

Universidad de Lima  
Facultad de Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Industrial



# **PROPUESTA DE MODELO DE GESTIÓN PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE ENSAMBLE MEDIANTE LEAN MANUFACTURING EN EMPRESAS DEL SECTOR ENERGÍA**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

**Jose Antonio Mogrovejo Rosas**

**Código 20170987**

**Willman Jesús Chipana Ramírez**

**Código 20170380**

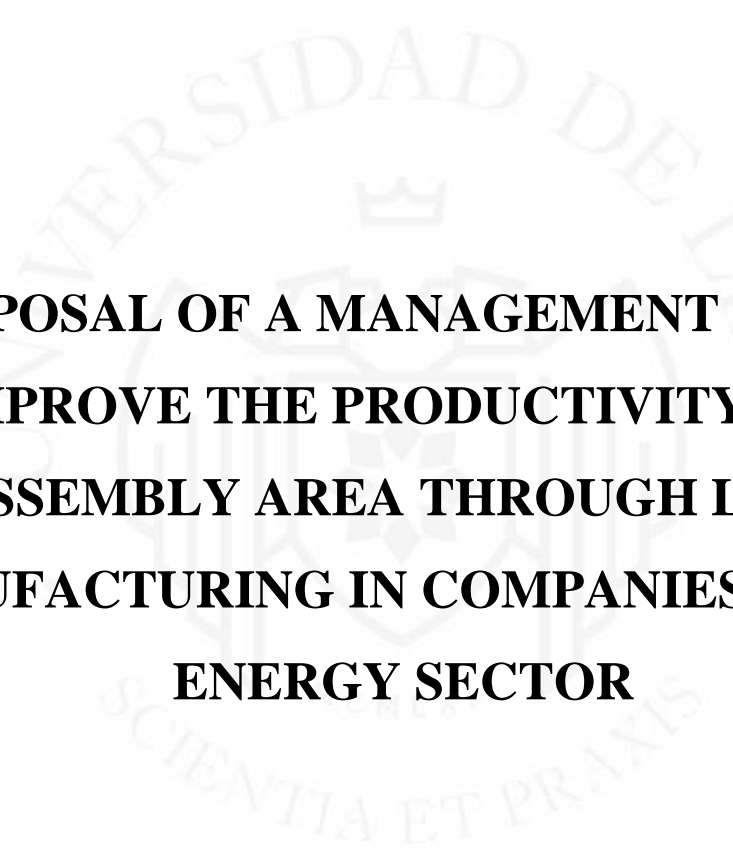
**Asesor**

**Carlos Medardo Urbina Rivera**

Lima – Perú

Marzo de 2024





**PROPOSAL OF A MANAGEMENT MODEL  
TO IMPROVE THE PRODUCTIVITY OF THE  
ASSEMBLY AREA THROUGH LEAN  
MANUFACTURING IN COMPANIES OF THE  
ENERGY SECTOR**

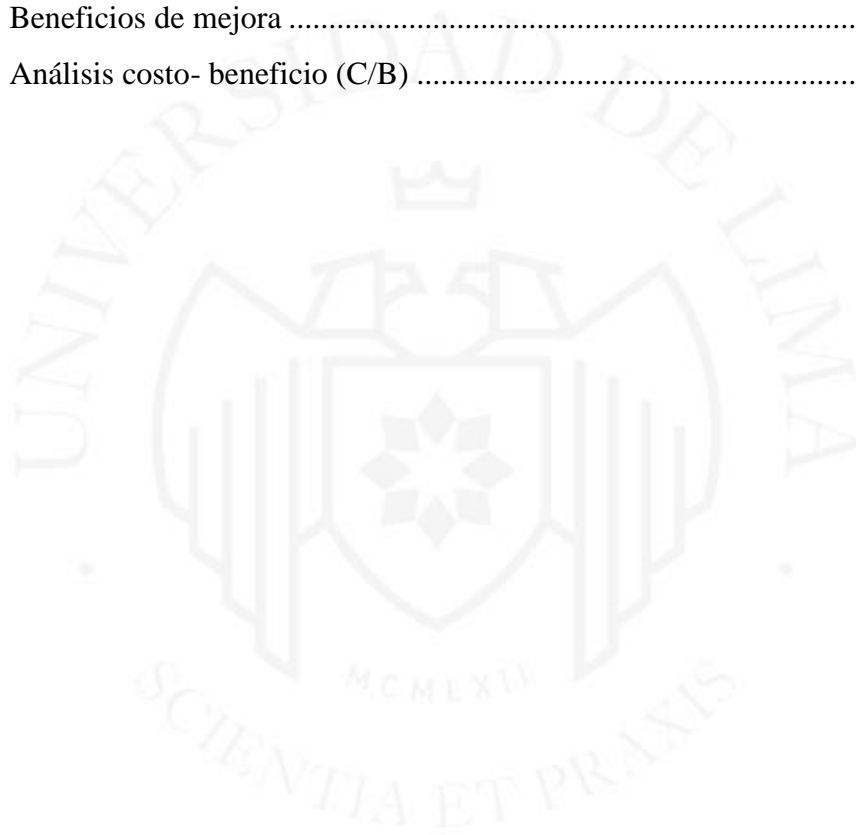
## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>2. METODOLOGÍA .....</b>	<b>6</b>
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>12</b>
3.1 Planteamiento de alternativa de solución.....	15
3.1.1 Rediseño de la línea de ensamble de equipos eléctricos.....	15
<b>4. DISCUSION.....</b>	<b>20</b>
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>21</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1	Indicadores específicos de desempeño en el ensamble .....	14
Tabla 3.2	Alternativa de solución .....	15
Tabla 3.3	Cálculo del número mínimo de estaciones .....	17
Tabla 3.4	Resumen de la mejora de tiempos y productividad de las actividades de ensamble .....	18
Tabla 3.5	Costos por mejora .....	19
Tabla 3.6	Beneficios de mejora .....	19
Tabla 3.7	Análisis costo- beneficio (C/B) .....	20



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Ciclo Deming .....	7
Figura 2.2 Árbol de problemas .....	8
Figura 2.3 Visual Stream Mapping del proceso productivo .....	9
Figura 2.4 Plano actual de área de ensamble .....	10
Figura 2.5 Plano eléctrico de rectificador .....	11
Figura 2.6 Marcadores para cable tipo clip.....	12
Figura 3.1 Diagrama de operaciones de proceso (DOP) .....	14
Figura 3.2 Diagrama de recorrido actual .....	15
Figura 3.3 Diagrama de actividad de proceso (DAP) - Actual.....	16
Figura 3.4 Diagrama de recorrido mejorado.....	17
Figura 3.5 Diagrama de actividad de proceso (DAP) - Mejorado .....	18



# **Propuesta de modelo de gestión para mejorar la productividad del área de ensamble mediante Lean Manufacturing en empresas del sector energía**

**Jose Antonio Mogrovejo Rosas**

[20170987@aloe.ulima.edu.pe](mailto:20170987@aloe.ulima.edu.pe)

**Willman Jesús Chipana Ramírez**

[20170380@aloe.ulima.edu.pe](mailto:20170380@aloe.ulima.edu.pe)

