla en instalaciones eléctricas de vivienda e infraestructura.
<b>Objetivo del proceso</b>	Proporcionar un sistema eficiente de energía eléctrica en edificios y viviendas	Implementar instalaciones eléctricas seguras y de calidad.	Efectuar la instalación del sistema eléctrico en viviendas residenciales
<b>Ubicación del proceso</b>	Procesos Operativos de Construcción	Procesos Operativos de Construcción	Procesos Operativos de Construcción

### 3.1.1.3. Fase III. Comprensión del proceso

Al ser la construcción un proceso productivo con un entorno y componentes dinámicos, este se desarrolla bajo las siguientes etapas: inicio, planificación, ejecución, seguimiento y finalización. Siendo la ejecución que se desarrolla a nivel operacional el interés de esta investigación, se presentan a continuación las etapas y actividades que lo conforman para cada una de las empresas analizadas.

**Tabla 14.** Procesos de instalaciones eléctricas para viviendas residenciales de la empresa Isenergy Cia.Ltda.

Nombre de la Etapa	Actividad	Responsable	Observaciones (tiempos en minutos)					Promedio	Desv. Stand	Identificación de Problemas
			CASA 1	CASA 2	CASA 3	CASA 4	CASA 5			
Canalizaciones Eléctricas	Interpretar circuitos eléctricos.	Ingeniero Eléctrico	41	35	32	28	20	31.2	8	
	Trazar canalizaciones de instalaciones eléctricas.	Electricista	270	300	240	258	360	285.6	47	
	Picar y corchar canalizaciones eléctricas	Ayudante Eléctrico	1903	2310	1707	2005	1872	1959.4	223	El mezclador de mortero no funciona,
Instalación de cableado eléctrico	Preparar y limpiar las cajas de paso y cajetines	Ayudante Eléctrico	68	70	80	63	120	80.2	23	
	Ensamblar alimentadores	Electricista	21	19	63	17	22	28.4	19	Falta de cable 14 AWG, para instalaciones de circuitos de iluminación.
	Pasar el cableado	Electricista	622	614	561	601	606	600.8	24	
Armado de tablero eléctrico	Instalar sistema de puesta a tierra	Ayudante Eléctrico	182	195	160	183	150	174	18	
	Identificar circuitos	Electricista	76	49	58	82	66	66.2	13	
	Peinar y sunchar alimentadores eléctricos.	Electricista	195	184	193	180	201	190.6	9	
	Conexión de circuitos en protecciones magneto térmicas.	Electricista	10	9	12	15	10	11.2	2	

**Tabla 15.** Procesos de instalaciones eléctricas para viviendas residenciales de la empresa Isenergy Cia.Ltda.(continuación)

Nombre de la Etapa	Actividad	Responsable	Observaciones (tiempos en minutos)					Promedio	Desv. Stand	Identificación de Problemas
			CASA 1	CASA 2	CASA 3	CASA 4	CASA 5			
Instalación de piezas eléctricas	Preparar alimentadores eléctricos para conexión	Ayudante Eléctrico	47	39	36	42	35	39.8	5	
	Instalar piezas eléctricas finales.	Electricista	291	300	265	283	257	279.2	18	Conexiones presentan desniveles en los tomacorrientes.
Etiquetado y pruebas	Etiquetar piezas eléctricas finales	Electricista	39	29	32	25	32	31.4	5	
	Energizar circuitos	Electricista	32	67	15	10	120	48.8	46	
	Medir voltaje, Polaridad y puesta a tierra	Ingeniero Eléctrico	13	15	12	16	12	13.6	2	

En la tabla 12, se observa como responsables de cada actividad del proceso a los perfiles técnicos: Ingeniero eléctrico, Electricista, ayudante eléctrico y los inconvenientes o desperdicios identificados en el desarrollo de sus actividades.

Con la finalidad de poder plasmar de manera gráfica el proceso, se muestra en la figura 3 el mapeo de la cadena de valor VSM, donde se evidencia las etapas que demandan acciones de mejora, el manejo de stock y los tiempos empleados en cada actividad.

Nombre de la Etapa	Actividad	Responsable	Observaciones (tiempos en minutos)					Promedio	Desv. Stand	Identificación de Problemas
			CASA 1	CASA 2	CASA 3	CASA 4	CASA 5			

Canalizaciones Eléctricas	Interpretar circuitos eléctricos.	Ingeniero Eléctrico	41	35	32	28	20	31.2	8	
	Trazar canalizaciones de instalaciones eléctricas.	Electricista	270	300	240	258	360	285.6	47	
	Picar y corchar canalizaciones eléctricas	Ayudante Eléctrico	1903	2310	1707	2005	1872	1959.4	223	El mezclador de mortero no funciona,
Instalación de cableado eléctrico	Preparar y limpiar las cajas de paso y cajetines	Ayudante Eléctrico	68	70	80	63	120	80.2	23	
	Ensamblar alimentadores	Electricista	21	19	63	17	22	28.4	19	Falta de cable 14 AWG, para instalaciones de circuitos de iluminación.
	Pasar el cableado	Electricista	622	614	561	601	606	600.8	24	
Armado de tablero eléctrico	Instalar sistema de puesta a tierra	Ayudante Eléctrico	182	195	160	183	150	174	18	
	Identificar circuitos	Electricista	76	49	58	82	66	66.2	13	
	Peinar y sunchar alimentadores eléctricos.	Electricista	195	184	193	180	201	190.6	9	
	Conexión de circuitos en protecciones magneto térmicas.	Electricista	10	9	12	15	10	11.2	2	
Instalación de piezas eléctricas	Preparar alimentadores eléctricos para conexión	Ayudante Eléctrico	47	39	36	42	35	39.8	5	
	Instalar piezas eléctricas finales.	Electricista	291	300	265	283	257	279.2	18	Conexiones presentan desniveles en los tomacorrientes.

	Etiquetar piezas eléctricas finales	Electricista	39	29	32	25	32	31.4	5
Etiquetado y pruebas	Energizar circuitos	Electricista	32	67	15	10	120	48.8	46
	Medir voltaje, Polaridad y puesta a tierra	Ingeniero Eléctrico	13	15	12	16	12	13.6	2

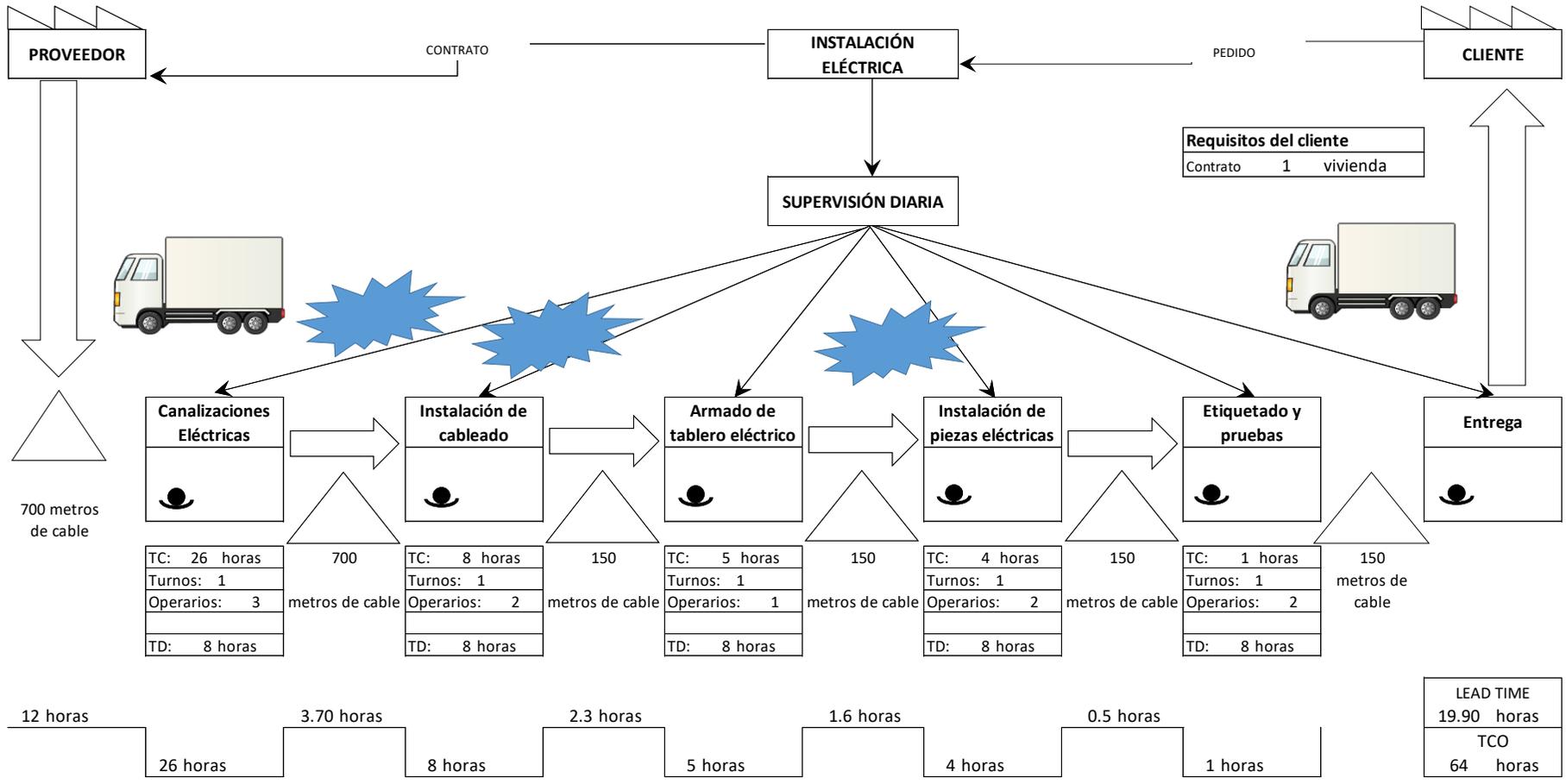


Figura 3. Mapa de flujo de valor VSM Isenergy Cia.Ltda.



