



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE
HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING
PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN
UNA EMPRESA DE PROYECTOS
TECNOLÓGICOS Y SISTEMAS DE
AUTOMATIZACIÓN, TRUJILLO, 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA INDUSTRIAL

Autoras:

Maria Fe Gomez Cardenas

Caroline Pamela De la Cruz Felipe

Asesor:

Ing. César Enrique Santos Gonzales

Trujillo - Perú

2020

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la fortaleza necesaria para luchar por mis sueños, así como su amor y bondad infinita; a mis padres, por sus palabras de aliento y su apoyo incondicional en mi etapa de formación y crecimiento como persona y profesional; a mi familia, por sus consejos y motivación durante mi etapa académica.

Maria Fe Gómez Cárdenas

A mis padres, por su apoyo incondicional y alentarme a dar siempre lo mejor de mí, pero sobre todo por su esfuerzo y dedicación para darme la oportunidad de formarme profesionalmente; a mi familia, por motivarme constantemente a cumplir mis metas y enseñarme el significado de la perseverancia; a mi fiel compañero de cuatro patas, por alegrar cada uno de mis días durante mi etapa universitaria.

Caroline Pamela De la Cruz Felipe

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Privada del Norte, institución que nos acompañó durante nuestra etapa universitaria, formándonos como profesionales competitivas, con valores humanos y ética profesional.

A nuestros docentes, por sus enseñanzas y acompañamiento en nuestro crecimiento como profesionales.

A la empresa y colaboradores por brindarnos el apoyo y confianza para desarrollar esta investigación en la organización.

A nuestro asesor Ing. César Enrique Santos Gonzales, por su orientación y tiempo que compartió con nosotras su experiencia en el desarrollo del presente estudio.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE FÓRMULAS	13
RESUMEN.....	14
ABSTRACT	15
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. Realidad problemática	16
1.2. Antecedentes.....	20
1.2.1. A nivel internacional	20
1.2.2. A nivel nacional.....	21
1.2.3. A nivel local	22
1.3. Bases teóricas.....	23
1.3.1. Lean Manufacturing	23
1.3.2. Productividad.....	25
1.3.3. Herramientas de Lean Manufacturing.....	26
1.4. Glosario de términos.....	38
1.5. Formulación del problema	39
1.6. Objetivos.....	40
1.6.1. Objetivo general	40
1.6.2. Objetivos específicos.....	40
1.7. Hipótesis	40

1.8.	Justificación	40
1.9.	Aspectos éticos	41
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA		43
2.1	Tipo de investigación.....	43
2.2.	Población y Muestra	44
2.2.1.	Población	44
2.2.2.	Muestra.....	45
2.3.	Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	45
2.3.1.	Métodos	45
2.3.2.	Técnicas e instrumentos para la recolectar y analizar datos.....	49
2.4.	Procedimientos.....	51
2.4.1.	Diagnóstico de la realidad actual.....	51
2.4.2.	Diagnóstico del área problemática	59
2.4.3.	Identificación de indicadores.....	63
2.5.	Solución de la propuesta	68
2.5.1.	Causa raíz 3: Falta de orden y limpieza en almacén principal	68
2.5.2.	Causa raíz 8: Falta de supervisión durante el proceso productivo	78
2.5.3.	Causa raíz 4: Deficiente distribución interna del taller eléctrico	83
2.5.4.	Causa raíz 5: Deficiente distribución de planta.....	94
2.5.5.	Causa raíz 5: Procedimientos de trabajo inadecuados.....	104
2.6.	Evaluación Económico-Financiera	111
2.6.1.	Inversión de herramientas.....	111
2.6.2.	Estado de resultados	114

2.6.3. Flujo de caja proyectado.....	114
2.6.4. Cálculo del VAN y TIR.....	115
CAPÍTULO III. RESULTADOS	116
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	122
4.1. Discusión	122
4.2. Conclusiones	125
REFERENCIAS	127
ANEXOS	132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	<i>Matriz de consistencia</i>	47
Tabla 2.	<i>Matriz de operacionalización de las variables de estudio</i>	48
Tabla 3.	<i>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</i>	49
Tabla 4.	<i>Instrumentos y métodos de procesamiento de datos</i>	50
Tabla 5.	<i>Componentes del Tablero de Comunicación ETHERNET</i>	54
Tabla 6.	<i>Componentes del Tablero de Arranque Directo con Temporizador Zelio</i>	55
Tabla 7.	<i>Componentes del Tablero doble con variador</i>	55
Tabla 8.	<i>Componentes de Arranque Mural con Variador</i>	55
Tabla 9.	<i>Tablero Mural de Arranque Directo Manual</i>	56
Tabla 10.	<i>Componentes del Tablero de Arranque Autosoportado con variador</i>	56
Tabla 11.	<i>Componentes del Tablero para Sistema de Alarma Nivel Básico Tipo Boya</i> ... 56	
Tabla 12.	<i>Componentes del Tablero con mando remoto</i>	57
Tabla 13.	<i>Componentes del Tablero de 4 Arranques Directo</i>	57
Tabla 14.	<i>Componentes del Tablero con Kit Solar</i>	57
Tabla 15.	<i>Principales clientes de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización</i>	58
Tabla 16.	<i>Clientes de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización</i>	58
Tabla 17.	<i>Codificación de causas raíz</i>	65
Tabla 18.	<i>Matriz de priorización</i>	65
Tabla 19.	<i>Matriz de indicadores</i>	67
Tabla 20.	<i>Herramientas de Lean Manufacturing seleccionadas</i>	68
Tabla 21.	<i>Pérdida por productos obsoletos y/o deteriorados en el almacén en el 2019</i> ..	70
Tabla 22.	<i>Reducción de productos obsoletos y/o deteriorados</i>	77

Tabla 23.	<i>Pérdida por entrega de pedidos fuera de tiempo en el 2019</i>	79
Tabla 24.	<i>Reducción de productos entregados fuera de tiempo</i>	82
Tabla 25.	<i>Cálculo de costo por movimientos por unidad</i>	84
Tabla 26.	<i>Cálculo de costo por movimientos en el 2019</i>	85
Tabla 27.	<i>Resumen de movimientos en el taller eléctrico</i>	87
Tabla 28.	<i>Tabla de relaciones</i>	87
Tabla 29.	<i>Tabla de criterios</i>	88
Tabla 30.	<i>TCR Taller eléctrico</i>	89
Tabla 31.	<i>Nuevo orden de áreas del taller eléctrico</i>	89
Tabla 32.	<i>Tabla de líneas</i>	90
Tabla 33.	<i>Necesidades de espacio del taller eléctrico</i>	91
Tabla 34.	<i>Reducción de tiempos por movimientos innecesarios</i>	94
Tabla 35.	<i>Cálculo de costo por desplazamientos por unidad</i>	95
Tabla 36.	<i>Cálculo de costo por desplazamientos en el 2019</i>	96
Tabla 37.	<i>Resumen de desplazamientos en la planta industrial</i>	97
Tabla 38.	<i>TCR Planta industrial</i>	99
Tabla 39.	<i>Nuevo orden de áreas en la planta industrial</i>	100
Tabla 40.	<i>Necesidades de espacio para almacén principal</i>	101
Tabla 41.	<i>Reducción de tiempos por traslados internos</i>	104
Tabla 42.	<i>Pérdida en horas extras por reprocesos</i>	105
Tabla 43.	<i>Resultados después de la Implementación</i>	107
Tabla 44.	<i>Costos por reprocesos antes y después de la mejora</i>	111
Tabla 45.	<i>Inversión para implementación 5S</i>	111
Tabla 46.	<i>Inversión implementación Kanban</i>	112
Tabla 47.	<i>Inversión implementación SLP - Taller eléctrico</i>	112