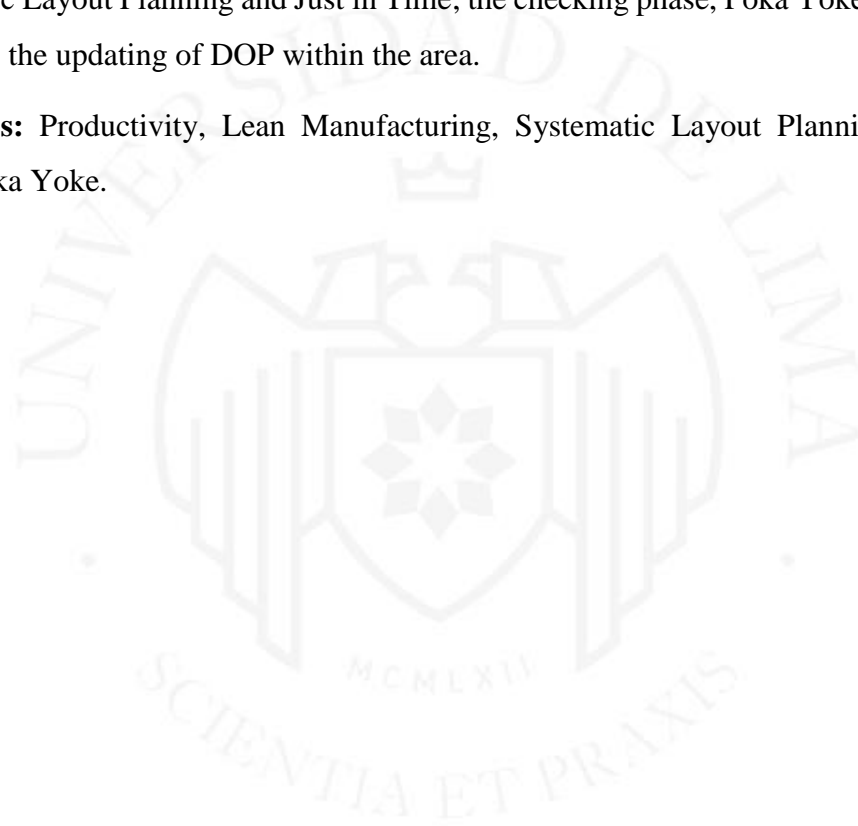
Universidad de Lima

**Resumen:** Este artículo propone un modelo de gestión de la producción que utiliza técnicas para la mejora de la productividad en el área de ensamble en las empresas del sector de energía. Para ello, se analizarán los procesos en donde no se están alcanzando los objetivos estratégicos, cómo es el caso del área de ensamble de equipos eléctricos; en donde se observan problemas de desorganización, reprocesos de algunas actividades, demoras en la entrega de pedidos y reducción del margen de utilidad. El objetivo de la investigación es proponer un modelo de gestión de la producción para mejorar la productividad en el área de ensamble de equipos eléctricos en una empresa del sector energía utilizando las herramientas de Lean Manufacturing. Se realizó una serie de pasos siguiendo el Ciclo Deming, en el paso de planear se utilizó Visual Stream Mapping, en la fase de hacer Systematic Layout Planning y Just in Time; la fase de verificar, Poka Yoke; y en la fase de actuar, la actualización de DOP dentro del área.

**Palabras Clave:** Productividad, Lean Manufacturing, Systematic Layout Planning, Just in Time, Poka Yoke.

**Abstract:** This article proposes a production management model that uses techniques to improve productivity in the assembly area of companies in the energy sector. For this purpose, the processes in which the strategic objectives are not being achieved will be analyzed, as is the case of the electrical equipment assembly area, where problems of disorganization, reprocessing, delays in order delivery and reduction in profits. The objective of the research is to propose a production management model to improve productivity in the electrical equipment assembly area of a company in the energy sector applying Lean Manufacturing. A series of steps was carried out following the Deming Cycle, in the planning step Visual Stream Mapping was used, in the doing phase. Systematic Layout Planning and Just in Time; the checking phase, Poka Yoke; and in the act phase, the updating of DOP within the area.

**Keywords:** Productivity, Lean Manufacturing, Systematic Layout Planning, Just in Time, Poka Yoke.





## 1. INTRODUCCIÓN

La investigación se realizó en una empresa que se dedica a la comercialización, instalación y postventa de equipos eléctricos para subestaciones eléctricas en Media y Alta Tensión y Sistemas de Líneas de Transmisión. Luego de un análisis en el área de ensamble se pudo observar las oportunidades de mejora que se presentan en la empresa: desorganización en el área de trabajo, el área está desordenada y ocasionalmente es difícil encontrar la herramientas y/o materiales que el operario requiere para cierta operación; altos tiempos improductivos (4 horas/día aproximadamente según los comentarios de los colaboradores) por la gestión de compra para el reabastecimiento de materiales; costos elevados por la compra de material extra y las horas hombre improductivas durante la espera de la reposición de los materiales; y las horas hombre extra que son empleadas para la corrección en el ensamble de las máquinas, que resulta ser un porcentaje de reproceso de 5.36% e incumplimientos en los tiempos de entrega a los clientes, debido a las correcciones que toman más tiempo del requerido y una baja capacidad de producción, con un nivel de 64,23%.

Existen diversos antecedentes respecto a la implementación de un modelo de gestión de la producción para mejorar la productividad en las empresas del sector de energía, el cual se tiene como objetivo en esta investigación. En un primer aspecto, se revisó casos similares respecto a los problemas que se presentan dentro de un área de trabajo. El primer aspecto es sobre el rechazo de productos o reprocesos para la corrección de una tarea. En la investigación de Gijo y Scaria (2014), se logra presenciar un bajo rendimiento en el proceso de mecanizado, provocando el rechazo de muchos componentes que se utilizan durante el proceso por meses; sumado a esto, la insatisfacción de los clientes debido a las demoras en las entregas de los pedidos; para obtener una mejora frente a este problema se implementó la metodología Six Sigma y se tuvo un impacto financiero significativo en la rentabilidad de la empresa (p. 717–730). En la investigación de Cabarcas et al (2011), después de realizar un análisis sobre las pérdidas o desperdicios con el fin de mejorar la cadena de valor y la productividad en la línea de laminado de la compañía, se planteó la implementación de herramientas Lean para lograr dicho objetivo (p. 27–42).

Por parte de la investigación de Quispe et al (2022), dentro de una empresa del sector textil se presentaban fallas y desperdicios en el proceso productivo, esto afectaba a la productividad de tal proceso, ya que generaba sobrecostos en la producción y en la

gestión de la calidad. Como objetivo, se planteó el mejoramiento de la eficiencia del proceso, logrando así la reducción de defectos y fallas en las operaciones, de esta forma se estaría mejorando la productividad de la empresa (p. 83-90). En una investigación hecha por Segovia et al (2021), en una empresa del rubro automotriz se presentaban que los tiempos de los procesos eran altos, todo producto defectuoso era rechazado y estos se presentaban en alto grado. Así que se planteó como objetivos reducir los tiempos en la operación de inserción de los clips, para el ensamble de los arneses. Como resultados se obtuvo una reducción en un 97% en productos defectuosos y se optimizó el número de personal para cumplir con los tiempos necesarios (p. 70-75).

Otro aspecto se basa en que se busca mejorar la mano de obra, ya que los operarios no están capacitados, carecen de organización o no terminan de familiarizarse con el proceso. En una investigación elaborada por Doñate (2019), se presenció que los operarios incumplen con el trabajo estandarizado en el área de ensamble de una empresa de transmisiones, mediante la implementación del Sistema Global de Manufactura; por lo que se tuvo como objetivo estandarizar el área de ensamble y se obtuvo como resultado el involucramiento al 100% de operarios en el conocimiento y entendimiento del trabajo estándar documentado (p. 1-9). En la investigación de Olivera y Tuesta (2018), se presentaron fallas en la organización y control debido a la falta de conocimiento de herramientas eficaces y se planteó como objetivo elaborar una estrategia operativa basada en las herramientas Lean manufacturing; se diseñó un diagrama con los pasos de estrategia operativa de Lean manufacturing para que se use como guía por parte de los operarios del área, se aplicó y dio resultados positivos (p. 13-19).

Según Álvarez Newman (2015), la Mejora Continua es una doctrina que adoptó protagonismo en su estudio cuando se asumió que la “calidad” no es un atributo de las cosas, sino que se encuentra en los trabajadores, y que los productos son solo el efecto de un proceso entre estos. Además, señala que funciona como un corpus doctrinario de la gestión de la calidad y su particularidad es que interviene y toma dinamismo sobre la voluntad de las personas por mejorar, que es formada, capturada e inscrita bajo la “razón empresarial” de maximizar la productividad (p. 5-16). Durante la búsqueda de otros artículos científicos se encontraron los resultados obtenidos en un estudio en donde se mostró que con la implementación de herramientas de mejora continua se logró reducir el tiempo de búsqueda por herramienta en un 80%, se redujo los tiempos de búsqueda de insumos en un 66,6% y se incrementó en 20 m<sup>2</sup> los espacios ganados. (Santoyo et al,

2013, p. 361-371). En una investigación hecha por Avilés et al (2019), se buscó mejorar la capacidad de la línea de producción en el área de ensamblaje en un taller de ventanas con la mejora continua, dando como resultados generales la implementación de nuevas estaciones y equilibrar el trabajo para reducir el tiempo (takt time) (p. 151-168). Asimismo, como principal resultado de la implementación de herramientas de mejora de procesos se encuentra el del artículo de Vargas-Hernández et al (2018), en donde se señala que las empresas que ponen en práctica como filosofía de trabajo estas herramientas han logrado reducciones significativas en costos de producción, inventarios, costos de compra, costos de calidad y lead time. Adicionalmente, se explica que el incremento de su productividad y flexibilidad mejoran la calidad, hacen más eficiente al personal y logran un mejor uso de maquinarias y del espacio. De esta manera se puede decir que dentro de una organización o empresa es esencial poseer de metodologías de mejora continua para poder alcanzar los objetivos y así aumentar la productividad y “calidad” de los trabajadores (p. 82-94).