**Tabla 16** Procesos de instalaciones eléctricas para viviendas residenciales de la empresa Data Electric

Nombre de la Etapa	Actividad	Responsable	Observaciones (tiempos en minutos)					Promedio	Desv. Stand	Identificación de Problemas
			CASA 1	CASA 2	CASA 3	CASA 4	CASA 5			
Canalizaciones Eléctricas	Recibir información de obra.	Supervisor Eléctrico	80	46	45	53	62	57.2	14	No existe un plano impreso con medidas manejables en obra
	Marcar ductos eléctricos	Técnico Electricista	260	290	250	245	350	279	43	
	Instalaciones eléctricas picado y corchado	Ayudante de Electricidad	2150	2110	1860	1900	2205	2045	155	
Instalación de cableado eléctrico	Adecentar cajetines.	Ayudante de Electricidad	60	75	82	70	65	70.4	9	Perdida de rollos de cable en obra, se los tiene en obra desde la etapa inicial.
	Armar juego cables	Técnico Electricista	30	32	60	28	30	36	13	
	Cablear conductores eléctricos	Técnico Electricista	615	608	570	618	681	618.4	40	
Armado de tablero eléctrico	Instalar sistema de puesta a tierra	Ayudante de Electricidad	180	190	165	180	145	172	18	
	Marcar conductores	Técnico Electricista	82	64	73	86	45	70	16	
	Adecentar y conectar alimentadores eléctricos.	Técnico Electricista	250	200	214	191	203	211.6	23	
	Conectar breaker y barras	Técnico Electricista	26	32	45	18	49	34	13	

**Tabla 17** Procesos de instalaciones eléctricas para viviendas residenciales de la empresa Data Electric (continuación)

Nombre de la Etapa	Actividad	Responsable	Observaciones (tiempos en minutos)					Promedio	Desv. Stand	Identificación de Problemas
			CASA 1	CASA 2	CASA 3	CASA 4	CASA 5			
Instalación de piezas eléctricas	Alistar puntas	Ayudante de Electricidad	50	40	35	41	30	39.2	7	
	Instalar piezas eléctricas finales.	Técnico Electricista	285	290	320	290	260	289	21	Instalador cae de escalera
Etiquetado y pruebas	Marquillar	Técnico Electricista	35	30	35	22	31	30.6	5	
	Alimentar tensión	Supervisor Eléctrico	15	12	23	17	15	16.4	4	
	Medir	Supervisor Eléctrico	10	16	14	17	13	14	3	

En la tabla 13 se observa como responsables de cada actividad del proceso a los perfiles técnicos: supervisor eléctrico, técnico electricista, ayudante de electricidad y los inconvenientes o desperdicios identificados en el desarrollo de sus actividades.

Con la finalidad de poder plasmar de manera gráfica el proceso, se muestra en la figura 5 el mapeo de la cadena de valor VSM, donde se evidencia las etapas que demandan acciones de mejora, el manejo de stock y los tiempos empleados en cada actividad.

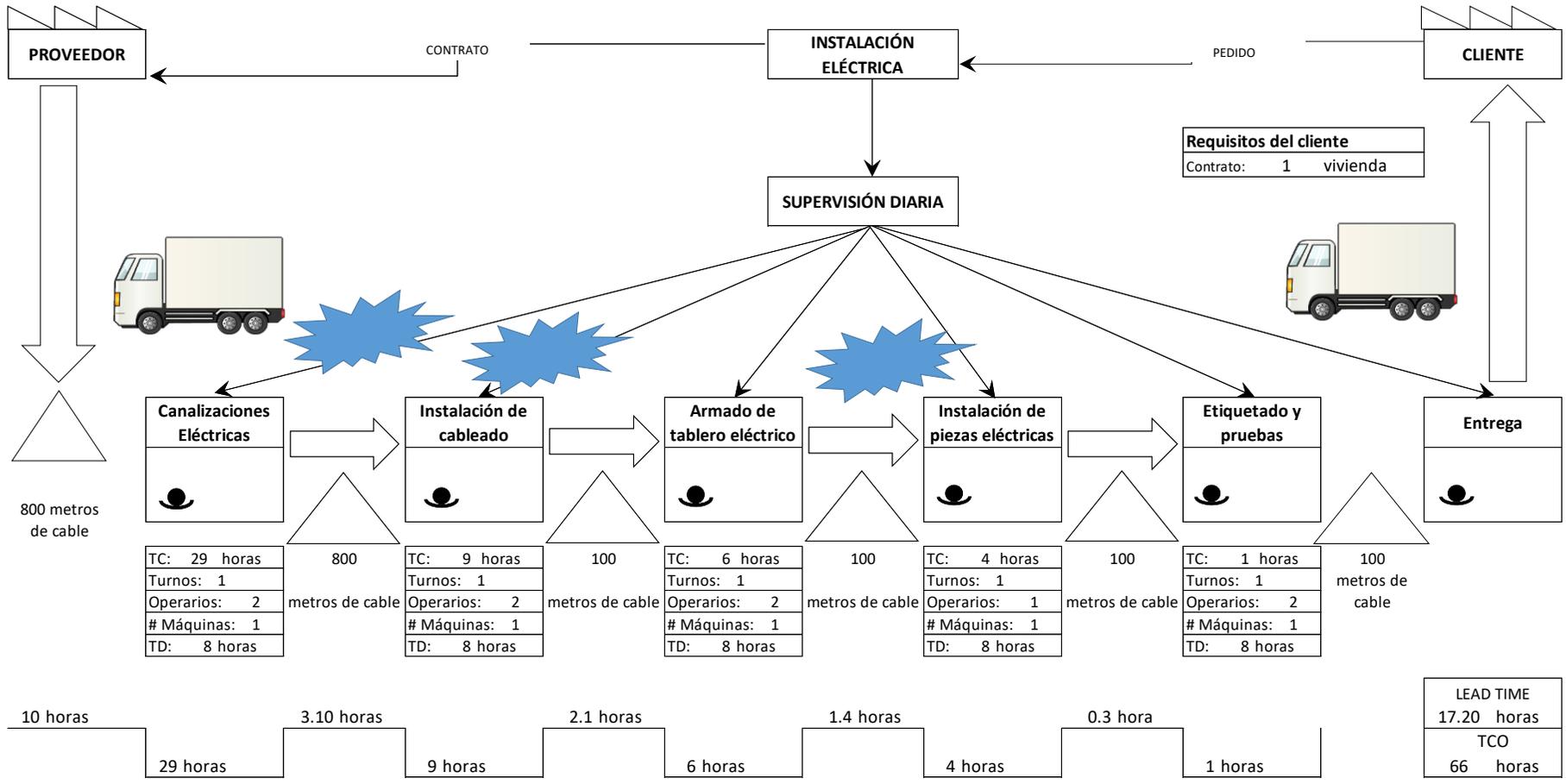
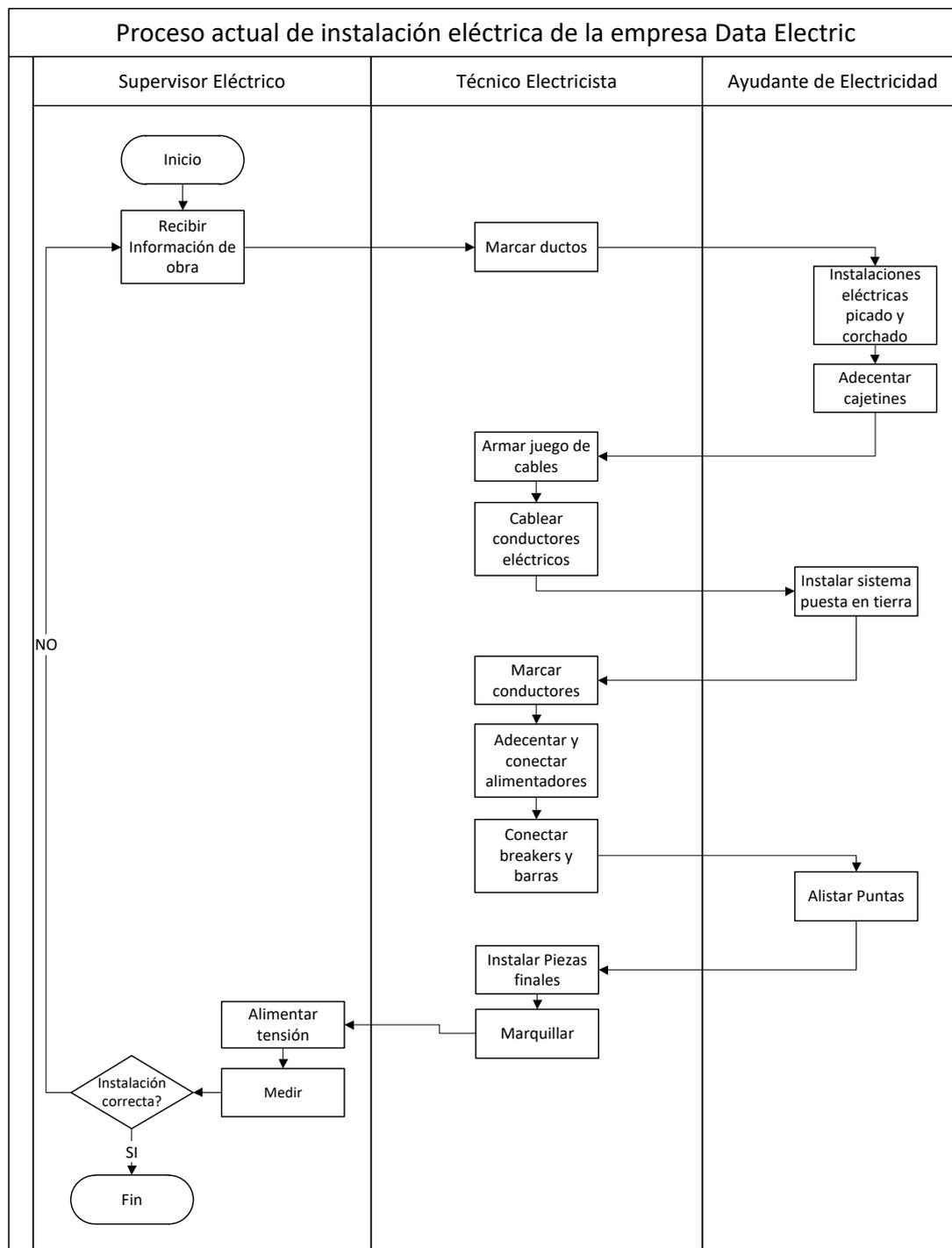