Tabla 48. <i>Inversión implementación SLP - Planta industrial</i>	113
Tabla 49. Estado de resultados	114
Tabla 50. Flujo de caja mensual proyectado	114
Tabla 51. Cálculo de VAN y TIR.....	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Top países automatizados	17
Figura 2. Demanda industria maquinaria y automatización industrial COVID 2019	18
Figura 3. Ejemplo de Diagrama de Ishikawa	27
Figura 4. Pequeño taller organizado	28
Figura 5. Ejemplo de tarjeta roja	29
Figura 6. Aplicación segunda S	30
Figura 7. Control visual	31
Figura 8. Descripción de Ciclo PDCA	34
Figura 9. Coeficientes para la superficie de evolución.....	38
Figura 10. Diseño de contrastación	43
Figura 11. Flujograma del diseño general	45
Figura 12. Organigrama de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización.....	52
Figura 13. Mapa General de Procesos de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización.....	52
Figura 14. Cadena de Valor de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización.....	53
Figura 15. Análisis FODA de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización.....	53
Figura 16. Plano original de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización.....	54
Figura 17. DAP Construcción de Tablero eléctrico	62
Figura 18. Diagrama de Ishikawa de la empresa.....	64
Figura 19. Diagrama de Pareto	66

Figura 20. Disposición de anaqueles en el almacén principal.....	69
Figura 21. Material en el piso.....	69
Figura 22. Componentes en el piso.....	69
Figura 23. Tarjeta Verde.....	72
Figura 24. Tarjeta Amarilla.....	72
Figura 25. Tarjeta Roja.....	72
Figura 26. Codificación de colores.....	73
Figura 27. Tarjeta para rotulado.....	74
Figura 28. Tarjeta Kanban proceso ensamble.....	80
Figura 29. Tarjeta Kanban proceso de soldadura.....	80
Figura 30. Tarjeta Kanban proceso eléctrico.....	80
Figura 31. Tablero Kanban.....	81
Figura 32. Flujograma para la aplicación de la metodología Kanban.....	82
Figura 33. Distribución interna del taller eléctrico.....	84
Figura 34. Distribución interna de taller eléctrico a escala.....	86
Figura 35. Zonificación del taller eléctrico.....	86
Figura 36. Diagrama de relaciones del taller eléctrico.....	88
Figura 37. Diagrama de líneas del taller de ensamble.....	90
Figura 38. TCR Corelap 1.0 - Taller eléctrico.....	92
Figura 39. Layout Corelap 1.0 - Taller eléctrico.....	92
Figura 40. Zonificación mejorada del taller eléctrico.....	93
Figura 41. Distribución interna mejorada del taller eléctrico.....	93
Figura 42. Distribución de la planta industrial.....	95
Figura 43. Distribución de la planta industrial a escala.....	97
Figura 44. Desplazamientos en la planta industrial a escala.....	98

Figura 45. Diagrama de relaciones de la planta industrial	99
Figura 46. Diagrama de líneas de la planta de producción.....	100
Figura 47. TCR Corelap 1.0 - Planta industrial.....	102
Figura 48. Layout Corelap 1.0 – Planta industrial.....	102
Figura 49. Distribución mejorada de la planta industrial	103
Figura 50. Programa de capacitación para PHVA.....	110
Figura 51. Pérdida actual y después de la mejora causa raíz 2.....	116
Figura 52. Pérdida actual y después de la mejora causa raíz 8.....	116
Figura 53. Pérdida actual y después de la mejora causa raíz 4.....	117
Figura 54. Pérdida actual y después de la mejora causa raíz 5.....	117
Figura 55. Pérdida actual y después de la mejora causa raíz 2.....	118
Figura 56. Comparación beneficios antes y después de la mejora	118
Figura 57. Distribución y recorridos del taller eléctrico antes de la mejora.....	119
Figura 58. Distribución y recorridos del taller eléctrico después de la mejora	119
Figura 59. Distribución de la planta industrial antes de la mejora.	120
Figura 60. Distribución de la planta industrial después de la mejora.....	120
Figura 61. Comparación de la producción antes y después de la mejora	121

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Ecuación 1. Superficie Total Requerida	37
Ecuación 2. Superficie Estática	37
Ecuación 3. Superficie de Gravitación	37
Ecuación 4. Superficie de Evolución.....	38

RESUMEN

El mercado competitivo en el que se desenvuelven las industrias las obliga a evaluar sus procesos y desarrollar estrategias enfocadas en la mejora del producto, proceso productivo y servicio al cliente. El presente trabajo de investigación tuvo por objetivo determinar en qué medida la propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing influye en la productividad en una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización, Trujillo, 2020. En tal sentido, se realizó un diagnóstico inicial a la empresa identificando como principales problemas la acumulación de elementos deteriorados en almacén, tiempos improductivos por movimientos innecesarios, pedidos entregados fuera de tiempo al cliente y reprocesos por procedimientos de trabajo inadecuados. La propuesta consistió en el desarrollo de las herramientas de Lean Manufacturing: 5S, Kanban, Systematic Layout Planning y PDCA. Se obtuvo como resultado la mejora de la productividad en un 24.99% y un beneficio económico esperado de S/66,112.52 al año. Asimismo, se realizó el análisis financiero de la propuesta, obteniendo un VAN de S/12,786.22, un TIR de 50%, un PRI de 8 meses y una relación B/C de 2.71, lo que indicó la viabilidad del proyecto.

Palabras clave: Lean Manufacturing, Productividad

ABSTRACT

The competitive market in which industries operate forces them to evaluate their processes and develop strategies focused on improving the product, production process and customer service. The objective of this research work was to determine to what extent the proposed implementation of Lean Manufacturing tools increases productivity in a company of technological projects and automation systems, Trujillo, 2020. In this sense, an initial diagnosis of the company was carried out, identifying as main problems the accumulation of deteriorated elements in the warehouse, unproductive times due to unnecessary movements, orders delivered out of time to the client and reprocesses due to inadequate work procedures. The proposal consisted of the development of Lean Manufacturing tools: 5S, Kanban, Systematic Layout Planning and PDCA. As a result, productivity was improved by 24.99% and an expected economic benefit of S/66,112.52 per year was obtained. The financial analysis of the proposal was also carried out, obtaining an NPV of S/12,786.22, an IRR of 50%, an IRR of 8 months and a B/C ratio of 2.71, which indicated the feasibility of the project.

Key words: Lean Manufacturing, Productivity.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El mundo se encuentra atravesando la era de la Industria 4.0, en la cual las empresas de diversos rubros económicos, resaltando los de manufactura y agricultura, están en busca de automatizar sus procesos productivos para mejorar indicadores como la reducción de la tasa de errores y el aumento de la tasa de producción, de tal manera que logren incrementar su productividad (Fortuño, 2017). En este contexto, también se ha visto en aumento el número de empresas especializadas que ofrecen soluciones de automatización y eléctrica, las cuales están dispuestas a atender la alta demanda del mercado.

A nivel internacional, uno de los principales sectores de la manufactura avanzada en Estados Unidos es el sector de automatización industrial, este incluye el desarrollo de equipos eléctricos, robótica y automatización. Algunas de las empresas que destacan en este rubro son: Siemens, Yaskawa Electric, Yokogawa Electric, Omron Corp y Rockwell Automation. Además, se espera que el crecimiento de la industria de la automatización se mantenga debido a la fusión de los procesos productivos con las nuevas tecnologías digitales, incluso se prevé que en 10 años la automatización sea “inteligente y adaptativa” de manera que los modelos de producción se transformarán completamente (Castillo, 2017).

Asimismo, de acuerdo con el estudio realizado por la International Federation of Robotics en 2019, la cifra de robots instalados en puestos de trabajo ha ido incrementándose con el paso de los años, alcanzando un récord mundial de 113 unidades por cada 10,000 empleados (Ver Figura 1).