Entonces, ¿será posible mejorar la productividad del área de ensamble mediante técnicas Lean Manufacturing en empresas del sector energía? El presente artículo se basará en la experiencia obtenida en la empresa elegida, utilizando herramientas de mejora que permiten diagnosticar problemas en los procesos y proponer soluciones y mejoras que contribuyan a alcanzar los objetivos basados en la mejora de la productividad.

Para el desarrollo de la presente investigación, se determinaron las siguientes variables de la investigación: productividad, mejora de procesos y modelo de gestión de la producción, junto con sus respectivas dimensiones o componentes. Para empezar, la productividad según Velásquez de Naime et al (2012), se asume como la integración de las variables mano de obra, tecnología y dinero con el fin de generar bienes y servicios, que sean beneficiosos para todos los actores involucrados (empresa, trabajadores, clientes y sociedad) (p. 847-854). Además, esta investigación tiene base en la mejora de procesos, que es tal como mencionan Serrano y Ortiz (2012), “mejoramiento es adelantar, acrecentar algo, haciéndolo pasar a un estado mejor”. También se basa de un conjunto de acciones que tiene como finalidad el aumento de la rentabilidad en la organización o empresa, mejorando aspectos tales como la calidad, el servicio, los tiempos de respuesta, los costos, etc (p. 13-22). También se tiene en cuenta el concepto de Gestión o Administración de la Producción, según Velásquez (2003), la gestión es un conjunto de

acciones para lograr un objetivo. Es la interfase entre la planeación, acción y control. La producción es el conjunto de materiales, la fuerza de trabajo, capital y tecnología que se usan para la fabricación de un producto o la prestación de un servicio (p. 66–87).

## **2. METODOLOGÍA**

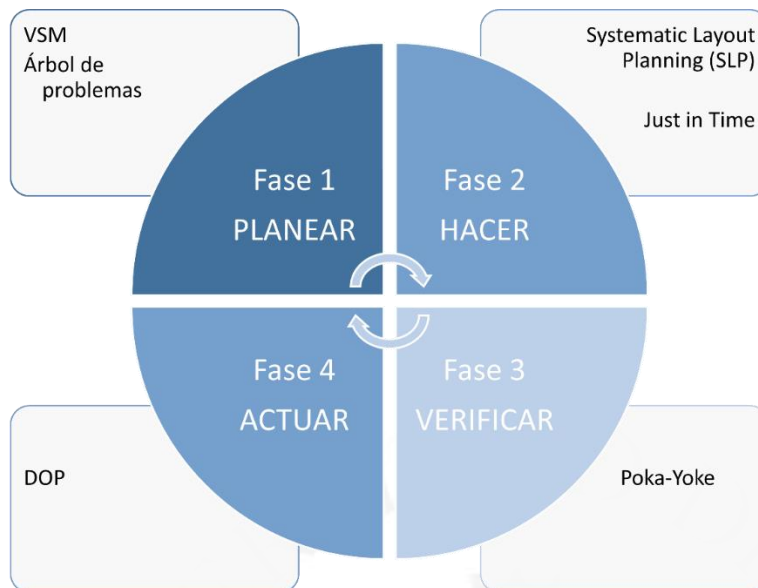
El estudio de investigación se desarrolló para proponer un modelo de gestión de producción para mejorar la productividad del área de ensamble mediante el uso de herramientas Lean Manufacturing en empresas que se dedican a producir, ensamblar y/o adecuar productos según el requerimiento del proyecto, en este caso, en una empresa del sector energía, esto debido a que se presenta un gran porcentaje de desorganización en el área dentro de la empresa del sector, ocasionando baja productividad y pérdidas en el ámbito económico por los retrasos que se generan y los costos adicionales en las correcciones de los errores en el armado de los equipos.

Para empezar con el estudio se tuvo que analizar la problemática implementando la observación física de los procesos productivos y así poder obtener una revisión documental de los registros históricos de la empresa. Estos datos se compararon con los objetivos que tiene la empresa determinando un problema frente a lo esperado por la misma. Luego, se realizó un diagnóstico inicial para poder determinar las causas raíz de la problemática observada y que se enfrenta la empresa, para lo cual se realizaron visitas al área en donde se desarrolla el proceso de ensamble y se realizó una revisión del desempeño de los procesos.

Entonces, con la evidencia de lo observado y recolectado se logró obtener como problema la baja productividad en el área de ensamble de la empresa; y como causa raíz es la desorganización en el área de ensamble durante el proceso de producción. Se utilizó la metodología del ciclo Deming que consiste en cuatro fases (Planear, Hacer, Verificar y Actuar), para poder analizar el problema e identificar posibles soluciones para optimizar el proceso (ver Figura 2.1).

**Figura 2.1**

*Ciclo Deming*



**Planear:** La primera fase consiste en las actividades a llevar a cabo con éxito la implementación de la propuesta. El compromiso del equipo de trabajo del área de ensamble es vital para implementar la propuesta planteada; se debe ser capaz de reconocer la importancia de cada etapa y garantizar una participación adecuada en ellas. Esta fase comienza con la recopilación de datos sobre el estado del proceso, preparación del VSM y un análisis de las causas raíz con un árbol de problemas. Posteriormente, el encargado del área debe encargarse de comunicar y difundir entre los operarios y técnicos la importancia de las herramientas que se van a utilizar durante el proceso.

Se desarrolló un árbol de problemas con el objetivo de generar ideas para identificar las posibles causas del problema en cuestión. Este enfoque implica la construcción organizada de un modelo que explique las razones y consecuencias asociadas con la problemática analizada.

El problema principal observado es el retraso en los tiempos de entrega de los equipos eléctricos, ya que se requirió de más días para cumplir con la entrega. Además, se necesitó de horas extras de la mano de obra para acortar el plazo extra que se acordó por ambas partes, esto genera mensualmente un costo adicional de S/ 4,000.00 aproximadamente para el proyecto del ensamble de los 280 rectificadores.

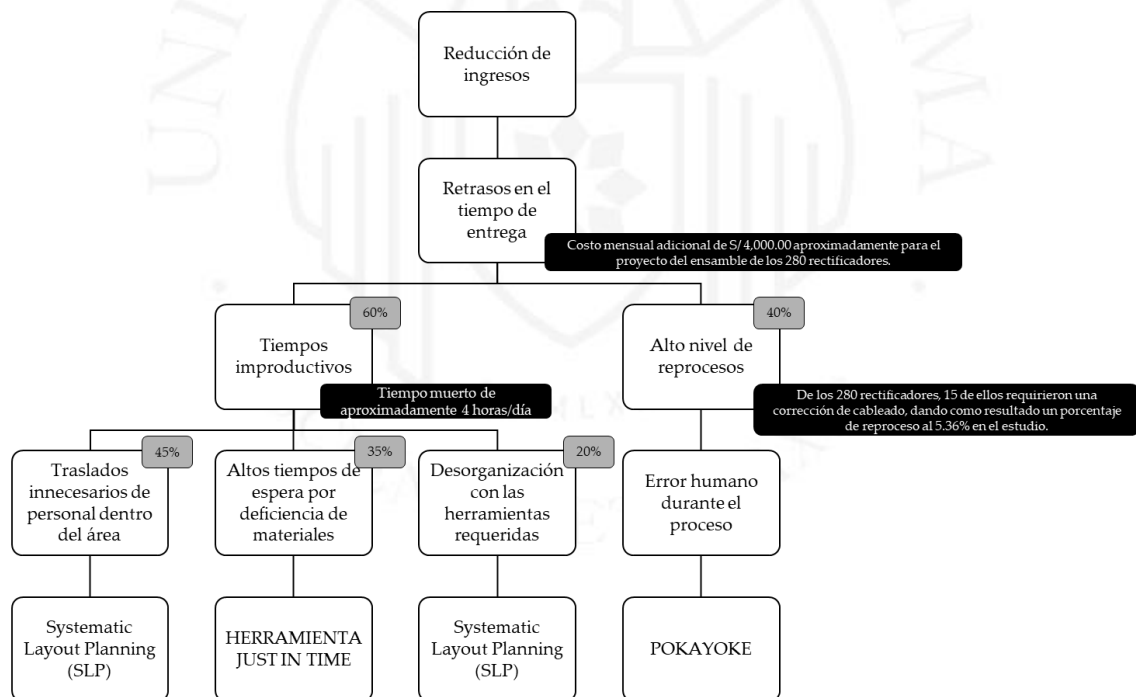
Las causas intermedias son: altos tiempos improductivos, en este estudio se determinó principalmente que la parada de producción se debió a la escasez de materiales

menores como, por ejemplo, los metros de cable de cobre y los terminales, esto tuvo como consecuencia un tiempo muerto de aproximadamente 4 horas/día, ya que se tuvo que acudir a la compra de estos dos materiales; y altos niveles de reprocesos, esto debido a que en la verificación del cableado se presentaron errores en las conexiones dentro del equipo, ocasionando reprocesos para realizar la corrección de esta tarea, según la información brindada por el jefe de producción, de los 280 rectificadores, 15 de ellos requirieron una corrección de cableado, dando como resultado un porcentaje de reproceso al 5.36% en el estudio (ver Figura 2.2).