Figura 5 VSM Mapa de flujo de valor Data Electric.

Para visualizar el flujo y responsables de la ejecución de las actividades dentro del proceso se desarrolla el flujograma particular para la empresa Data Electric plasmado en la figura 6.



**Figura 6** Flujograma del proceso de instalación eléctrica de Data Electric

**Tabla 18** Procesos de instalaciones eléctricas para viviendas residenciales de la empresa Dennalect

Nombre de la Etapa	Actividad	Responsable	Observaciones (tiempos en minutos)					Promedio	Desv. Stand	Descripción del problema
			CASA 1	CASA 2	CASA 3	CASA 4	CASA 5			
Canalizaciones Eléctricas	Analizar diagramas eléctricos.	Técnico Electricista	63	47	52	45	55	52.4	7	Dificultad en interpretación de planos eléctricos.
	Trazar ductería eléctrica	Técnico Electricista	250	300	260	250	360	284	47	
	Ducto y manguereado	Ayudante de Obra	2500	2380	1950	2110	2900	2368	368	
Instalación de cableado eléctrico	Limpiar receptáculos y cajas de paso.	Ayudante de Obra	90	83	91	83	45	78.4	19	
	Ensamblar cableado	Técnico Electricista	30	28	30	28	31	29.4	1	
	Tender cables de instalaciones.	Técnico Electricista	656	749	605	670	640	664	53	
Armado de tablero eléctrico	Aterrizar sistema eléctrico	Ayudante de Obra	195	210	181	195	155	187.2	21	
	Organizar y sujetar cableado	Técnico Electricista	241	203	259	233	247	236.6	21	
	Armar centro de carga.	Técnico Electricista	241	203	259	233	247	236.6	21	
	Conexión de barraje	Ayudante de Obra	195	210	181	195	155	187.2	21	

Nombre de la Etapa	Actividad	Responsable	Observaciones (tiempos en minutos)					Promedio	Desv. Stand	Descripción del problema
			CASA 1	CASA 2	CASA 3	CASA 4	CASA 5			
Instalación de piezas eléctricas	Conectar cableado	Técnico Electricista	60	50	45	51	45	50.2	6	
	Instalar dispositivos eléctricos.	Técnico Electricista	340	310	280	310	290	306	23	Los tomacorrientes se instalan en diferentes posiciones.
Etiquetado y pruebas	Etiquetar instalaciones eléctricas	Técnico Electricista	90	83	81	70	81	81	7	
	Energizar sistema.	Supervisor Electricista	16	16	19	21	16	17.6	2	
	Comprobación y registro	Supervisor Electricista	20	26	24	27	36	26.6	6	

**Tabla 19** Procesos de instalaciones eléctricas para viviendas residenciales de la empresa Dennalec (continuación)

En la tabla 14 se observa como responsables de cada actividad del proceso a los perfiles técnicos: ingeniero electricista, supervisor eléctrico, ayudante de obra y los inconvenientes o desperdicios identificados en el desarrollo de sus actividades.

Con la finalidad de poder plasmar de manera gráfica el proceso, se muestra en la figura 7 el mapeo de la cadena de valor VSM, donde se evidencia las etapas que demandan acciones de mejora, el manejo de stock y los tiempos empleados en cada actividad.