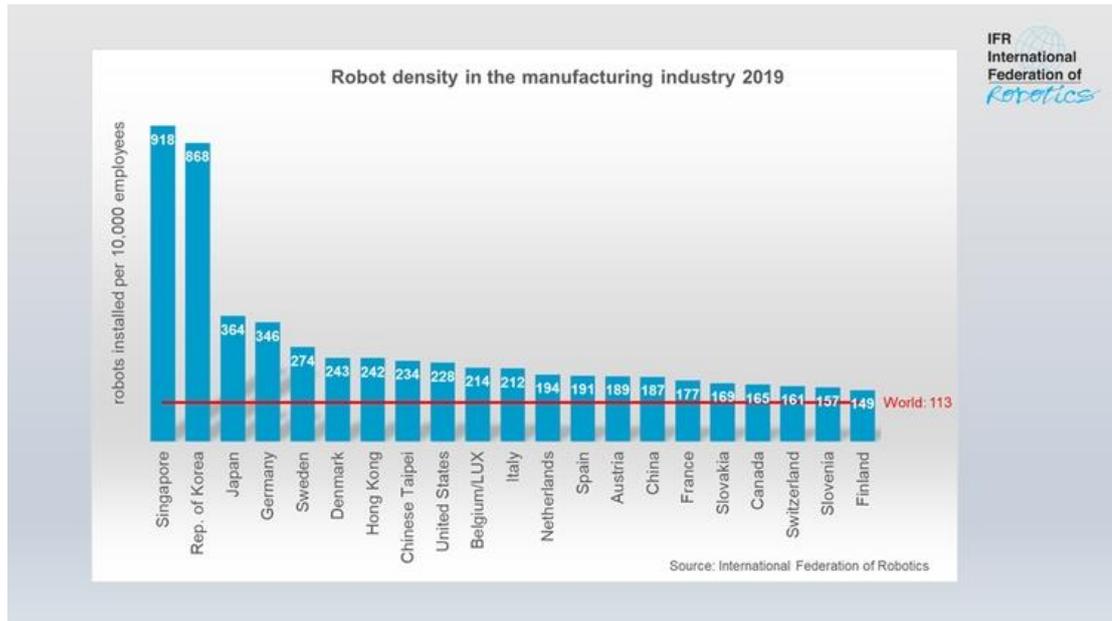


Figura 1. Top países automatizados

Fuente: (International Federation of Robotics, 2019)

Asimismo, las empresas españolas del rubro de la ingeniería se han posicionado entre las mejores del mundo, tal es el caso de Project Open Business Solutions S.L. que ha llegado a ser considerada a nivel mundial como una empresa líder en el sector de la automatización industrial. Incluso se ha proyectado que, en España este sector llegue a recaudar mil millones de euros en 2022, considerando una tasa de crecimiento compuesto anual del 11.7 % (Michael Page, 2017).

En 2020, Becker, Distel, Freund y Herring analizaron la situación de las empresas de maquinaria y automatización industrial en un entorno de la pandemia de Covid-19, para lo cual señalan un estudio realizado por la Mechanical Engineering Industry Association en donde identificaron que hasta el 77% de las empresas encuestadas han disminuido su demanda (Ver Figura 2). Esta situación se debe a que las empresas de automatización atienden a industrias de diversos rubros, y mientras estas no se recuperen económicamente no solicitarán sus servicios, lo que conllevaría a que las empresas de

automatización establezcan múltiples escenarios en base a la variación de su demanda e ingresos, para que puedan prever y definir estrategias acertadas para el futuro.

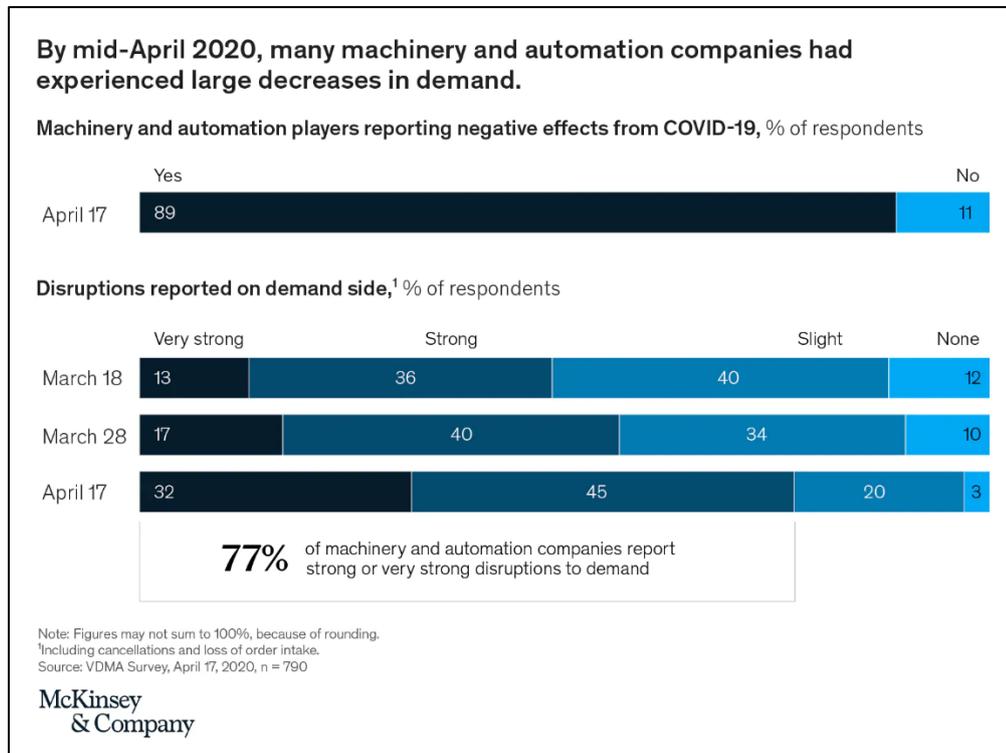


Figura 2. Demanda industria maquinaria y automatización industrial COVID 2019

Fuente: (Becker, Distel, Freund y Herring, 2020)

En el entorno nacional, un representante de la empresa Siemens Perú indicó que las necesidades más urgentes en el país con respecto a la automatización de las industrias están relacionadas a la digitalización, la intercomunicación inalámbrica de los procesos y el manejo de sistemas icloud, poniendo énfasis en la unificación de estas tecnologías porque permitiría que las industrias aumenten su productividad y ahorren por lo menos 30% en tiempos (Sociedad Nacional de Industrias, 2016). Del mismo modo, el Gerente General de ABB en Perú explicó sobre la tendencia de las industrias a automatizar sus procesos para poder adecuarlos en función de la demanda, inclusive mencionó la importancia de diversificar el rubro de su empresa e incluir el internet de las cosas en su

lista de servicios, para que puedan brindar soluciones integrales de automatización (Gestión. 2017).

A nivel local, en La Libertad uno de los sectores con mayor necesidad de automatizar sus procesos es el agroindustrial, por eso el Gerente de planta de la Corporación Industrial del Norte (Corinor) indicó que, al automatizar la producción de conservas de espárragos, se podría obtener hasta 53 atados por minuto, una amplia diferencia comparando con los 110 atados que realiza un operario en una hora. La automatización de los procesos agroindustriales comprendería el uso de tecnología óptica que permite verificar la calidad de los insumos y del producto final, así como también ayudaría a solucionar problemáticas como el déficit de mano de obra o el incremento en el pago por destajo (Cámara de Comercio de La Libertad, 2018).

La globalización y los constantes cambios tecnológicos han ocasionado un escenario de incertidumbre para las organizaciones, por lo que se ven en la necesidad de implementar herramientas y/o técnicas que les permitan mejorar su proceso productivo para competir y atender eficientemente los requerimientos de los clientes con productos de alta calidad.