Las causas raíz son: Traslados innecesarios del personal dentro del área, altos tiempos de espera, desorganización con las herramientas requeridas y error humano durante el proceso.

**Figura 2.2**

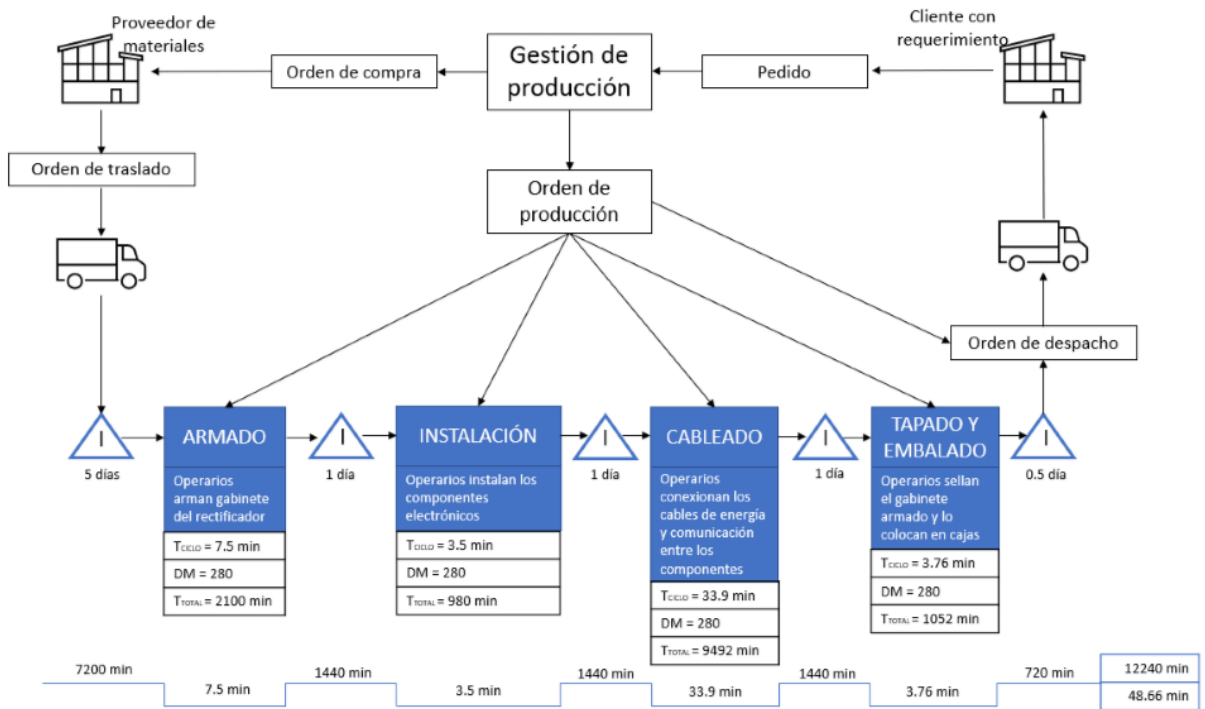
*Árbol de problemas*



Asimismo, se realizó el Mapa de Flujo de Valor (VSM en sus siglas en inglés), para analizar el flujo de recursos e información que se requieren para realizar las operaciones para el requerimiento del cliente. A continuación, se muestra el VSM de la organización:

**Figura 2.3**

*Visual Stream Mapping del proceso productivo*



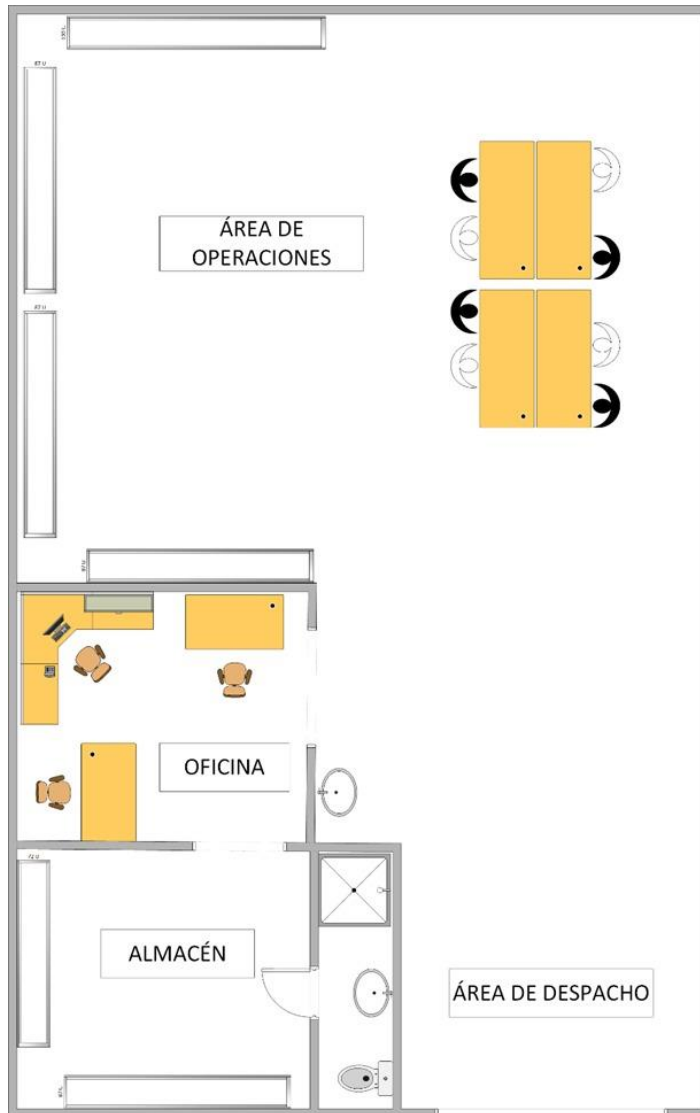
Como se puede observar en la Figura 2.3, los indicadores muestran que actualmente el tiempo que emplean los operarios en realizar las actividades son mayores al tiempo disponible (TD) para la producción del pedido planeado previamente. Los resultados se obtuvieron comparando el tiempo TOTAL, que es el resultado de multiplicar el tiempo de ciclo (TC), que es el tiempo empleado en realizar la operación por cada ítem, por la demanda (DM), que es un total de 280 unidades en cada operación.

**Hacer:** Como primer paso, se implementa la herramienta de Systematic Layout Planning (SLP). El objetivo del SLP es disminuir la distancia que los materiales deben recorrer, organizar de manera efectiva los procesos y flexibilizar la distribución del espacio de trabajo para permitir futuras modificaciones. Al implementar la propuesta de SLP, se estandarizan mediante documentación y control visual. El segundo paso consiste en implementar la herramienta Just in Time (JIT). El enfoque del Just in Time se centra en maximizar la eficiencia de los procesos al eliminar aquellas actividades que no aportan valor a las empresas. Esto conduce a un aumento de la productividad mediante la implementación constante de estrategias de mejora continua. Su objetivo es alcanzar

mejores resultados a través de la aplicación efectiva y eficiente en todas las operaciones, evitando desperdicios.

### Figura 2.4

*Plano actual de área de ensamble*



**Verificar:** Durante esta fase se lleva a cabo la herramienta Poka-Yoke. Originaria de Japón, esta herramienta denominada "a prueba de errores" busca diseñar los procesos de manera que se eliminen o eviten errores, ya sean generados por seres humanos o por sistemas automatizados. El plan consiste en una evaluación mediante observaciones y auditorías internas. Se implementará un "check list" como apoyo para un mejor control durante los procesos en donde ocurren los errores humanos.