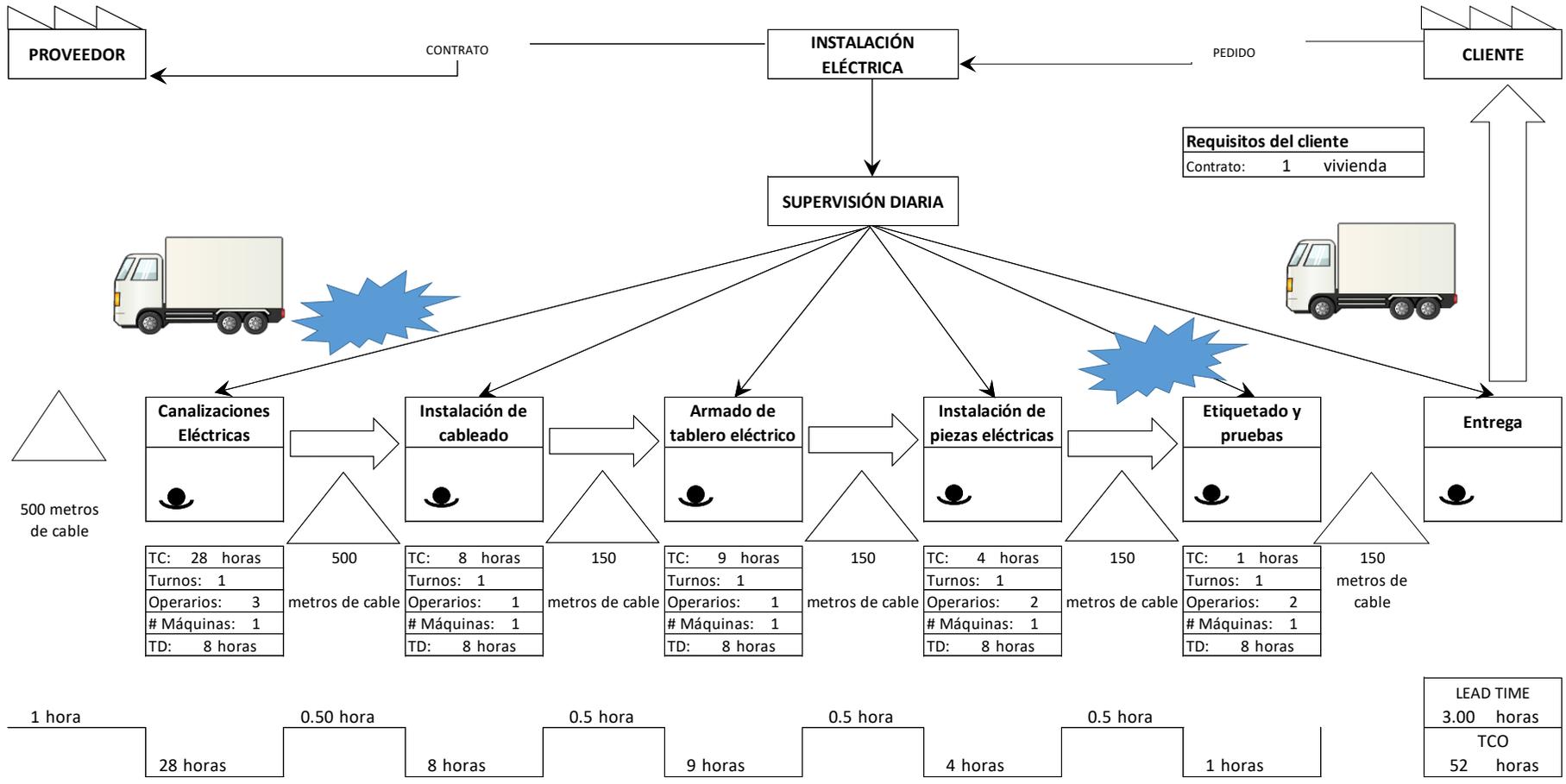
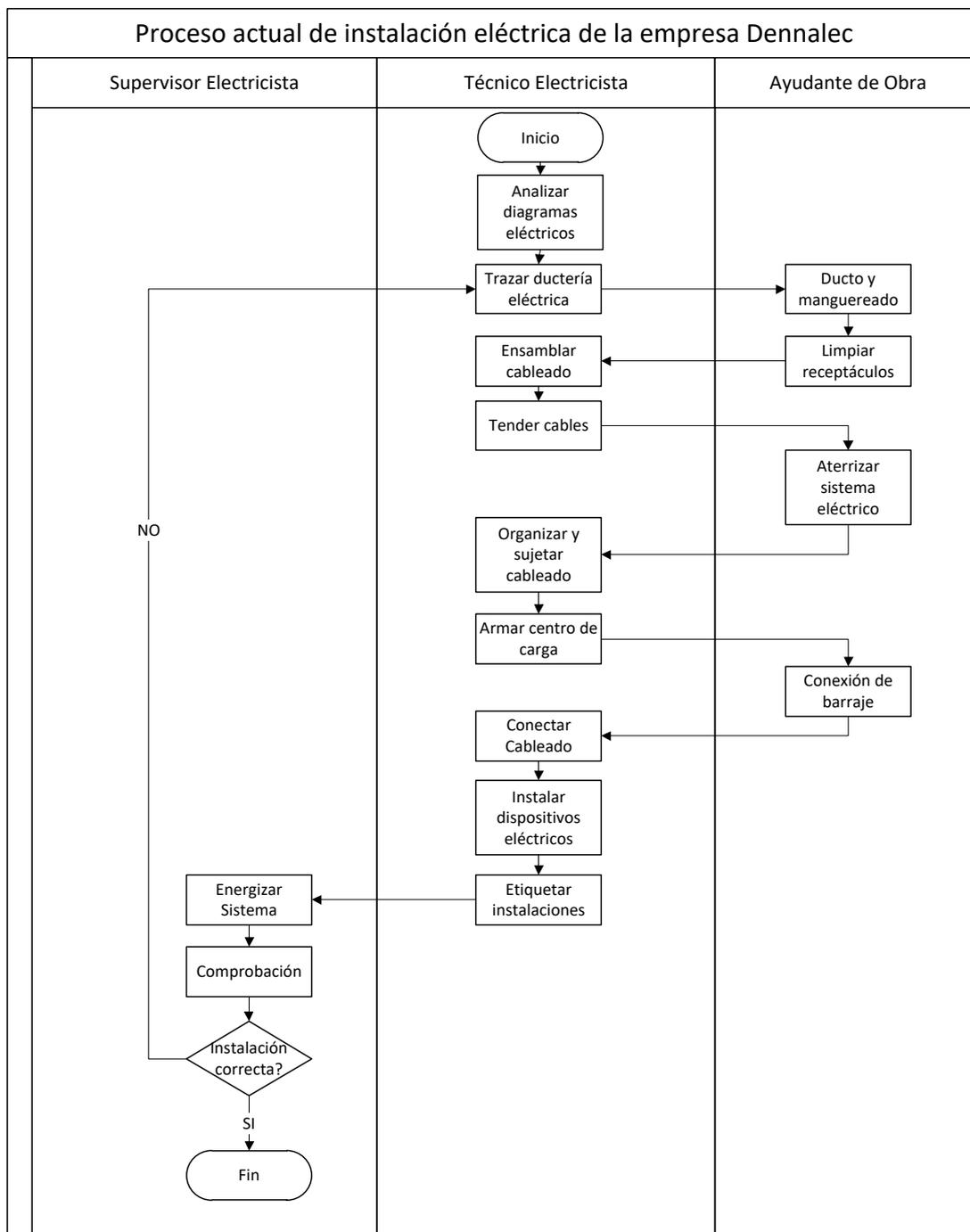


Figura 7. VSM Mapa de flujo de valor Dennalec.

Para visualizar el flujo y responsables de la ejecución de las actividades dentro del proceso se desarrolla el flujograma particular para la empresa Dennalec plasmado en la figura 8.



**Figura 8** Flujograma del proceso de instalación eléctrica de Dennalec

Posterior al análisis realizado al proceso de instalaciones eléctricas de las tres empresas es posible determinar el tiempo mínimo y máximo en días, tal como se observa en la tabla 15:

**Tabla 20.** Tiempo de las instalaciones eléctricas en número de días

Empresa	Tiempo promedio ( $\bar{x}$ ) días	Desviación estándar ( $\sigma$ )	Rango del 68,2%	
			Mínimo días $\bar{x}-1\sigma$	Máximo días $\bar{x}+1\sigma$
Intenergy	8	0.6	7.4	8.6
Data Electric	8.3	0.4	7.9	8.7
Dennalec	10.0	0.8	9.2	10.8

Estos datos servirán como base para la valoración del modelo de gestión aplicando de procesos con la aplicación de lean construction.

De igual manera se documentó los problemas más recurrentes en la ejecución de las instalaciones eléctricas residenciales, cuyo listado se muestra en la tabla 16.

**Tabla 21** Problemas recurrentes en ejecución de instalaciones eléctricas.

Etapa		Descripción del problema		
		Isenergy Cia.Ltda.	Data Electric	Dennalec
1	Canalizaciones Eléctricas	El mezclador de mortero no funciona,	No existe un plano impreso con medidas manejables en obra	Dificultad en interpretación de planos eléctricos.
2	Instalación de cableado eléctrico	Falta de cable 14 AWG, para instalaciones de circuitos de iluminación.	Perdida de rollos de cable en obra, se los tiene en obra desde la etapa inicial.	
4	Instalación de piezas eléctricas	Conexiones presentan desniveles en los tomacorrientes.	Instalador cae de escalera	Los tomacorrientes se instalan en diferentes posiciones.

En la tabla anterior se observa que las etapas *Armado de tablero eléctrico, Etiquetado y pruebas*, no presentaron inconvenientes significativos en la ejecución de las mismas, sin embargo, al tratarse de un proceso estas son afectadas por los problemas

presentados en otras etapas como Canalizaciones Eléctricas, Instalación de Cableado Eléctrico e Instalación de Piezas Eléctricas, pues estas últimas merman la productividad y alteran los plazos de entrega.

#### 3.1.1.4. Fase IV. Equipos, herramientas y equipos de seguridad

Al analizarse el proceso de instalaciones eléctricas de las tres empresas, es fácil identificar un patrón en la dotación de herramientas y equipo de protección personal, con ciertas particularidades en la empresa Isenergy que ha invertido en herramienta que brinde más seguridad como la pistola de impacto a batería y mejor rendimiento con la mezcladora de mortero, como se muestra en la tabla 17 descrita a continuación.

**Tabla 22** Fase IV. Equipos utilizados y documentos de información

<b>Tipos</b>	<b>Isenergy Cia.Ltda.</b>	<b>Data Electric</b>	<b>Dennalec</b>
Equipos y herramienta	Escalera pie de gallo.	Escalera pide de gallo.	Escalera pide de gallo.
	Herramienta menor eléctrica	Herramienta menor eléctrica.	Herramienta menor eléctrica
	Multímetro	Multímetro.	Multímetro
	Nivel Manual	Nivel Manual	Nivel manual
	Amoladora	Amoladora	Amoladora
	Taladro inalámbrico	Taladro inalámbrico	Taladro inalámbrico
	Pistola de Impacto a batería.	Pistola de impacto fulminante.	Pistola de impacto fulminante.
	Caja de herramienta rodante.	Caja de herramienta.	Caja de herramienta.
	Mezcladora de mortero.	Herramienta menor obra civil.	Herramienta menor obra civil.
	Herramienta menor obra civil.		
EPI	Guantes, gafas, casco de seguridad, zapatos, ropa resistente al fuego	Guantes, gafas, casco de seguridad, zapatos de seguridad	Guantes, gafas, casco de seguridad, zapatos de seguridad

A más de ello, entre el principal documento de información que se utiliza en la instalación eléctrica de las tres empresas constructoras, se tiene a la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC SB IE en la misma que se establecen los requisitos

mínimos que deberán cumplirse en las instalaciones eléctricas al interior de una vivienda residencial.