La presente investigación se desarrolló en una empresa especialista en desarrollar proyectos tecnológicos y sistemas de automatización para empresas principalmente del rubro agroindustrial, teniendo como clientes a reconocidas empresas de la región. Además, utiliza componentes de marcas de clase mundial como Galcon - Computerized Control Systems y Schneider Electric.

La empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización presenta una baja productividad estimada en 24.12%, siendo las principales causas los reprocesos en la producción, los movimientos innecesarios, las demoras por traslados internos, las paradas de operaciones del área de producción, las entregas de pedido incompletas y/o

fuera de tiempo al cliente, los errores repetitivos y el desperdicio de material. Por tal motivo, se desarrolló la presente investigación con el objetivo de incrementar la productividad en las áreas de logística y producción en la empresa estudiada, a través del diseño de una propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing.

1.2. Antecedentes

Se identificó estudios en los que se ha propuesto o se ha llevado a cabo la implementación de herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la productividad de empresas del rubro manufacturero. Para la presente investigación se tomó como referencia antecedentes internacionales, nacionales y locales.

1.2.1. A nivel internacional

Medina y Rodríguez (2021), "Propuesta para la implementación de la filosofía Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la empresa Tejidos Lany sede Bogotá", Universitaria Agustiniense - Colombia, tuvo como objetivo aumentar la productividad de la empresa en estudio mediante una propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing. Se desarrolló el VSM como herramienta de diagnóstico inicial, para luego proponer la implementación de las herramientas 5S, Kaizen y Estandarización del Trabajo. Los resultados reportados indican que al implementar la propuesta se podrían reducir los costos de producción, aumentar la capacidad de producción e incrementar la productividad en un 22%.

Alarcón (2021), "Mejoramiento de la productividad empleando Manufactura Esbelta en la línea de fabricación de carrocerías", Universidad Técnica de Ambato - Ecuador, se propuso la aplicación de herramientas de Manufactura Esbelta iniciando con el estudio de tiempos y movimientos, lo que permitió que el tiempo de producción se redujera en 21.22%; asimismo, mediante la herramienta VSM se determinó que existían movimientos innecesarios, por lo que se propuso la implementación de las 5S.

Los principales resultados indicaron que la propuesta evidencia una disminución de tiempos de producción y el aumento de la productividad.

Santos, Soares, Uchoa y Loiola da Cruz (2019), “Impactos operativos de la manufactura esbelta: el caso de una industria de bienes de consumo”, Universidad Estatal Paulista, tuvo como objetivo el incremento de la productividad de la organización a través de la identificación de causas raíz de los problemas y la implementación de la metodología 5S, TPM, Kanban, SMED, SOP, VSM, tomando el análisis del flujo de materiales e información actual. Los resultados determinaron que se mejoraron los indicadores de desperdicios y costos, generando un aumento de 27.9% en la productividad de la empresa.

1.2.2. A nivel nacional

Cardenas (2019), “Propuesta de mejora mediante las herramientas de Lean Manufacturing aplicadas a la línea de transformación de intercambiadores de calor de una empresa manufacturera”, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa - Perú, analizó una muestra de 20 unidades de transformación de radiadores en un periodo de tres meses según su tiempo de recepción, desmontaje inicial, lavado, corte, fabricación de parrillas, soldado, montaje, pintado, preparación y montaje de tubos, presurizado de radiador, embalado y carguío de componente. Las herramientas propuestas fueron 5S, Control visual, Kaizen, TPM y VSM. Se concluyó que se puede incrementar la productividad y la tasa de producción en 18% al eliminar tiempos muertos.

Chilón, Esquivel y Estela (2017), “Implementación de las 5s para incrementar la productividad en una planta embotelladora de agua”, Universidad César Vallejo – Perú, cuyo principal objetivo fue incrementar la productividad de la línea 1 puesto que no se contaba con un proceso estandarizado para su organización y limpieza; asimismo, los trabajadores no tenían conocimiento de esta metodología por lo que existía gran número

de materiales innecesarios dentro de las instalaciones, impidiendo la optimización del proceso productivo. El estudio realizado concluyó que la implementación de la metodología 5s incrementó la productividad de la línea en un 29%.

Merlo y Ojeda (2017), “Propuesta de Implementación de las herramientas Lean Manufacturing en la producción de pastas gourmet en la empresa Maquila Agro Industrial Import & Export S.A.C. para mejorar su productividad”, Universidad Privada del Norte – Cajamarca, tuvo como objetivo mejorar la productividad de la empresa en estudio a través del desarrollo de una propuesta de implementación de las herramientas de Lean Manufacturing: 5S, Jidoka, Poka Yoque, control visual y rediseño de Layout. Como resultado obtuvieron el aumento de la productividad de 82.14% a 86.75%, con un beneficio monetario de S/.147,673.09.

Mau, Ramos, Llontop y Raymundo (2019), “Modelo de gestión de producción lean manufacturing para incrementar la eficiencia del proceso productivo de una empresa MYPE del sector químico”, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas – Lima, tuvo como objetivo optimizar el uso de los recursos y el establecimiento de estándares de rendimiento. Las herramientas usadas fueron 5S, Estudio de trabajo y PDCA. Como resultado se obtuvo la reducción de los reprocesos en un 60% y de los tiempos muertos en un 15%, así como la mejora de la productividad de mano de obra.

1.2.3. A nivel local

López (2020), “Aplicación del Lean Management para mejorar la productividad del taller de carrocería y pintura en la empresa Autonort Trujillo S.A.C.”, Universidad Nacional de Trujillo - Perú, tuvo como objetivo implementar la metodología Lean Management para mejorar la productividad del taller de carrocería y pintura de la empresa. En la etapa inicial, se revisó los indicadores de productividad anteriores al estudio, además del BPUS y el uso del Toyota Business Practice. En base a un análisis

se determinó que las herramientas Poka Yoke, Kanban, Jidoka y estandarización de procesos, serían las más adecuadas para la propuesta de mejora. Se concluyó que, con la implementación de la propuesta se puede incrementar la productividad en un 10%.

1.3. Bases teóricas

1.3.1. Lean Manufacturing

Lean Manufacturing es definido como un conjunto de herramientas que permiten identificar y eliminar desperdicios, mejorando la calidad del producto o servicio, reduciendo tiempos y costos de producción (González, 2007). Las principales técnicas y herramientas incluidas en esta metodología son: 5S, Single-Minute Exchange of Die (SMED), Total Productive Maintenance (TPM), Value Stream Map (VSM), Kanban, Heijunka, Jidoka y Just-in-time, las cuales permiten el incremento de la competitividad, descartando todas aquellas actividades que no agregan valor al producto final a manera de sobreproducción, esperas, movimientos innecesarios y subutilización de la mano de obra (Tejeda, 2011).

La creación de la metodología Lean Manufacturing se remonta al año 1894 por Sakichi Toyoda, quien fue el inventor del telar automático el cual detenía la producción automáticamente ante una falla del proceso, dando origen a la primera herramienta del Lean Manufacturing denominada Jidoka. Por otro lado, en 1930 Sakichi y Kiichiro Toyoda fundaron Toyota Motor Company, donde se generó e implantó metodologías innovadoras como Just-In-Time y Kanban, para mejorar el proceso productivo (Villaseñor, 2007).

Son tres los pilares de la metodología Lean Manufacturing, el primer pilar es Kaizen, cuyo significado es “cambio para mejorar” e implica promover una cultura de cambio en la que todos los trabajadores apliquen pequeñas acciones que contribuyan a la mejora continua de los procesos; el segundo pilar es Control Total de la Calidad, este

factor se encuentra vinculado con las funciones de la empresa e incluye en el proceso de control de calidad a todos los departamentos de la empresa, reduciendo los costos de producción y defectos en el producto terminado; el tercer pilar es Just-in-Time, cuyo objetivo principal es la eliminación del despilfarro, considerando que a través de esta técnica se busca producir los artículos en las cantidades y tiempo preciso (Rajadell & Sánchez, 2010).