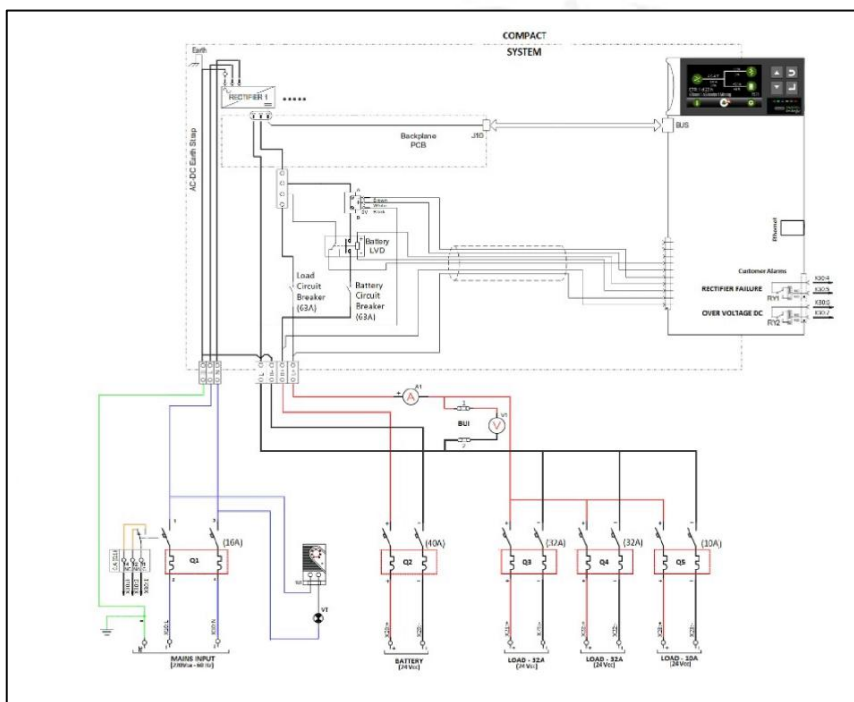


Para la implementación del Poka Yoke, se planteó dos etapas para evitar los errores en el cableado en el cual involucraba tanto al ingeniero encargado de elaborar los planos de los equipos como los operarios que se encargan del ensamble.

**ETAPA 1:** se enfocó en la elaboración de los planos por parte del ingeniero para dar una mayor facilidad en la interpretación de estos por parte de los operarios al colocar una codificación entre los terminales de cada componente que deben estar conectados mediante los cables de comunicación.

**Figura 2.5**

*Plano eléctrico de rectificador*



**ETAPA 2:** los operarios deben colocar marcadores en los cables, dichos marcadores contienen la codificación según está en los planos; también, se podrá usar de diferentes colores para dar una mayor diferenciación. En base a esto, los operarios que se encarguen de cablear los componentes de comunicación sabrán con certeza a que punto de conexión corresponden los cables. Así se podrá reducir la tasa de errores en esta actividad. Cabe recalcar que ya hay uso de etiquetas, pero estas son termo contraíbles, es decir, se ajustan según el diámetro del cable con el uso de calor, en este caso una secadora lo cual extiende el tiempo de ciclo de dicha tarea.

**Figura 2.6**

*Marcadores para cable tipo clip*



**Actuar:** A través de la evaluación de los resultados obtenidos en la fase previa, se verifica si se han alcanzado los objetivos establecidos. En caso de que no se hayan logrado, se lleva a cabo una breve revisión de la implementación para identificar las principales causas del incumplimiento. Con base en estos hallazgos, se emprenden medidas correctivas. Por otro lado, si se cumplió el objetivo, se procede a estandarizar el proceso de trabajo y se elaboran formatos para documentar los procedimientos ya estandarizados. Para esto, se decidió realizar un Diagrama de Operaciones (DOP), para poder tener un seguimiento de las operaciones e inspecciones por efectuar, las relaciones sucesivas cronológicas y los materiales utilizados durante el proceso del área de ensamble.

### **3. RESULTADOS**

El estudio se enfocó en el área de ensamble de equipos eléctricos, durante este período se manufacturó dentro de esta área aproximadamente 280 rectificadores para entregar a un cliente, con un lead time propuesto de 4 semanas. Para esto se requiere previamente del diseño de los planos por parte del ingeniero encargado del proyecto, para poder empezar con el ensamble de estos equipos.

El proceso del ensamble de equipos eléctricos comienza por el armado de las estructuras de los rectificadores, con planchas de aluminio y se unen mediante pernos, al mismo tiempo se realiza la incrustación de una plancha dentro de la caja de aluminio

armada, donde se colocarán los dispositivos necesarios como el PLC, interruptores y relés. Una vez que tienen las partes listas, en las planchas posteriores y anteriores, se colocarán unas canaletas de PVC, previamente cortadas a la medida de 40 cm de forma horizontal.

Luego de realizar el armado de la estructura, se instalan los dispositivos en las planchas correspondientes; en primer lugar, en la plancha posterior se colocan los interruptores, focos de señal y el PLC (Control Lógico Programable), después, en la plancha interior se coloca el rectificador con el circuito y en la plancha anterior, los relés. Los dispositivos en la plancha posterior y anterior son sujetados por una canaleta de aluminio para dar soporte y evitar un desprendimiento de estos en un futuro.

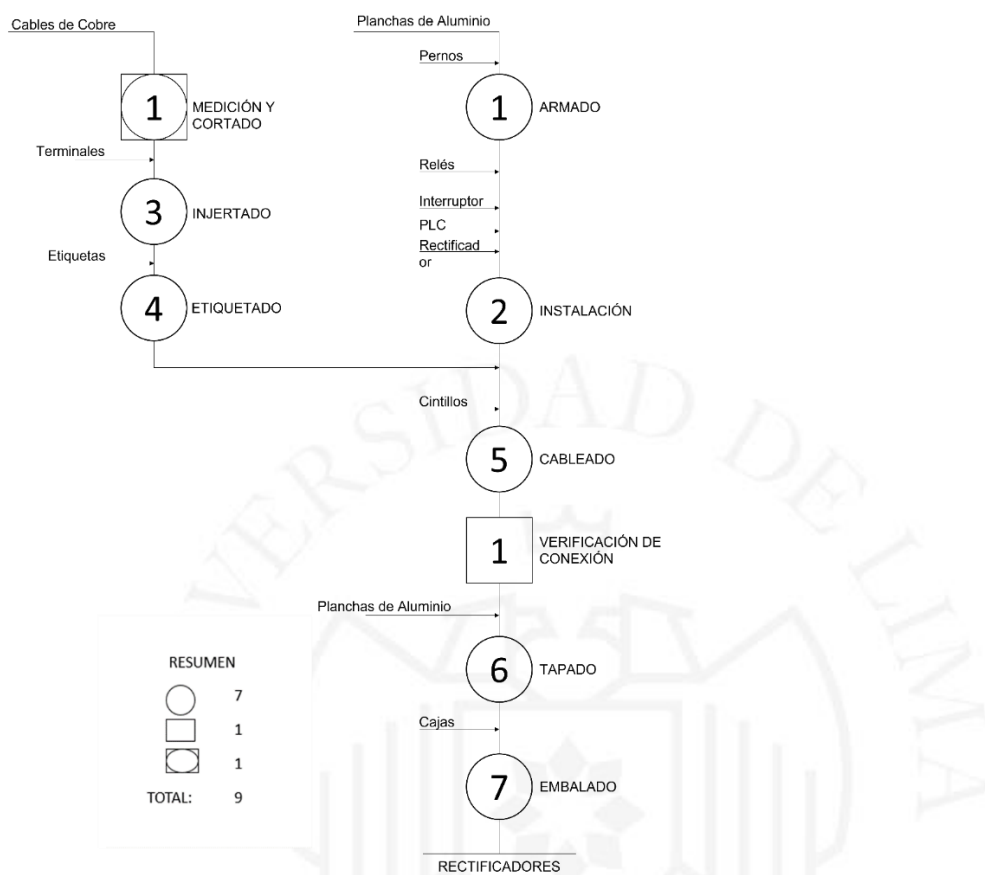
Al finalizar la instalación de los dispositivos a la estructura, se procede con proceso de cableado, el cual toma la mayor parte del tiempo total de ensamble. Los cables son conectados entre el PLC, los relés, el circuito, los interruptores y el rectificador. Primero se procede a cortar los cables a la medida requerida dentro de la caja del rectificador, en esta tarea se corta un total de 35 cables que serán conectados a los dispositivos dentro cada equipo eléctrico, paralelamente se implementarán sus respectivos terminales y etiquetas de correlación, esto a fin de evitar errores al momento de ser conectados. Los cables se colocan dentro de las canaletas previamente instaladas a la estructura, luego son amarrados con cintillos para un adecuado encaje y pasan a ser conectados en los dispositivos del equipo.