### 3.2. Diagnóstico situacional

De acuerdo a la recopilación de los resultados obtenidos de la encuesta y del levantamiento de procesos de instalación eléctrica en viviendas, ha sido posible determinar la situación actual de las empresas de construcción eléctrica en la ciudad de Quito, para lo cual, se ha elaborado la Matriz FODA en la que se observan sus factores internos y externos y se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 23.** Diagnóstico situacional

	<b>POSITIVA</b>	<b>NEGATIVAS</b>
<b>INTERNAS</b>	<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
	Las empresas constructoras se encuentran legalmente constituidas Disponibilidad de equipos durante las instalaciones eléctricas Los trabajadores disponen de equipos de trabajo adecuado Los trabajadores disponen de equipos de protección personal.	No se dispone de un plano sobre las medidas de la obra Equipo no disponible por falta de mantenimiento. Insuficiencia de cables para la instalación eléctrica. Falta de estandarización en las conexiones eléctricas. Caída de herramientas y materiales que se utilizan.
<b>EXTERNAS</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
	Tasa de inflación controlada en productos de construcción Crecimiento moderado del sector de la vivienda en Quito Moderado crecimiento de la población en la ciudad de Quito Políticas gubernamentales en planes de viviendas	Se requiere de alta financiamiento en el sector de la construcción Fluctuación en los precios internacionales de materias primas Alto número competidores en el sector de la construcción Altos riesgos en seguridad y salud ocupacional

## CAPÍTULO 4

### PROPUESTA DE UN MODELO DE GESTIÓN DE PROCESOS DE LA EJECUCIÓN DEL ACÁPITE ELÉCTRICO EN VIVIENDAS RESIDENCIALES APLICANDO LEAN CONSTRUCTION

#### 4.1. Introducción.

En el desarrollo de la propuesta se determina un modelo de gestión enfocado en la optimización de procesos de implementación de las instalaciones eléctricas en la vivienda, para lo cual se aplican las herramientas del Lean Construction como son Last Planner System y Mapa de Flujo de Valor, enfocados hacia una mayor organización y mejoramiento de tiempos y recursos.

#### 4.2. Situación actual de las organizaciones de construcción.

Al ejecutar el proceso de instalaciones eléctricas en las viviendas residenciales por parte de las empresas constructoras, se ha detectado un conjunto de defectos a considerar entre los cuales se enuncian a continuación:

- No existe un plano impreso con medidas manejables en obra
- Dificultad en interpretar planos eléctricos.
- El mezclador de mortero no se encuentra en funcionamiento
- Falta de cable 14 AWG para instalaciones de circuitos de iluminación.
- Pérdida de rollos de cable en obra
- Conexiones presentan desniveles en los tomacorrientes.
- Riesgo de caídas de la escalera por parte del instalador
- Los tomacorrientes se instalan en diferentes posiciones.

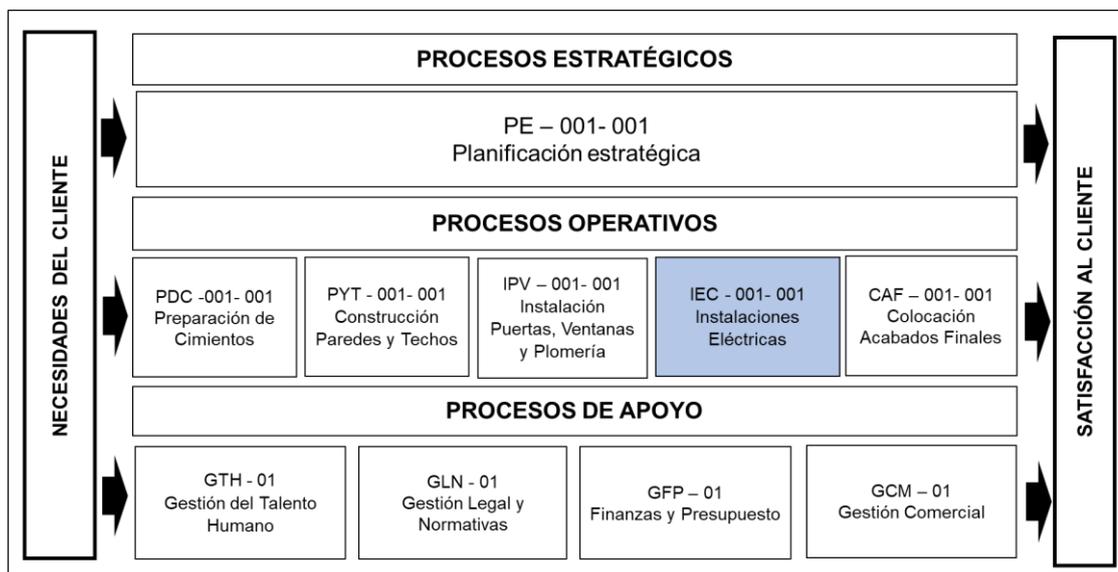
#### 4.3. Título de la propuesta.

Modelo de gestión de procesos en la ejecución del acápote eléctrico de viviendas residenciales aplicando lean construction.

## 4.4. Modelo de los procesos

### 4.4.1. Elaboración del Mapa de Procesos propuesto

Para implementar el *modelo de gestión de procesos con la aplicación de lean construction*, es conveniente que cada empresa de construcción de viviendas disponga de un mapa de procesos en el que se detallen sus procesos estratégicos, operativos y de apoyo, de una manera similar a la observada en la figura 9.



**Figura 9.** Mapa de procesos propuesto de la empresa de construcción

Al ser objeto de estudio, el impacto obtenido sobre la *ejecución de las instalaciones eléctricas* identificamos que estas se desarrollan dentro del conjunto de procesos operativos y estratégicamente se desarrollan en 5 etapas como se observa a continuación.



**Figura 10.** Etapas de ejecución de instalaciones eléctricas.

Como estrategia para la mejora de la productividad en la ejecución de las instalaciones eléctricas, se contempla el análisis y solución de problemas, identificados en las etapas del proceso de instalaciones eléctricas, para el caso de estudio se realiza el análisis causa raíz y se establecen acciones correctivas con el objetivo de mejorar la productividad durante la ejecución de obra. En la tabla 19 se observa cómo se resume el desarrollo de este análisis.

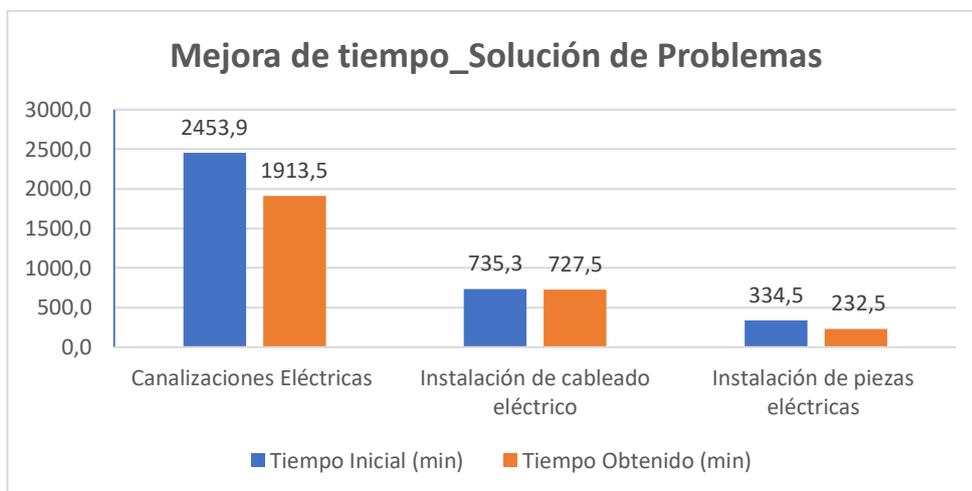
**Tabla 24.** Proceso de instalaciones eléctricas en viviendas residenciales y acciones correctivas

<b>Identificar Problema</b>	<b>Corrección inmediata</b>	<b>Análisis causa Raíz</b>	<b>Plan de acción correctivo</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>Tipo de Muda</b>
No existe un plano impreso con medidas manejables en obra	Trabajar con Plano digital en el celular	El encargado de obra, no disponía de los ejemplares impresos	Anexar 3 ejemplares impresos en A3 para el arranque de obra	Disminución de tiempos muertos y el encargado siempre deberá contar con un ejemplar de contingencia.	Proceso
Dificultad en interpretación de planos eléctricos.	Llamar al supervisor al frente de obra.	Falta de capacitación	Capacitar al instalador, curso instalaciones eléctricas residenciales SECAP	Disminución de tiempos muertos y verificación de competencias profesionales del personal.	Personal
El mezclador de mortero no funciona,	Buscar pala y un lugar para preparar la mezcla	Falta de mantenimiento	Plan de mantenimiento de equipo y maquinaria	Aumento de la disponibilidad del mezclador y control del cumplimiento del plan de mantenimiento.	Proceso
Falta de cable 14 AWG, para instalaciones de circuitos de iluminación.	Instalar circuito con cable 12 AWG	Falta preparación de materiales y control de stock	Cuantificación de material necesario y hoja de inventario de stock	Disminución del costo de los materiales empleados y revisión matutina de stock de materiales	Sobre procesamiento

**Tabla 25.** Proceso de instalaciones eléctricas en

<b>Identificar Problema</b>	<b>Corrección inmediata</b>	<b>Análisis causa Raíz</b>	<b>Plan de acción correctivo</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>Tipo de Muda</b>
Perdida de rollos de cable en obra, se los tiene en obra desde la etapa inicial.	Sustituir el material extraviado.	No hay responsable del control de stock de materiales.	Asignar al líder de equipo la función de controlar el stock y dotar de seguridad a la caja donde estos se almacenan	Disminuir costos de ejecución de obra y eliminar los faltantes de inventario	Inventario
Conexiones presentan desniveles en los tomacorrientes.	Reprocesar la instalación.	No se dispone de herramienta de nivelación entre los instaladores	Dotación de un nivel manual de 10"	Disminuir las no conformidades en la entrega de las instalaciones	Proceso
Instalador cae de escalera	Evaluar estado físico y de salud.	Reiterados movimientos en busca de herramientas	Dotación de morral y kit de básico de herramientas eléctricas.	Reducción de accidentes y verificación de la existencia de herramientas	Movimiento
Los tomacorrientes se instalan en diferentes posiciones.	Reprocesar la instalación.	Falta de lineamiento en la ejecución de trabajos.	Dotación de un verificador de polaridad	Disminuir las no conformidades en la entrega de las instalaciones	Proceso

Para medir la efectividad de las acciones correctivas implementadas, se cotejaron el tiempo inicial con el tiempo actual empleado en las actividades que presentaron mudas o desperdicios en la figura 19 se observa la mejora obtenida.