Se conoce que la metodología Lean Manufacturing busca la eliminación de desperdicios y actividades que no generan valor, para lo cual existe la denominación de “Las tres M”. La primera es la Muda, que es aquella actividad que consume recursos sin dar valor al cliente; la segunda es Mura, que es cuando se produce en mayor cantidad a la que se demanda; y la tercera es Muri, que ocurre cuando se sobrecargan a operarios y/o maquinaria superando su capacidad (González, 2007).

También existen siete desperdicios en la industria, los que están definidos como: sobreproducción, producir antes de que el cliente lo solicite; espera, cuando los operadores desperdician tiempo observando a las máquinas trabajar; transporte innecesario, realizando movimientos que no añaden valor al producto final; sobreproceso, originando procesos innecesarios por no tomar en cuenta los requerimientos de los consumidores; inventarios, teniendo exceso de materia prima, producto en proceso o producto terminado; movimientos innecesarios, ejecutados por el personal durante el desarrollo de sus actividades; productos defectuosos o retrabajos, que se generan al fabricar partes defectuosas que implican tiempo y costos de reparación (Villaseñor, 2007). Es importante mencionar que en los últimos años se ha incorporado un nuevo desperdicio, el cual está relacionado al aprovechamiento del talento humano del que dispone la empresa, este desperdicio se detecta por no utilizar integralmente la capacidad intelectual, la creatividad y todo el potencial de los colaboradores, siendo un

factor que afecta negativamente a la productividad y la capacidad de resolución de problemas de la empresa (Tapia, Escobedo, Barrón, Martínez, & Estebané, 2017).

1.3.2. Productividad

La productividad se define como el aprovechamiento óptimo de los recursos en la producción de bienes y servicios: “producir más con menos”. La productividad es considerada un instrumento que permite la comparación de la producción, vinculándose directamente a la calidad, crecimiento económico y calidad de vida (Prokopenko, 1989). En tal sentido, existen diversas maneras de expresar la productividad, como: productividad parcial, que relaciona el total de productos fabricados y uno de los recursos empleados; productividad total, resultado de la relación de la producción total y los recursos totales empleados; productividad física, tomando en cuenta la cantidad física de la salida y la entrada para producirla; productividad valorizada, donde la salida está representada en términos monetarios; productividad promedio, marginal, bruta y neta (Carro, 2012).

En el año de 1990, durante el Congreso Internacional de la calidad total, se destaca la importancia de instaurar la productividad en las organizaciones para sobrellevar las situaciones cambiantes y se establece que el camino idóneo para alcanzar la productividad es el logro de la calidad total (Rodríguez, 1999).

A partir de los noventa se presentan cuatro criterios que permiten precisar los términos de la productividad; por un lado, se incorpora a la eficacia como concepto clave para el logro de los objetivos deseados; asimismo, se debe asegurar que la productividad tenga efectos positivos en el cliente al mejorar la calidad de los productos y servicios; por otro lado, se determina que es importante priorizar el desarrollo de los trabajadores para elevar la productividad en la organización; así como, considerar la responsabilidad social de la empresa como parte de la productividad (Rodríguez, 1999).

Se puede precisar que la implementación de Lean Manufacturing influiría en la mejora de la productividad de las industrias porque se enfoca en eliminar los desperdicios (todo aquello que no añade valor al proceso productivo), aunque siempre manteniendo la calidad en el producto final.

1.3.3. Herramientas de Lean Manufacturing

A. Diagrama de Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa o conocido también como Diagrama de causa-efecto es una herramienta que permite organizar y jerarquizar los problemas identificados en una organización, con el objetivo de que se puedan tomar mejores decisiones en base a estrategias que busquen solucionar directamente las causas de los problemas (Zapata, Villegas & Arango, 2006).

El creador del Diagrama de causa-efecto o de espina de pescado fue Kaoru Ishikawa en 1943 (Schwarz, 2018), esta herramienta ha perdurado en el tiempo por ser de fácil uso y con una gran implicancia en el proceso de mejora de las empresas (Ver Figura 3).

Para desarrollar esta herramienta, el primer paso es identificar el efecto o problema principal, para luego elaborar un listado con las causas que puedan estar relacionadas al efecto principal. Luego, las causas son jerarquizadas en el Diagrama de Ishikawa, ya que pueden identificarse las causas secundarias de las causas principales y así sucesivamente, de manera que el diagrama con forma de espina de pescado se irá ramificando cada vez más (Zapata, Villegas & Arango, 2006).

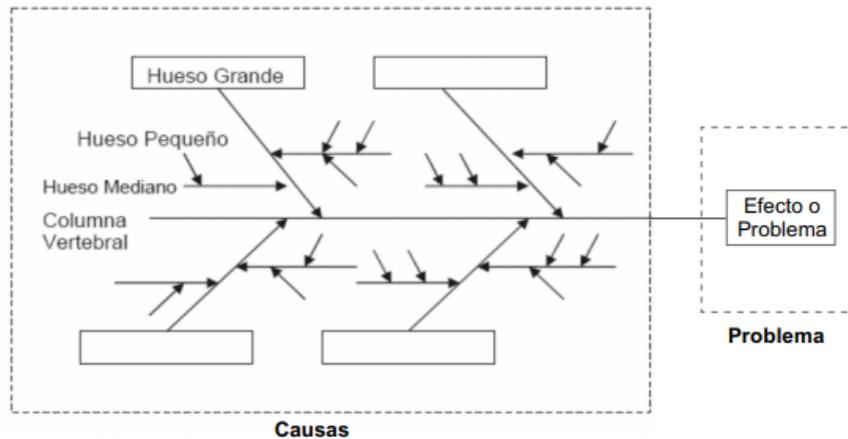


Figura 3. Ejemplo de Diagrama de Ishikawa

Fuente: (Zapata, Villegas & Arango, 2006)

B. Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto es una herramienta que sirve para detectar los problemas con mayor relevancia, ya que se basa en la consigna de los “pocos vitales, muchos triviales”, lo que se interpreta en un sentido en el que pueden existir muchos problemas con poca implicancia, frente a unos pocos problemas que tienen una gran importancia en un efecto determinado (Sales, 2013). Por lo último mencionado, se utiliza la regla del 80-20, esta hace referencia a que el 20% de los problemas analizados son la causa del 80% restante; es decir, que al diseñar las estrategias de las empresas se enfoquen en el 20% de los causales más importantes (Nemur, 2016).

Esta herramienta fue creada por Vilfredo Pareto en 1896, implantando la regla del 80-20 que ha perdurado hasta la actualidad como una estrategia efectiva para la administración de empresas (Schwarz, 2018).

C. Metodología 5S

Una de las herramientas de Lean Manufacturing más usadas es la metodología 5S, su denominación proviene de la terminología japonesa que hace referencia a mantener las áreas de trabajo limpias y organizadas, estas son: “Seiri”, “Seiton”, “Seiso”, “Seiketsu”, “Shitsuke” (González, 2007).

Proceso de las 5S

- SEIRI: organizar y seleccionar

Consiste en la organización y separación de lo que sirve y no (Ver Figura 4); se establecen normas para trabajar en los equipos/máquinas sin sobresaltos, elaborando planes que permitan la estabilidad del progreso alcanzado y mejora continua (Rey, 2005).

Al implementar la primera de las 5S lo que se busca es eliminar del espacio de trabajo todos los elementos innecesarios para evitar la generación de desperdicios como, por ejemplo, la pérdida de tiempo productivo (Rajadell & Sánchez; 2010).