Luego de realizar las instalaciones eléctricas se hace un control de calidad, que consta de verificar que los cables están correctamente conectados entre los dispositivos. Se procede a usar un multímetro en donde se colocan las puntas de prueba en cada uno de los contactos; si el multímetro da una señal, esto quiere decir que la conexión del cable es correcta y continua el proceso de ensamble.

Finalmente, se incorporan tres láminas de metal en la parte externa de la estructura con el propósito de cubrir completamente el equipo eléctrico, con el fin de prevenir la manipulación de los dispositivos. Solo se mantienen accesibles los botones destinados al control de parámetros. Además, se lleva a cabo una prueba exhaustiva del proceso de control del producto para asegurar la ausencia de fallos u otros problemas. Una vez completada esta fase de ensamblaje, se procede al empaquetado en cajas de cartón para su transporte a la zona de despacho.

**Figura 3.1**

*Diagrama de operaciones de proceso (DOP)*



Se han determinado los siguientes indicadores para el ensamble de equipos eléctricos, utilizando la información proporcionada por la empresa y el análisis de los tiempos en la línea de ensamblaje.

**Tabla 3.1**

*Indicadores específicos de desempeño en el ensamble*

<b>Indicadores</b>	
Tiempo total de ensamble (minutos/equipo eléctrico)	88,3
Producción al día (equipos eléctricos)	5
Capacidad de línea (equipos eléctricos/día)	14
Takt Time (minutos/equipo eléctrico)	34,28
Capacidad utilizada (Producción/Capacidad)	35,71%

*Nota.* Indicadores obtenidos en base a un turno laboral de 8 horas

### 3.1 Planteamiento de alternativa de solución

La alternativa de solución se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 3.2**

*Alternativa de solución*

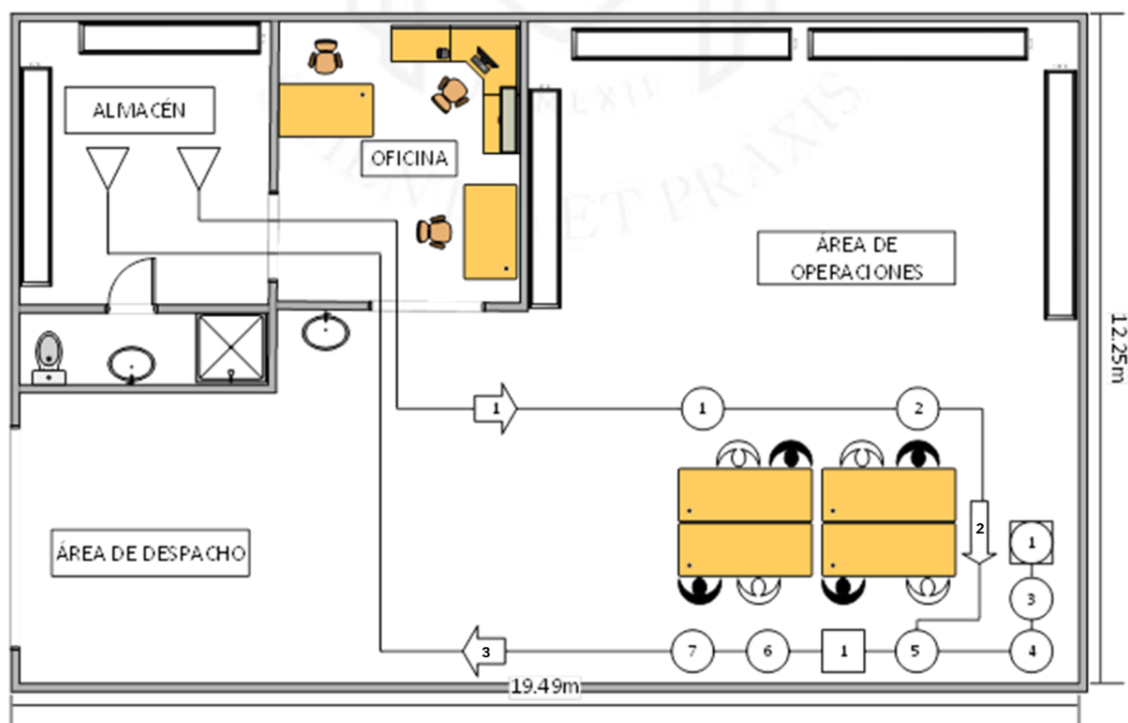
Nro	Alternativa de solución
1	Rediseño de la línea de ensamble de equipos eléctricos

#### 3.1.1 Rediseño de la línea de ensamble de equipos eléctricos

Actualmente la línea de ensamble se podría clasificar como una línea de ensamble simple, ya que en este caso se produce solo un tipo de producto; dependiente, debido a que la duración de las tareas depende de factores como: tipo de estación, tipo de operador y la secuencia; serial, ya que la línea tiene estaciones colocadas en serie y las tareas avanzan de una estación a otra, permitiendo que una pieza sea transformada en una estación, de esta manera se conectan todas las estaciones del proceso de producción; y de entrada variable, debido a que durante la entrada de las piezas en la tarea de ensamble el ingreso de las piezas al proceso se realiza de manera irregular o variable.

**Figura 3.2**

*Diagrama de recorrido actual*



**Figura 3.3**

*Diagrama de actividad de proceso (DAP) - Actual*

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO (DAP)					
RESUMEN	#	D (m)	T(min)		
Operación	8		41		
Inspección	1		14		
Transporte	3	20			
Demora	2		4.3		
Almacenaje	2				

N°	DESCRIPCIÓN	●	■	➔	◐	▼	Dist. (m)	Tiempo (minutos)	Observación
1	Almacenado de componentes y materiales								
2	Traslado al área de armado						8		
3	Demora por compra de pernería							1.7	
4	Armado de los gabinetes							7.5	
6	Instalado de los componentes electrónicos							3.5	
7	Traslado al área de cableado						2		
8	Demora por compra de cables y accesorios							2.6	
9	Cortado de cables							4	
10	Injertado de terminales conectores							3	
11	Rotulado de cables							10	
12	Cableado de los componente electrónicos							8	
13	Verificación de conexiones							14	
15	Tapado de los gabinetes							3	
16	Embalado de los gabinetes de rectificador							2	
17	Traslado al almacén						10		
18	Almacenado de producto terminado								
TOTAL		8	1	3	2	2			

Para la propuesta, al rediseñar la línea de ensamble se implementará una guía de transporte. Esta guía atravesará la zona de producción, iniciando desde el depósito de componentes y recorriendo cada estación hasta llegar a la estación de ensamblaje. En este punto, se procederá a la instalación de las distintas piezas para crear el producto final, en este caso, el rectificador. Luego, el producto seguirá su curso hacia el almacén de productos terminados. Además, se cambiaría el tipo de línea según su arquitectura a una línea de estaciones en paralelo, ya que la línea tendría dos o más estaciones similares que ejecutarían las tareas al mismo tiempo. Esto debido a que algunas tareas conllevan más tiempo y de esta manera se reduciría el tiempo de esa tarea en proporción al número de estaciones. Asimismo, la entrada de las piezas se cambiaría a un tipo de entrada fija para que la entrada de los componentes y dispositivos durante el proceso se realice de manera constante en intervalos de tiempos regularizados.

Tras examinar la situación actual de la línea de ensamblaje, se llevó a cabo el rediseño de esta, y se empleará el balance de línea con el fin de determinar el número

óptimo de estaciones. El propósito es minimizar los desplazamientos y el tiempo de ensamblaje.