**Figura 11.** Optimización de tiempo mediante la solución de problemas.

La tabulación de los datos evidencia una optimización en tiempo del 15 % en el desarrollo de todo el proceso de ejecución de instalaciones eléctricas.

En la figura 12 se observa el escenario inicial de la estratificación de las actividades mediante la agrupación de, trabajos productivos TP, trabajo contributivo TC y trabajo no contributivo TNC que es el principal indicador de las actividades que no generan valor al producto.



**Figura 12.** Valor añadido y despilfarro escenario inicial.

En la figura 13 se puede evidenciar el aumento de la productividad mediante la reducción del trabajo no contributivo.



**Figura 13.** Valor añadido y despilfarro escenario final

#### 4.4.2. VSM (Value Stream Mapping)

Para establecer de manera gráfica el flujo de información, materiales y documentar el estado futuro, el *mapeo de flujo de valor* es la herramienta que nos permite conocer el tiempo que se tarda en entregar el producto al cliente, identificar opciones de mejora y plasmar las actividades que agregan valor y aquellas que no. En la figura 14 se proporciona el VSM levantado posterior a la implementación de las mejoras.

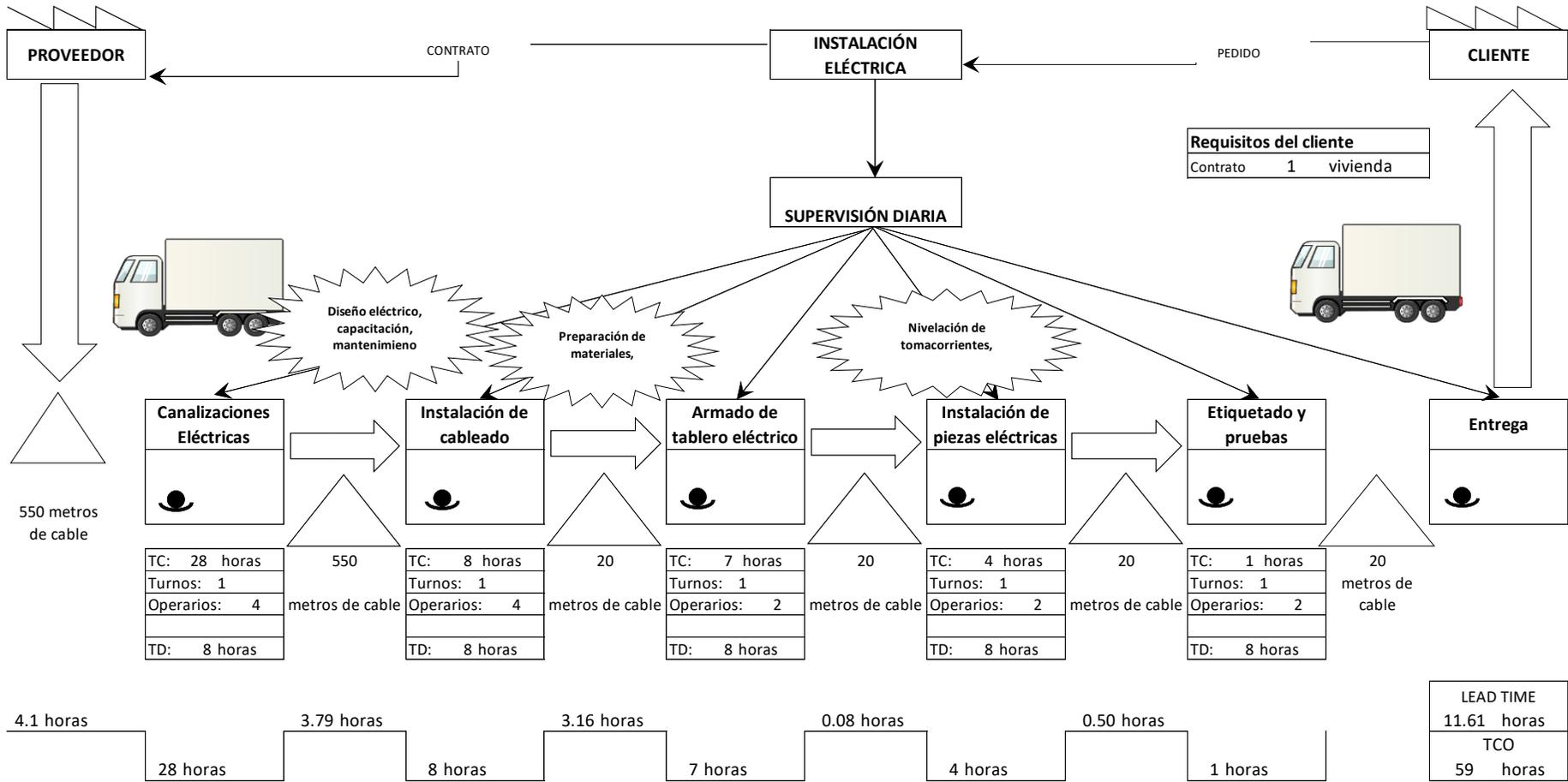


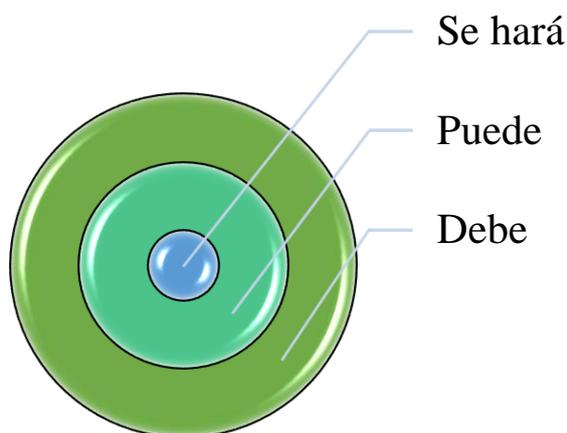
Figura 14. VSM propuesto del proceso de instalaciones eléctricas de viviendas residenciales

### 4.4.3. Last Planner System (LSP)

Esta herramienta nos facilitará:

- Aseguramiento del flujo de trabajo.
- Compromiso del ultimo planificador.
- Gestión de restricciones.
- Indicadores de cumplimiento.

Bajo el enfoque de trabajar en la planificación intermedia (PUEDE), como se visualiza en la figura 15.



**Figura 15.** Esquema debe – se hará – se puede con LPS

#### 4.4.3.1. Plan de largo plazo (lo que debo hacer)

La planificación de las fases y el plan maestro deben ser considerados y analizados en esta etapa. Es recomendable establecer etapas o hitos para abordar el desarrollo del proyecto, tal como se muestra en la figura 16.

	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1 Movimiento de tierras	[Barra]								FASE 1							
2 Preparación de Cimientos					[Barra]											
3 Estructura					[Barra]											
4 Mampostería y Cerramientos									[Barra]				FASE 2			
5 Instalaciones									[Barra]							
6 Acabados													[Barra]			

**Figura 16.** Plan de fases de construcción de viviendas residenciales



Resultado del análisis de las actividades, se identificaron las restricciones, mismas que serán gestionadas con el afán de no tener dilaciones en la ejecución de la actividad, el registro de la gestión de las restricciones se indica en la figura 18.