Figura 4. Pequeño taller organizado

Fuente: (Rey, 2005)

Es común que para esta etapa se empiece con la implementación de la estrategia de las tarjetas rojas; es decir, se diseña un formato de tarjeta roja que servirá para mantener alerta al equipo y por las cuales sabrán identificar entre los elementos necesarios y los que no lo son (Ver Figura 5). Para establecer esta herramienta es necesario que los trabajadores estén informados sobre los criterios de selección entre lo

necesario e innecesario; además, se considera el establecimiento de las metas de las tarjetas las cuales están principalmente enfocadas en los inventarios, equipos y espacios físicos. Finalmente, se evalúan los elementos que han sido marcados con la tarjeta para determinar su disposición final (Arrieta, 1999).

TARJETA ROJA		
CATEGORÍA:	1. Materia prima 2. Inventario en proceso 3. Equipo sin uso	4. Herramientas y accesorios innecesarios 5. Producto terminado 6. Papel, equipo oficina
NOMBRE ÍTEM:		
CANTIDAD:	VALOR:	\$:
RAZONES:	1. No necesario 2. Defectuoso 3. Obsoleto 4. Inventario en exceso	5. Mal enviado 6. Destino desconocido 7. Material desecho 8. Otros
ACCIÓN A TOMAR	DEPARTAMENTO/ÁREA:	
Método disposición	1. Desechar 2. Devolver 3. Llevar a alm tarjeta roja 4. Llevar a alm aparte	DISPOSICIÓN COMPLETA: Firma
FECHA ACTUAL:	FECHA TARJETA:	
FECHA DISPOSICIÓN:		

Figura 5. Ejemplo de tarjeta roja

Fuente: (Arrieta, 1999)

- SEITON: ordenar

Se elimina lo que no sirve estableciendo normas en el orden de cada objeto para facilitar su búsqueda y acceso; además, se promueve que sean de conocimiento público de todos los colaboradores (Rey, 2005).

En esta etapa de las 5S, el orden está definido como la disposición de los elementos necesarios previamente clasificados, con la finalidad de que estén disponibles en el momento que se necesiten (Ver Figura 4). Por lo mencionado, es necesario que se rotule tanto los elementos necesarios como los lugares en donde se han dispuesto, de tal manera que los trabajadores puedan identificar rápidamente lo que necesitan usar, evitando demoras por búsquedas (Arrieta, 1999).



Figura 6. Aplicación segunda S

Fuente: (Rey, 2005)

- **SEISO: limpiar**

La tercera etapa de las 5S corresponde a la limpieza del área de trabajo y su entorno, con el principal objetivo de prevenir la generación de desperdicios como los defectos, tiempos improductivos, entre otros (Rajadell & Sánchez; 2010).

Se realiza la limpieza de los equipos y maquinarias en cada uno de los puestos de trabajo, promoviendo que cada operario tenga conocimiento de su área y el estado en el que se le entrega al momento de iniciar sus operaciones (Rey, 2005).

Al hablar de limpieza no solo se hace referencia a limpiar después de usar, sino que también se busca evitar que se genere la acumulación de suciedad, para lo cual se requiere del compromiso diario de los trabajadores. Incluso, a pesar de que haya personal designado específicamente para las labores de limpieza, los operarios tienen la responsabilidad de mantener limpios los espacios, las máquinas, equipos y herramientas para su buen funcionamiento, como también para garantizar la calidad del producto final (Arrieta, 1999).

- **SEIKETSU: estandarizar**

Se establecen controles para la estandarización de la limpieza y controles visuales (Ver Figura 7) para diferenciar una situación normal de otra anormal (Rey, 2005).

Esta etapa incluye tres pasos que son derivados de las tres “S” implementadas anteriormente los cuales son: aprendizaje, mediante el proceso repetitivo de las acciones de separar, ordenar y limpiar, los colaboradores logran comprender la importancia de mantener el espacio organizado para el logro de los objetivos propuestos; mejora continua, para lo cual los trabajadores ya saben la respuesta a las preguntas de “¿por qué se hace así?” y “¿cómo mejorar?”; por último está la teoría del cambio, los trabajadores logran realizar las actividades de 5S por propia iniciativa, logrando su compromiso total con la implementación (Dorbessan, 2006).

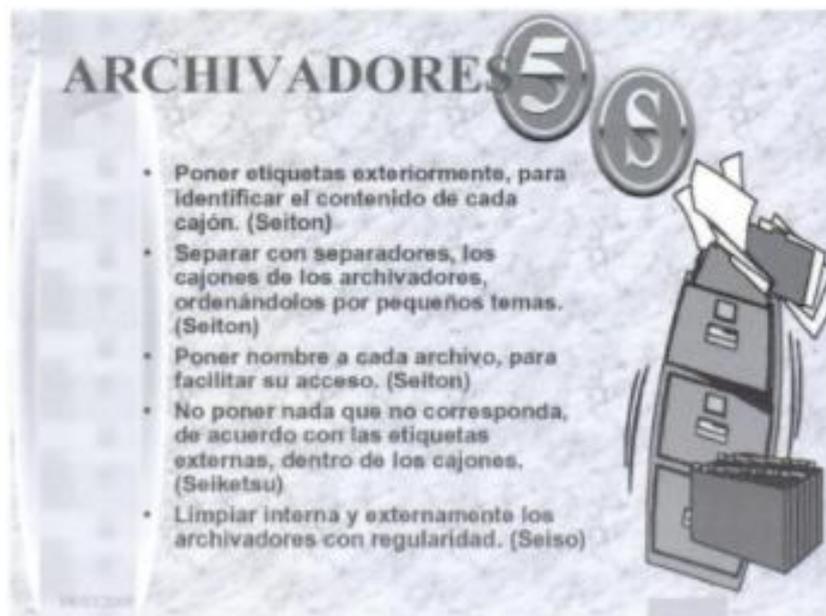


Figura 7. Control visual

Fuente: (Rey, 2005)

- **SHITSUKE: mantener**

Se elaboran y aplican hojas de control para conocer el estado de las actividades realizadas y mejorar los estándares (Rey, 2005).

En esta etapa se considera la autodisciplina como el principal factor para mantener los principios de las 5S al haber sido implementadas en la organización. La autodisciplina implica que los trabajadores adopten la práctica de las 5S como algo

rutinario y normal durante la jornada laboral, esto incluye el cumplimiento de: disponer de los desperdicios y basura en los depósitos establecidos, devolver a su lugar las herramientas y equipos usados, limpiar las áreas que fueron ocupadas, cumplir los estándares establecidos, respetar las normas generales y trabajo en conjunto con el equipo para detectar los incumplimientos e irregularidades que puedan afectar la sostenibilidad de la metodología implantada (Dorbessan, 2006).

Ventajas de la aplicación de las 5S

Las principales ventajas de la implementación de las 5S son:

- Involucramiento y compromiso de los trabajadores en el proceso de mejora.
- Reducción de los productos defectuosos, averías, accidentes, nivel de existencias o inventarios, movimientos y traslados, tiempo de cambio de herramientas.
- Mayor espacio, satisfacción en el área de trabajo, mejor imagen ante los clientes, cooperación, compromiso y trabajo en equipo (Rey, 2005).

D. Kanban

Kanban es una herramienta que utiliza técnicas de control visual que permiten exponer los cuellos de botella y desperdicios a través de la división del trabajo en bloques, limitando el Work-in-Process y optimizando la producción para que el Lead Time sea el menor posible (Kniberg & Skarin, 2010).

La denominación japonesa Kanban es traducida al español como “señal” o “tarjeta”, y es una herramienta por la cual se hace referencia a un sistema de señales para el control de la producción; es decir, a través del uso de estas tarjetas en físico o virtuales, se lanza el proceso para el reabastecimiento (Parra, 2013).