**Tabla 3.3**

*Cálculo del número mínimo de estaciones*

Indicador	Valor
Tiempo de producción disponible (seg/día)	28800
Meta de producción diaria (und)	14
Takt time (tiempo de ciclo teórico) (seg/und)	2057,14
Tiempo total de todas las actividades (seg)	2916,60

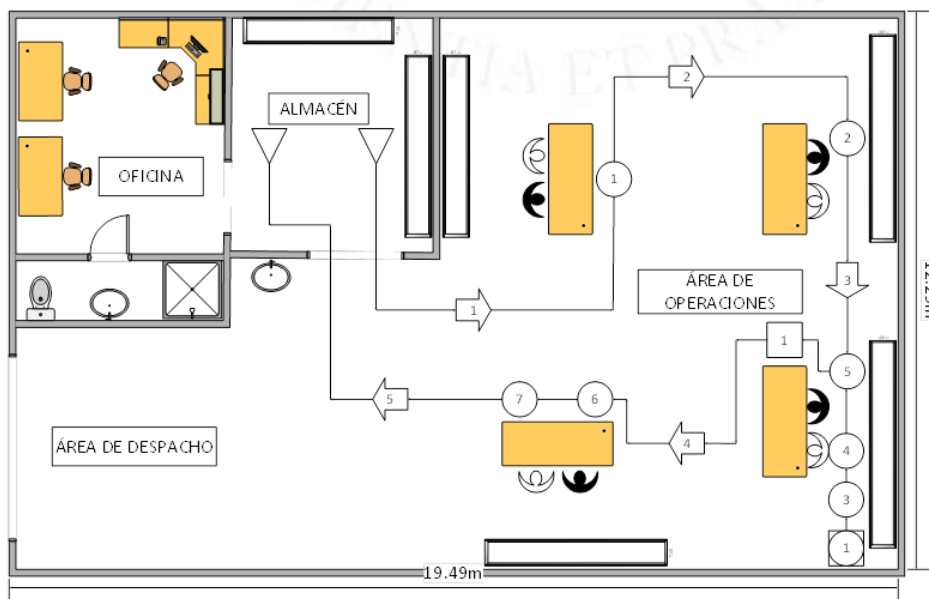
Se emplearán los datos de la Tabla 3.3 para llevar a cabo el cálculo del número mínimo de estaciones. Inicialmente, se requiere establecer el tiempo de ciclo teórico, el cual se obtiene dividiendo el tiempo de producción disponible (28800 segundos) entre la meta de producción diaria (14 unidades), dando como resultado 2057,14 segundos.

Posteriormente, para determinar el número de estaciones, se divide la suma de todas las actividades (2916,6 segundos) entre el tiempo de ciclo teórico (2057,14 segundos), arrojando un valor de 1,42 que se redondea al entero más próximo, indicando la necesidad de un mínimo de 2 estaciones.

Finalmente, se procede a asignar las actividades a las estaciones con el objetivo de que los operarios puedan llevar a cabo sus tareas de manera ordenada y correcta.

**Figura 3.4**

*Diagrama de recorrido mejorado*



**Figura 3.5**

*Diagrama de actividad de proceso (DAP) - Mejorado*

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO (DAP)			
RESUMEN	#	D (m)	T(min)
Operación	8		32
Inspección	1		10
Transporte	5	5	
Demora	0		0
Almacenaje	2		

N°	DESCRIPCIÓN	●	■	➔	◐	▼	Dist. (m)	Tiempo (minutos)	Observación
1	Almacenado de componentes y materiales					●			
2	Traslado al área de armado					●	1		
3	Armado de los gabinetes	●						7.5	
4	Traslado al área de instalación					●	1		
5	Instalado de los componentes electrónicos	●						3.5	
6	Traslado al área de cableado					●	1		
7	Cortado de cables	●						4	
8	Injertado de terminales conectores	●						3	
9	Rotulado de cables	●						1	
10	Cableado de los componente electrónicos	●						8	
11	Verificación de conexiones					●		10	
12	Traslado al área de embalado					●	1		
13	Tapado de los gabinetes	●						3	
14	Embalado de los gabinetes de rectificador	●						2	
15	Traslado al almacén					●	1		
16	Almacenado de producto terminado					●			
TOTAL		8	1	5	0	2			

Al obtener los datos de los tiempos de la propuesta al rediseñar la línea de ensamble, es posible realizar un análisis de la productividad frente a las herramientas utilizadas en el área y cómo se vio afectada durante las operaciones en la empresa en la producción diaria de los rectificadores.

**Tabla 3.4**

*Resumen de la mejora de tiempos y productividad de las actividades de ensamble*

Actividades	Actual		Mejora		Ahorro de tiempo
	Cantidad	Segundos	Cantidad	Segundos	
<b>Operaciones</b>	8	2460	8	1920	21,95%
<b>Demoras</b>	2	258	0	0	100,00%
<b>Traslados</b>	3	1260	5	968	23,17%
<b>Inspecciones</b>	1	840	1	600	28,57%
<b>Distancia</b>		480		360	25,00%
<b>Tiempo de ciclo (seg)</b>		5298		3848	
<b>Tiempo de ciclo (min)</b>		<b>88,30</b>		<b>64,13</b>	<b>27,37%</b>
<b>Producción diaria (480min/TC)</b>		5		7	
<b>Capacidad de línea</b>		14		14	
<b>Productividad</b>		<b>35,71%</b>		<b>50,00%</b>	

En base a los resultados, se procedió a realizar un análisis de costo-beneficio para evaluar la viabilidad de la propuesta de mejora. Los costos se consideraron como las horas



implementadas por la capacitación del personal para estandarizar las actividades por parte de los operarios, los días en los que se realizó la redistribución del área de trabajo (almacén, oficina y área de operaciones), la adquisición de equipos y herramientas para complementar el área de trabajo y el tiempo en el cual se realizó el estudio del caso.

**Tabla 3.5**

*Costos por mejora*

Actividades	Descripción	Monto
Capacitación de personal (Poka-Yoke)	Personal: 4 – Total horas: 16 Frecuencia: Mensual (12)	S/14,400.00
Redistribución del área de trabajo (SLP y DAP)	Personal: 4 – Total horas: 96	S/1,200.00
SLP		S/840.00
DAP		S/360.00
Toma de datos (VSM y Árbol de problemas)	Estudio del área de trabajo	S/2,000.00
VSM		S/1,200.00
Árbol de problemas		S/800.00
Compra de materiales (SLP)	Herramientas y materiales	S/10,000.00
	<b>TOTAL</b>	<b>S/27,600.00</b>

Los beneficios se calcularon como el incremento de capacidad de producción, por el precio de venta unitario del producto, para anualizarlo y poder calcular la utilidad que se obtiene por la venta de estos.

**Tabla 3.6**

*Beneficios de mejora*

Actividades	Descripción	Monto
Incremento de ingresos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento de producto al año: 408 unidades</li> <li>• Precio unitario: S/ 3500.00</li> <li>• Margen de utilidad: 15%</li> </ul>	S/ 214,200.00

En base a los montos obtenidos, se procedió a calcular el análisis costo-beneficio:

**Tabla 3.7***Análisis costo- beneficio (C/B)*

<b>Descripción</b>	<b>Monto</b>
Inversión total (C)	S/ 27,600.00
Beneficio total (B)	S/ 214,200.00
<b>B/C</b>	<b>7.76</b>

En base al análisis calculado, se puede interpretar que la relación entre la inversión y el beneficio es muy positivo dado a que es ampliamente mayor a 1. Este es debido a que la inversión no ha requerido de adquirir activos de grandes montos o que se deba realizar ciertas compras mensualmente, salvo la capacitación que se debe dar todos los meses. Mientras que el beneficio muestra ser sumamente viable para la empresa.

#### **4. DISCUSION**

Con el objetivo de mejorar los tiempos y la productividad operativa del proceso de ensamble de equipos eléctricos, los resultados reflejaron la elaboración de un producto en promedio de 64,13 minutos, lo que representa un ahorro de tiempo de 27,37% y un incremento de la productividad en un 14,29% respecto de la situación inicial, llegando a una capacidad operativa del 50% en el área de ensamble. Esto quiere decir que la implementación de un rediseño de la línea de ensamble, utilizando las herramientas Poka-Yoke, Just in Time, SLP y VSM permitió reducir los tiempos de espera, el desabastecimiento, movimientos innecesarios, sobre costos por compra de materiales e incrementar la capacidad de producción. Ordenar y clasificar los materiales esenciales en las estaciones posibilitó la aplicación de uno de los fundamentos clave de la mejora de procesos: el flujo continuo de la pieza. Este enfoque implica mantener un control preciso de los inventarios de materiales o piezas, ejemplificado, por ejemplo, mediante la colocación de etiquetas en los cables para facilitar la identificación durante la operación de cableado.

Estos resultados mantienen similitud a lo encontrado por Salazar (2017), quien determina que la implementación de herramientas de mejora de procesos conduce a la eliminación de actividades innecesarias y se logra un aumento del 25 % en la

productividad (p. 78). De manera similar, Martínez et al. (2015) llegan a la conclusión de que el uso de herramientas como el VSM posibilita la identificación de mudas o desperdicios en procesos y rutas que no aportan valor o que deben reducirse para mejorar la eficiencia en una empresa, resultando en una disminución de los tiempos asociados a estos aspectos (p. 187-198). Los resultados obtenidos coinciden con las conclusiones de Ríos (2018), quien encontró que, al aplicar herramientas de mejora de procesos, equilibrio de línea y establecer un flujo continuo en la producción, se logró un aumento del 44,4 % en la productividad y una disminución del 24,4 % en el tiempo de producción. A partir de estas observaciones y al analizar estos resultados, se confirma que la reducción de desperdicios durante los procesos de producción se traduce en mejoras en los niveles de lead time y en la productividad general de la empresa (p. 99-104).