<b>GESTIÓN DE RESTRICCIONES</b>							
OBRA: CONSTRUCCIÓN VIVIENDA RESIDENCIAL							
Descripción del problema / restricción	Impacto/ Actividad Afectada	Acción	Prioridad	Responsable Liberación	Fecha compromiso	Fecha Real	Estado
El enlucido de paredes impide, el inicio de la obra eléctrica	Canalizaciones eléctricas	Avance de obra en horas complementarias y refuerzo de la cuadrilla		Maestro Mayor	30/06/2023	02/07/2023	Cerrada
El desarrollo de actividades eléctricas al exterior entorpece la aplicación de empaste	Empaste exterior	Se prioriza la ejecución de las instalaciones exteriores para luego continuar al interior de la vivienda		Supervisor Eléctrico	10/07/2023	07/07/2023	Cerrada

**Figura 18.** Gestión de las restricciones.

#### 4.4.3.3. Mejora continua (lo que se hizo)

En la figura 19 se detallan las actividades planificadas y se las contrasta con las verdaderamente ejecutadas al 100 %,

No.	Actividad	Responsable	META		Completada
			Comprometida	Alcanzado	
	<b>Instalación de cableado eléctrico</b>				
4	Adecantamiento de receptáculos y cajas de paso	SE	100%	100%	1
5	Armar alimentadores eléctricos	SE	100%	100%	1
6	Tender alimentadores eléctricos	SE	100%	100%	1
	<b>Armado de tablero eléctrico</b>				
7	Instalar sistema de puesta a tierra	SE	100%	80%	1
8	Identificar alimentadores eléctricos	SE	100%	100%	1
9	Peinar y sunchar alimentadores eléctricos.	SE	100%	100%	1
10	Conexión de circuitos en protecciones magneto térmica	SE	100%	100%	1
	<b>Instalación de piezas eléctricas</b>				
11	Alistar alimentadores eléctricos	SE	100%	100%	1
12	Instalar piezas eléctricas finales.	SE	100%	80%	1
	<b>Etiquetado y pruebas</b>				
13	Marquillar piezas eléctricas finales	SE	100%	80%	0
14	Energizar sistema eléctrico	SE	100%	100%	1
15	Mediciones	SE	100%	80%	0
	<b>Total Actividades cumplidas (10) Total Actividades (12)</b>				

**Figura 19.** Obtención de porcentaje de plan cumplido.

Con base en la tabulación de los datos obtenidos en la tabla 19, se obtiene un *porcentaje de plan completo* 83 %.

#### 4.6. Medición y control

Con base en los objetivos planteados de la propuesta, se determinan los indicadores relevantes para la evaluación de la efectividad del modelo de gestión, como se lo indica en tabla 20.

#### 4.5 Indicadores de gestión

**Tabla 26.** Indicadores del Lean Construction para las empresas de construcción

<b>Objetivos</b>	<b>Indicador</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Meta</b>	<b>Frecuencia</b>
Identificar el Tiempo de Ciclo Total (TCT) en el VSM – (Mapa de Flujo de Valor) del proceso de instalación eléctrica en viviendas residenciales	Tiempo de Ciclo Total (TCT)	Tiempo Etapa 1+ Tiempo Etapa 2 + Tiempo Etapa 3 + Tiempo Etapa 4 + Tiempo Etapa 5	Días	<8,8	Semanal
Alcanzar un 80 % como Porcentaje del Plan Completado (PPC) del Last Planner System en el proceso de instalación eléctrica para viviendas residenciales	Porcentaje del Plan Completado (PPC)	(Actividades cumplidas / Actividades planeadas) *100	Porcentaje	> 80 %	Semanal
Determinar la factibilidad de la inversión en el mejoramiento del proceso de instalación eléctrica para viviendas residenciales	Relación Beneficio / Costo	(Valor del Beneficio / Valor del Costo) * 100	Porcentaje	>4.9 %	Anual

#### 4.6. Análisis económico

Para efectuar el análisis económico se ha considerado utilizar la Relación Beneficio / Costo realizando una comparación en los Estados Financieros promediados de las tres empresas estudiadas mediante escenarios actuales y propuestos, este tipo de información se observa en la tabla 21.

**Tabla 27.** Análisis Relación Beneficio/Costo

	DETALLE	Actual		Propuesto	
		2023	2024	2023	2024
	INGRESOS	\$ 415,355.50	\$ 474,269.10	\$ 415,355.50	\$ 487,269.10
	Ventas	\$ 415,355.50	\$ 474,269.10	\$ 415,355.50	\$ 483,754.48
( - )	<b>COSTO OPERATIVOS</b>		\$ 399,735.00	\$ 340,740.20	\$ 399,735.00
( = )	<b>UTILIDAD BRUTA</b>	\$ 74,615.30	\$ 74,534.10	\$ 74,615.30	\$ 84,019.48
( - )	<b>GASTOS</b>	\$ 41,529.10	\$ 40,982.70	\$ 42,503.10	\$ 40,982.70
	( = ) <b>GASTOS DE VENTAS</b>	\$ 9,578.70	\$ 7,914.00	\$ 9,578.70	\$ 7,914.00
	Gastos Publicidad	\$ 9,578.70	\$ 7,914.00	\$ 9,578.70	\$ 7,914.00
	( = ) <b>GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>	\$ 31,950.40	\$ 33,068.70	\$ 32,924.40	\$ 33,068.70
	Gastos Suministros de Oficina	\$ 1,543.20	\$ 1,597.20	\$ 1,543.20	\$ 1,597.20
	Gastos Suministros de Aseo	\$ 1,233.70	\$ 1,276.90	\$ 1,233.70	\$ 1,276.90
	Sueldos Administrativos	\$ 26,683.30	\$ 27,617.30	\$ 26,683.30	\$ 27,617.30
	Gastos Servicios Profesionales	-	-	\$ 974.00	-
	Gastos Servicios Básicos	\$ 1,235.80	\$ 1,279.00	\$ 1,235.80	\$ 1,279.00
	Gastos Reparación y Mantenimiento	-	-	-	-
	Depreciación de Equipos	\$ 1,254.40	\$ 1,298.30	\$ 1,254.40	\$ 1,298.30
( = )	<b>UTILIDAD OPERATIVA</b>	\$ 33,086.20	\$ 33,551.40	\$ 32,112.20	\$ 43,036.78
( - )	Gastos Financieros				
( = )	<b>UTILIDAD ANTES DE IMP. Y PARTICIPACIÓN</b>	\$ 33,086.20	33.51.40	\$ 32,112.20	\$ 43,036.78
	- 15% de Participación Trabajadores	\$ 4,962.93	\$ 5,032.71	\$ 4,816.83	\$ 6,455.52
( = )	<b>UTILIDAD ANTES IMP. RENTA</b>	\$ 28,123.27	\$ 28,518.69	\$ 27,295.37	\$ 36,581.26
	- 25% Impuesto a la Renta	\$ 7,030.82	\$ 7,129.67	\$ 6,823.84	\$ 9,145.32
( = )	<b>UTILIDAD NETA</b>	\$ 21,092.45	\$ 21,389.02	\$ 20,471.53	\$ 27,435.95

Por lo tanto, de acuerdo a la información de los rubros y valores del Estado de Resultados anterior, se determina la Relación Beneficio / Costo, resumida en la tabla 22.

**Tabla 28.** Resumen Beneficio/Costo

Detalle	Actual		Propuesto	
	2023	2024	2023	2024
Beneficios	\$ 21,092.45	\$ 21,389.02	\$ 20,471.53	\$ 27,435.95
Costos y Gastos	\$ 382,269.30	\$ 440,717.70	\$ 383,243.30	\$ 440,717.70
Relación	5,5%	4,9%	5,3%	6,2%

En la tabla anterior, se observa que la relación Beneficio / Costo es del 5,5 % para el año 2023 pero se reduce a 4,9 % en el 2024, sin embargo, en el escenario propuesto se tiene una relación del 5,3 % pero se incrementa al 6,2% debido a que se plantea un incremento de las utilidades en 2 % para el año 2024 luego de que se implemente la propuesta del proceso de instalación eléctrica, es decir que por cada dólar invertido se tiene 0,02 USD de ganancia en el 2024.

## CONCLUSIONES

La productividad actual en la ejecución del apartado eléctrico en viviendas residenciales se basa en dos factores principales: el tiempo necesario para llevar a cabo las actividades eléctricas, el cual se estima en aproximadamente 8.76 días; y el costo de implementación, que se sitúa alrededor de 17,52 USD por metro cuadrado, para viviendas residenciales de dos plantas con un área cercana a los 110m<sup>2</sup>.

La industria de la construcción es un segmento importante en la generación de empleos y tiene una contribución del 6.1 % en el PIB, pese a ello presenta bajos índices de productividad atribuibles excesivo enfoque en la planificación, escaso en el control y casi nulo en la ejecución.

El modelo de gestión de procesos basado en la aplicación de la filosofía *lean construction*, presenta mejoras en la ejecución del acápite eléctrico de viviendas mediante: la optimización del tiempo empleado en 15 % menos; un *porcentaje de plan cumplido* del 83 % (LSP); y con una relación beneficio / costo proyectada del 2 %.

Este estudio ha delineado un análisis detallado y estructurado del proceso de ejecución del acápite eléctrico en la construcción de viviendas residenciales, identificando y desglosando claramente las cinco etapas cruciales involucradas en este proceso: canalizaciones eléctricas, instalación de cableado eléctrico, armado de tablero eléctrico, instalación de piezas eléctricas, etiquetado y pruebas. Además, se ha establecido la participación de los actores clave en cada etapa, incluyendo un supervisor, un técnico y dos ayudantes. Esta información proporciona una base sólida para optimizar la planificación y ejecución del acápite eléctrico en la construcción de viviendas residenciales, contribuyendo a una gestión eficiente de recursos, tiempos y costos en este importante ámbito de la ingeniería y la construcción.

El 86 % de los profesionales encuestados en el ámbito de la construcción, afirma haber escuchado el término *lean construction*, sin embargo, solo el 37 % admite tener el conocimiento de la filosofía. A pesar de esto, se practica en obra: reuniones operativas in situ; orden y limpieza; gestión eficaz de los recursos humanos, herramientas y

materiales. Lo que sugieren una predisposición hacia la adopción gradual de la filosofía lean.