El sistema Kanban sigue los lineamientos del Just-in-Time, lo que quiere decir que es un sistema de producción de tipo pull; de esta manera, lo que se busca es generar las órdenes de trabajo y pedidos a los proveedores de forma que los materiales,

productos terminados y líneas de producción estén a disponibilidad justo cuando se les necesite (Cuatrecasas, 2012).

Tipos de Kanban

Existen dos tipos de tarjetas más conocidas para el sistema productivo:

- Tarjeta de Producción

Utilizada para emitir la orden de producción para un lote de productos; este sistema Kanban establece la cantidad de productos que se deberán producir en el proceso anterior.

- Tarjeta de Transporte

Utilizada para emitir la orden de retirada de una cantidad de productos terminados en un proceso y que ya están disponibles para pasar al siguiente proceso o ser almacenados; este sistema Kanban establece la cantidad de productos que se deberán enviar al siguiente proceso.

Funciones del Kanban

- Para iniciar las actividades operativas en cualquier momento.
- Establecer los lineamientos de trabajo en base a la situación del área de trabajo.
- Prevenir la sobrecarga de trabajo a las operaciones ya iniciadas.
- Evitar la burocracia.
- Evitar la sobreproducción.
- Priorizar las órdenes de producción.
- Facilitar el control de la producción, el uso de material y la mejora de los procesos (Ángeles, 2006).

E. Ciclo PDCA

El ciclo PDCA, cuyas siglas en inglés significan “Plan”, “Do”, “Check”, “Act”, conocido como ciclo de mejora continua o círculo de Deming (Ver Figura 8), en

referencia a su autor; es una metodología que describe los cuatro pasos a seguir de manera sistemática para lograr la mejora continua en las empresas (Jimeno, 2013), considerando que “cada mejora general otra posibilidad de mejora” (Trías, González, Fajardo & Flores, 2009).



Figura 8. Descripción de Ciclo PDCA

Fuente: (Jimeno, 2013)

Proceso del Ciclo PDCA

- PLANIFICAR (Plan)

Concretamente, en esta etapa se determinan las actividades que requieren ser mejoradas y se establecen los objetivos a alcanzar.

El primer paso del Ciclo de Deming requiere de la conformación de un equipo con personas comprometidas en la implementación del sistema de calidad, compilar la información histórica disponible, comprender las necesidades de los clientes, conocer todos los procesos involucrados en el sistema productivo, identificar si los procesos tienen la capacidad de cumplir las necesidades, y también, se requiere de diseñar un plan de capacitación para los trabajadores (García, Quispe & Ráez, 2003).

- HACER (Do)

Se efectúan los cambios para la implementación de la mejora propuesta, se recomienda realizar una prueba piloto para asegurar su funcionamiento.

La segunda etapa del Ciclo PDCA implica la implementación de la mejora planeada y el control de su eficacia para solucionar las causas de los problemas; también se considera la recolección de datos para la medición de indicadores (García, Quispe & Ráez, 2003).

- **CONTROLAR O VERIFICAR (Check)**

Se verifica el correcto funcionamiento de la mejora implementada en la organización; de tal modo que, si no cumple con las expectativas, se efectúen las mejoras necesarias para garantizar el cumplimiento de los objetivos.

En esta etapa se realiza el seguimiento del cumplimiento del programa y estrategias establecidas en las etapas Plan y Do; se utilizan indicadores para determinar el avance de la implementación del programa para la elaboración de los informes pertinentes (Trías et al., 2009).

- **ACTUAR (Act)**

Se deben evaluar los resultados obtenidos, si estos son satisfactorios, se implantará la mejora de forma definitiva; caso contrario, se realizan cambios para ajustarlos o si es necesario descartar la propuesta. Al finalizar el paso cuatro, se debe retornar al primer paso para analizar nuevas mejoras a implantar (Jimeno, 2013).

La última etapa del Ciclo de Deming hace referencia a la incorporación de la mejora implementada al proceso; es decir, que la gestión de la calidad sea parte de la rutina de los trabajadores. Para lo cual, todos los trabajadores de la empresa deben ser comunicados sobre la mejora implementada y cómo se debe hacer sostenible. Ya que el PDCA es un proceso cíclico, en esta etapa se comienza nuevamente con la identificación de nuevos problemas (García, Quispe & Ráez, 2003).

F. Systematic Layout Planning

El Systemic Layout Planning o SLP es un método para la distribución de planta desarrollado por Richard Muther, esta herramienta es una de las más usadas para distribuir las áreas físicas puesto que se muestra de manera completa y no solo toma en cuenta los aspectos cuantitativos que evalúa la ingeniería, sino también criterios cualitativos como: seguridad y salud ocupacional, requerimientos del cliente o las necesidades de los trabajadores para permitir el flujo entre las áreas de trabajo. El método SLP es completo, puesto que permite mejorar la distribución del espacio físico, pero también contribuye a mejorar el flujo de materiales, aumentar el rendimiento de la producción y ayudar en la relación entre las actividades administrativas y operativas (Tapia, Arroyo, Luna, Goytia, & García, 2009), siempre enfocándose en eliminar los desperdicios del Lean Manufacturing.

Fases del Systematic Layout Planning

- Fase de análisis

Se recopila la información necesaria para el diseño del layout, como los flujos de los procesos, los productos y la planificación de la producción. Se realizan los análisis cualitativos y cuantitativos, en los cuales se establecen las condiciones para realizar el diseño de planta.

- Fase de búsqueda

En base al análisis realizado, se inicia la distribución de las áreas en el diseño del layout; también, se incluyen los flujos entre las áreas y los procesos que se realizarán para el paso de materiales, el transporte y la producción en general. Es importante generar varias opciones para la distribución, para luego establecer el layout definitivo

que cumpla todos los requerimientos de la empresa y las especificaciones técnicas de la distribución de planta.

- **Fase de selección**

Una vez establecidas las alternativas de distribución de a planta en bloques funcionales, se realiza la evaluación de cada una de estas. Para la selección se necesita del trabajo conjunto de todos los trabajadores de la empresa, puesto que la distribución de planta tendrá implicancia tanto en el desempeño de los altos mandos hasta del personal técnico y operativo (Barcia & Carpio, 2017).

G. Método Guerchet

El método Guerchet es utilizado para calcular el espacio físico requerido para el desarrollo de las operaciones en la planta de producción, para lo cual se identifican los elementos estáticos y móviles (Sánchez & Soberon, 2017).

A través de este método, se propone que la superficie total requerida está compuesta por la suma de tres tipos de superficie (Cuatrecasas, 2009):

$$S_t = S_{es} + S_g + S_{ev} \quad \text{Ecuación 1}$$

- **Superficie estática**

Es el espacio físico que ocupa el elemento dentro del área en estudio; es decir, la superficie ocupada por las máquinas, estantería, y demás elementos.

$$S_{es} = \text{largo} \times \text{ancho} \quad \text{Ecuación 2}$$

- **Superficie de gravitación**

Es el espacio físico ocupado también por el personal que estará en contacto directo con los elementos dentro del área en estudio; por tal razón, se identifican el número de lados (n) operativos de los elementos usados.

$$S_g = S_{es} (n) \quad \text{Ecuación 3}$$

- Superficie de evolución

Es el espacio físico adicionalmente requerido como distancias entre las áreas, de forma que se permita el flujo continuo de los operarios y el personal que está en contacto con los elementos estáticos y móviles. Esta distancia está influenciada por el coeficiente k que se le asigne al área (Ver Figura 9), siendo este el espacio que rodeará a la superficie gravitacional.

$$S_g = (S_{es} + S_g) \times k \quad \text{Ecuación 4}$$

TIPOS DE ACTIVIDAD PRODUCTIVA	K
Gran industria, alimentación y evacuación mediante grúa puente	0,05 a 0,15
Trabajo en cadena, con transportador aéreo	0,1 a 0,25
Textil, hilados	0,05 a 0,25
Textil, tejidos	0,5 a 1
Relojería y joyería	0,75 a 1
Pequeña mecánica	1,5 a 2
Industria mecánica	2 a 3

Figura 9. Coeficientes para la superficie de evolución

Fuente: (Cuatrecasas, 2009)

1.4. Glosario de términos

A. Lean Manufacturing: Filosofía de origen japonesa cuyo objetivo principal es la optimización de los procesos a través de la reducción de desperdicios; es decir, aquellos recursos innecesarios para el proceso productivo (Rajadell & Sánchez, 2010).