Conforme a la información de la Secretaría Central de ISO (2015), la normativa ISO 9001:2015 establece que una empresa tiene la responsabilidad de identificar los conocimientos esenciales para llevar a cabo sus procesos, asegurándose de mantenerlos y ponerlos a disposición según sea necesario. Estos conocimientos pueden ser adquiridos a través de la experiencia o como resultado de mejoras en los procesos. Por lo tanto, resulta crucial que en el entrenamiento de nuevos operarios en la empresa se incluyan aspectos como los tiempos de ciclo, los mapas de flujo de valor (VSM), la disposición de los materiales, y los procedimientos visuales y operativos.

Según Paredes (2018), justifica, en base a sus resultados, que una adecuada gestión y planificación de la producción van correlacionados con un crecimiento económico dentro de una organización, en su respectiva investigación fue dentro de una microempresa del sector textil. También, mencionó el tema de proponer un rediseño de los procesos de una manera más articulada. Asimismo, se debería generar una cultura dentro de todos los colaboradores para así sacar una ventaja competitiva centrada en la planificación, trabajo cooperativo y asociado para optimizar el uso de recursos y tiempo. A base de lo mencionado, se llega a confirmar que una adecuada planificación, se obtendría mejores resultados (p. 19-29).

## **5. CONCLUSIONES**

La implementación de técnicas Lean Manufacturing, Visual Stream Mapping (VSM), árbol de problemas, Systematic Layout Planning (SLP), Just in Time, Poka-Yoke y Diagrama de Operaciones en el área de ensamble en empresas del sector energía arrojaron

resultados positivos al analizar los problemas principales dentro del área de ensamble y obtener opciones para su mejora operacional. A través de la propuesta presentada en el presente artículo basándose en los objetivos, se logró una reducción de los tiempos de ciclo en un 27,37%, lo que se refleja en una mejora en la producción. Debido a la optimización de los recursos se reflejó en un incremento de la productividad en un 14,29%, obteniendo una mayor capacidad de producción diaria.

Es importante destacar que el éxito de la implementación de estas herramientas está vinculado a la participación de los trabajadores en el área de ensamble. Por ende, se debe promover la involucración constante de los operarios durante su aplicación. Asimismo, se ha identificado a través del desarrollo de este artículo que factores clave para el éxito en las empresas incluyen un liderazgo efectivo y una gestión adecuada de las herramientas, lo que requiere una supervisión continua.



## REFERENCIA

- Álvarez Newman, D. (2015). La Mejora Continua de la Calidad como doctrina empresarial para la formación de la implicación de los trabajadores. *Revista Electrónica Gestión de las Personas y Tecnología*, 8(24),5-16.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477847102001>
- Avilés, K., Rodríguez, G., & Negroni, A. (2019). Mejoramiento de capacidad y producción en un taller de ensamblaje de ventanas a través del despliegue de facilidades. *Revista Latino-Americana de Inovção e Engenharia de Produção*, 7 (12), 151-168. <http://dx.doi.org/10.5380/relainep.v7i12.70743>
- Cabarcas Reyes, J., Wilches-Arango, M., Forero Chaves, A., & Molina Sanmiguel, S. (2011). Análisis y mejoramiento de la cadena de valor de la línea de producción de láminas de una empresa del sector metalmecánico mediante la aplicación de herramientas de manufactura Lean. *Inge Cuc*, 7(1), 27–42.  
<https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/view/275>
- Doñate, E. (2019). Estandarización del área de ensamble en una empresa de transmisiones mediante el Sistema Global de Manufactura. *Jóvenes en la ciencia*. 6.  
<https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3115>
- Gijo, E.V. & Scaria, J. (2014). Process improvement through Six Sigma with Beta correction: a case study of manufacturing company. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology volume*, 71, 717–730.  
<https://doi.org/10.1007/s00170-013-5483-y>
- International Organization for Standardization. (2015). Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos (ISO 9001:2015).  
<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es>
- Martínez, P., Martínez, J., Nuño, P. & Cavazos, J. (2015). Mejora en el tiempo de atención al paciente en una unidad de urgencias mediante la aplicación de manufactura esbelta. *Revista Información tecnológica*, 26(6), 187-198.  
<https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v26n6/art19.pdf>
- Olivera, G. & Tuesta, E. (2018) Estrategia operativa basada en lean manufacturing para optimizar los procesos productivos en la elaboración de muebles en Fabricaciones Leoncito Chiclayo. *Revista Científica Epistemía*. 2(2), 13-19.  
<https://doi.org/10.26495/re.v2i2.893>
- Paredes, J. (2018). Gestión de la producción y crecimiento económico de la micro empresa de producción textil en Riobamba – Ecuador. *Quipukamayoc*. 26 (52), 19-29.  
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quipu/article/view/15282>
- Quispe, S., Humpiri, M. & Farfán, J. (2022) Metodología de trabajo Six Sigma para la mejora de las Pymes en la industria textil. *Ñawparisun Revista de Investigación*

*Científica en Ingenierías*. 3(4).83-90.  
<https://www.unaj.edu.pe/revista/index.php/vpin/article/view/207>

- Ríos, E. (2018). *Aplicación de lean manufacturing para aumentar la productividad de la línea de producción de calzado de seguridad GYW de la empresa SEGUSA SAC*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial, Universidad Nacional de Trujillo] Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Trujillo. <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/8c681b0f-05a6-477a-bb24-dfe7c9d050c6/content>
- Salazar, M. (2017). *Mejora en la productividad durante la fabricación de cabina cerrada implementando lean manufacturing en una empresa privada metalmecánica*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial y Comercial, Universidad San Ignacio de la Oyola] Repositorio institucional de la Universidad San Ignacio de la Oyola. <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/25430752-58c1-4055-ac8a-07bf73509ea6/content>
- Santoyo Telles, F., Murguía Pérez, D., López-Espinoza, A. & Santoyo Teyes, E. (2013). Comportamiento y organización. Implementación del sistema de gestión de la calidad 5 S'S. *Diversitas: Perspectivas en Psicología*, 9(2), 361-371. <http://www.scielo.org.co/pdf/dpp/v9n2/v9n2a10.pdf>
- Segovia, E., Luna, M., & Sánchez, G. (2021). Mejora continua en la operación de inserción de clips en empresa automotriz. *Revista Ciencia, Ingeniería y Desarrollo Tec Lerdo*. 1(7). 70-75. <http://revistacid.itslerdo.edu.mx/coninci2021/CID034.pdf>
- Serrano, L. & Ortiz Pimiento, N. R. (2012). Una revisión de los modelos de mejoramiento de procesos con enfoque en el rediseño. *Estudios Gerenciales*, 28(125), 13-22. <https://www.redalyc.org/pdf/212/21226279002.pdf>
- Vargas-Hernández, J., Jiménez Castillo, M. & Muratalla-Bautista, G. (2018). Sistemas de producción competitivos mediante la implementación de la herramienta Lean Manufacturing. *Ciencias Administrativas*, (11), 020. <https://doi.org/10.24215/23143738e020>
- Velásquez Contreras, A. (2003). Modelo de gestión de operaciones para pymes innovadoras. *Revista Escuela De Administración De Negocios*, (47), 66-87. <https://journal.universidadean.edu.co/index.php/Revista/article/view/234>
- Velásquez de Naime, Y., Rodríguez Monoy, C. & Guaita, W. (2012). Modelo de los factores que afectan la productividad. *XVI Congreso de Ingeniería de Organización*, pag. 847-854. Vigo. [http://adigor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2012/SP\\_02\\_Gestion\\_de\\_Operaciones\\_y\\_Produccion//847-854.pdf](http://adigor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2012/SP_02_Gestion_de_Operaciones_y_Produccion//847-854.pdf)

# PROPUESTA DE MODELO DE GESTIÓN PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE ENSAMBLE MEDIANTE LEAN MANUFACTURING EN EMPRESAS DEL SECTOR ENERGÍA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>9%</b>	<b>9%</b>	<b>2%</b>	<b>3%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>revistas.ulima.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>www.revistas.usach.cl</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>ursulasevilla.wordpress.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>red.uao.edu.co</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>1library.co</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>www.scielo.org.co</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>theibfr.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>core.ac.uk</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>