La ejecución de las actividades del proceso de instalaciones eléctricas presenta desperdicios que fueron categorizados en mudas de: *proceso; personal; inventario; sobre procesamiento y movimiento*. Constituyendo el punto de partida para la implementación de la mejora continua.

El uso de herramientas *lean construction* genera un impacto positivo sobre la relación *valor añadido / despilfarro*, partiendo de un escenario inicial de 41 % de TP (trabajo Productivo), 27 % de TC (Trabajo contributorio) y 32 % de TNC (trabajo no contributorio). Hasta un escenario final de (48 %,32 %,20 %) respectivamente para (TP, TC, TNC), identificando una reducción del *trabajo no contributorio* que alberga los tiempos de espera, tiempos de ocio y buffers de planificación.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar el modelo de gestión de procesos basado en la herramienta lean construction, considerando los beneficios obtenidos en la ejecución del acápite eléctrico, estos resultados se podrían extrapolar a la ejecución de todo el proyecto obteniendo un aumento de la productividad y manejando precios más competitivos dentro del mercado.

Se sugiere trabajar en el compromiso del personal, considerando que la aplicación de la filosofía *lean construction* radica en un cambio de pensamiento pasando de una gestión de proyectos basada en la planificación a un enfoque donde se abarca la planificación, ejecución, utilización y mantenimiento de la infraestructura.

Es recomendable que luego de implementar las herramientas del Lean Construction, sean revisadas al menos una vez al año, con la intencionalidad de que se pueda mejorar cada una de las etapas y actividades que conforman a cada herramienta. Se puede aplicar estas mejoras mediante el ciclo de Deming cuyas fases están dadas por PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar), de tal manera que el Lean Construction sea un instrumento indispensable para el fortalecimiento en las empresas de construcción.

## REFERENCIAS

- [1] Banco Central del Ecuador BCE, “La economía ecuatoriana creció 4,2% en 2021, superando las previsiones de crecimiento más recientes”, *Boletín de prensa BCE*, 2022.
- [2] J. Pons y I. Rubio, *Lean Construction y la planificación colaborativa*. España: Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, 2019.
- [3] R. Aziz y s. Hafez, “Aplicación del pensamiento Lean en la construcción y mejora del rendimiento,” *Ingeniería de Alejandría*, vol. 52, n° 2, pp. 79-695, Octubre 2013.
- [4] C. G. Costa de los Reyes, “Estudio para determinar la factibilidad de introducción de la filosofía "Lean construction" en la etapa de planificación y diseño de proyectos, en empresas públicas y privadas de ciudades intermedias casos: Cuenca y Loja,” 2016.
- [5] E. N. Shaqour, “The impact of adopting lean construction in Egypt: Level of knowledge, application, and benefits,” *Ain Shams Eng. J.*, vol. 13, no. 2, p. 101551, Mar. 2022, doi: 10.1016/j.asej.2021.07.005.
- [6] P. Aristizábal-Monsalve, A. Vásquez-Hernández, and L. F. Botero Botero, “Perceptions on the processes of sustainable rating systems and their combined application with Lean construction,” *J. Build. Eng.*, vol. 46, p. 103627, Apr. 2022, doi: 10.1016/j.job.2021.103627.
- [7] “Reinventar la construcción a través de una revolución de la productividad | McKinsey.” <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/reinventing-construction-through-a-productivity-revolution> (accessed May 06, 2022).
- [8] A. H. A. Jamil and M. S. Fathi, “The Integration of Lean Construction and Sustainable Construction: A Stakeholder Perspective in Analyzing Sustainable Lean Construction Strategies in Malaysia,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 100, pp. 634–643, 2016, doi: 10.1016/j.procs.2016.09.205.
- [9] Constitución de la República del Ecuador. (2023, Jul 18). Biblioteca Lexis (1era ed.) [Online]. Available: <https://www.lexis.com/ec/biblioteca/constitucion-republica-ecuador>
- [10] Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica. (2028, May 21). Ley 0: Registro Oficial Suplemento 418 (1era ed.) [En línea]. Available: <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2019/03/LEY-DE-ELECRICIDAD.pdf>
- [11] Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015, Ene 10). Registro Oficial Suplemento 413, Año II, 10 enero 2015 (1era ed.) [Online]. Available: [https://cicp-ec.com/documentos/NEC\\_2015/nec\\_registro\\_oficial\\_413.pdf](https://cicp-ec.com/documentos/NEC_2015/nec_registro_oficial_413.pdf)
- [12] NEC. (2023, Feb 19). Capítulos de la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción), Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (1era ed.)

- [Online]. Available: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- [13] Norma Ecuatoriana de Construcción. (2018, Ago 12). Instalaciones Eléctricas, Código NEC - SB - IE (1era ed.) [Online]. Available: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/1.-NEC-SB-Instalaciones-Elctricas.pdf>
- [14] Portal Único de Trámites Ciudadanos. (2021, Jun 09). Permiso de Construcción de Vivienda (1era ed.) [Online]. Available: <https://www.gob.ec/gadmc-santa-lucia/tramites/permiso-construccion-vivienda>
- [15] EEQ. (2023, Ene 10). Instalación de nuevo servicio definitivo, Empresa Eléctrica Quito S.A (1era ed.) [Online]. Available: <http://www.eeq.com.ec:8080/servicios/instalacion-nuevos-servicios/definitivo>
- [16] T. Valdés. (2019, Ago 23). Características de la gestión por proceso y la necesidad de su implementación en la empresa cubana (1era ed.) [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/3604/360433568004.pdf>
- [17] D. Lurueña. *La Gestión de Proyectos de Construcción*. California - Estados Unidos: Publishing Platform, 2017.
- [18] G. Cernelutto. *Tu casa en tus manos: Manual de construcción básica.*: Bogotá - Colombia: Grupo Igneo, 2018.
- [19] C. Peña y G. Garces. (2023, Abr 20). Una revisión sobre Lean Construction para la Gestión de Proyectos de Construcción (1era ed.) [Online]. Available: [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50732023000100043&script=sci\\_abstract&tlng=es](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50732023000100043&script=sci_abstract&tlng=es)
- [20] M. D. Rojas, M. Grajales y M. E. Valencia. (2018, Jun 08). Lean construction LC bajo pensamiento Lean (1era ed.) [En línea]. Available: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-33242017000100115#:~:text=Lean%20Construction%20es%20una%20filosof%C3%ADa,construcci%C3%B3n%20eliminando%20actividades%20que%20no](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242017000100115#:~:text=Lean%20Construction%20es%20una%20filosof%C3%ADa,construcci%C3%B3n%20eliminando%20actividades%20que%20no)
- [21] G. Pérez, J. M. Rosales, A. López, C. Ponce y E. E. Rodríguez. (2019, Dic 10). Evaluación de la gestión en la construcción de una tienda de conveniencia por medio de lean construction (1era ed.) [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/journal/1939/193961007001/193961007001.pdf>
- [22] L. Alarcón. *Lean Construction*. Estados Unidos: Taylor & Francis Group, 2017.

- [23] F. Fernández. *Montaje de Elementos y equipos de instalaciones eléctricas de baja tensión en edificios: MF016 - Operaciones de montaje de instalaciones eléctricas de baja tensión y domóticas en edificios*. Quito - Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2023.
- [24] F. Moreno, J. Zubiaurre y J. Miralles. *Instalaciones Eléctricas Interiores*. Quito - Ecuador: Ediciones Seysa, 2014.
- [25] M. Guerrero. *Metodología de la Investigación*. Bogotá: Editorial Patria, 2016.
- [26] C. Bernal. *Metodología de la Investigación 4ta ed. Administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Bogotá - Colombia: Pearson, 2018.
- [27] H. Sánchez and C. Reyes. *Metodología y Diseño de la Investigación*. Lima - Perú: Business Support Anneth SRL, 2017.
- [28] N. Quezada. *Metodología de la Investigación: Estadística Aplicada en la Investigación*. Lima - Perú: Editora Macro E.I.R.L, 2019.
- [29] G. Morán and D. Alvarado. *Métodos de Investigación*. México D.F: Pearson Educación, 2017.
- [30] B. Osorio and E. Añes. (2018, Dic 20). Estructura referencial y prácticas de citación en tesis doctorales en educación (2nd ed.) [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/3761/376156280006.pdf>
- [31] D. Lind, W. Marchal and S. Wathen, *Estadística para Administración y Economía*. México D.F.: Mc Graw Hill Interamericana, 2017.
- [32] INEC. (2022, Dic 25). Registro Estadístico de Empresas (REEM),» Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (1era ed.) [Online]. Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec//directoriodempresas/>
- [33] J. Sánchez. *Organización y gestión del montaje de las instalaciones eléctricas en el entorno de edificios y con fines especiales*. España: Esic, 2015.
- [34] J. C. Cosme. *Electricidad para Viviendas*. España: ICB Editores, 2018.
- [35] M. D'Addario. *Manual de electricidad básica*. Boston - Estados Unidos: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2017.