B. Productividad: Relación entre lo producido y los recursos empleados; se tiene una productividad óptima cuando los recursos son aprovechados al máximo para producir una misma cantidad de productos (Prokopenko, 1989).

C. Diagrama de Ishikawa: Herramienta que permite la organización e identificación de la causa y efecto de los problemas hallados en una organización (Zapata, Villegas & Arango, 2006).

- D. Diagrama de Pareto:** Herramienta que permite determinar y ordenar los problemas de acuerdo con su nivel de relevancia e impacto en el problema identificado (Sales, 2013).
- E. Metodología 5 S:** Herramienta de Lean Manufacturing cuyo propósito es el orden y la limpieza en el área de trabajo (González, 2007).
- F. Kanban:** Herramienta que emplea tarjetas o controles visuales para la identificación de cuellos de botella en el proceso productivo, de modo que exista una óptima capacidad de atención y/o reabastecimiento entre las áreas (Parra, 2013).
- G. Ciclo PDCA:** Metodología de cuatro pasos (planificar, hacer, verificar y actuar) aplicada para conseguir la mejora continua en las organizaciones (Fajardo & Flores, 2009).
- H. Systematic Layout Planning:** Método que permite la adecuada distribución de planta considerando factores cualitativos y cuantitativos, con la finalidad de optimizar el flujo de materiales y aumentar la productividad en la organización (Tapia, Arroyo, Luna, Goytia, & García, 2009).
- I. Método Guerchet:** Cálculo que considera componentes estáticos y móviles para determinar el espacio requerido para las actividades realizadas en una planta de producción (Barcia & Carpio, 2017).

1.5. Formulación del problema

¿En qué medida la propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing influye en la productividad en una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización, Trujillo, 2020?

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Determinar en qué medida la propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing influye en la productividad en una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización, Trujillo, 2020

1.6.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado actual de las áreas de producción y logística de una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización.
- Desarrollar la propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing en una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización.
- Calcular la variación de la productividad en base al estado actual y futuro a la propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing en una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización.
- Evaluar económica y financieramente la propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing en una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización.

1.7. Hipótesis

La propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing incrementa la productividad de una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización, Trujillo, 2020.

1.8. Justificación

El desarrollo del presente estudio se justifica por la urgente necesidad de mejorar la productividad de la empresa a través del desarrollo de una propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing, para lo cual fue necesario

contar con indicadores medibles económicamente, los que permitieron comparar y analizar los resultados de la propuesta de mejora frente a la deficiente situación actual de una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización.

La selección de las herramientas de Lean Manufacturing como propuesta de mejora para solucionar las problemáticas identificadas se realizó debido a su enfoque integral; es decir, están orientadas no solo a resolver la problemática para mejorar la situación actual, sino que estas herramientas también buscan la sostenibilidad del buen funcionamiento de la empresa, involucrando a todo el nivel organizacional.

La importancia de la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing se fundamenta en la eliminación de los desperdicios, que se manifiestan en los procesos de la empresa en estudio a través de tiempos improductivos, movimientos innecesarios y reprocesos que impiden que la productividad mejore.

La presente investigación es trascendental en el desarrollo de las organizaciones, pues se enfoca en resolver una problemática habitual en un factor clave como es la productividad, que garantiza obtener crecimiento, utilidades y un recurso humano satisfecho. Por lo cual, puede ser usado como un modelo de mejora para otras empresas que identifiquen problemáticas similares a las encontradas en este estudio, y que al adaptar la propuesta de mejora a sus situaciones puedan generar cambios positivos en sus procesos y desenvolvimiento de la empresa.

Asimismo, el estudio servirá como antecedente a futuras investigaciones en las que, se desee implementar herramientas de Lean Manufacturing en empresas del sector de la automatización y desarrollo de proyectos industriales.

1.9. Aspectos éticos

La presente investigación, conforme con los aspectos éticos, salvaguarda la propiedad intelectual de los autores respecto a sus conocimientos, teorías y estudios

relacionados al tema de interés, empleando citas y referencias especificadas en las fuentes bibliográficas.

Para el recojo y uso de la información de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización, se solicitó el permiso expreso del Gerente de Operaciones. Los datos de la empresa se utilizaron con fines estrictamente educativos. Asimismo, es necesario recalcar la veracidad de los datos empleados en la investigación al ser extraídos de fuentes oficiales de la organización.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo cuantitativa, debido a que está basada en la recolección de datos para responder la pregunta de investigación y validar la propuesta de manera cuantitativa; asimismo, utiliza la matemática para evaluar el comportamiento de las variables analizadas (Matamoros, 2014).

En el presente estudio ha sido desarrollado con una orientación del tipo de investigación aplicada. Según Vargas (2009), la investigación aplicada busca brindar soluciones a una problemática identificada y tiene como objetivo poner en práctica los conocimientos adquiridos a través de un estudio realizado.

La presente investigación tiene un diseño propositivo, porque se propone la implementación de un conjunto de técnicas y herramientas de Lean Manufacturing con el objetivo de diagnosticar la problemática de la empresa en estudio y proponer soluciones a la problemática de la empresa en estudio.

2.1.1 Diseño de contrastación

La contrastación tiene como principal propósito, poner a prueba la veracidad de la hipótesis en base a su relación con la evidencia empírica hallada después de implementar las herramientas de mejora propuestas (Yuni & Urbano, 2006). Tal como se muestra en la Figura 10, se consideró la variable independiente del estudio y su efecto en la variable dependiente, también se planteó realizar una evaluación antes y después de la propuesta, para medir su variación y comprobar la hipótesis.

$$G: O_1 - X - O_2$$

Figura 10. Diseño de contrastación

Donde:

- **G:** Empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización
- **O1:** Productividad antes de la propuesta de mejora.
- **X:** Propuesta de Implementación de Herramientas de Lean Manufacturing
- **O2:** Productividad después de la propuesta de mejora.

Especificaciones de la variable independiente: Propuesta de Implementación de Herramientas de Lean Manufacturing

La propuesta de Implementación de herramientas de Lean Manufacturing se refiere al diseño y desarrollo de una propuesta de mejora para solucionar las problemáticas identificadas en los almacenes y talleres de producción de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización.

Especificaciones de la variable dependiente: Productividad

La productividad se refiere a un indicador de eficiencia cuyo propósito es relacionar los recursos empleados y la cantidad de producción obtenida. Los factores que impactan en la productividad pueden ser externos e internos. Los factores externos son aquellos que están fuera del control de la organización, mientras que los factores internos involucran los procesos y la organización de estos, la calidad del producto, los defectos y la eficiencia del personal. En el presente estudio se utilizó la información de la cantidad de tableros eléctricos ensamblados durante el periodo 2019 para contrastar el efecto de la propuesta de mejora en la productividad de una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización.

2.2. Población y Muestra

2.2.1. Población

Todos los procesos de una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización.

2.2.2. Muestra

Los procesos de las áreas de Producción y Logística de una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Métodos

Para representar los pasos que se siguió durante la investigación, se elaboró un diagrama de flujo con el objetivo de facilitar la comprensión del diseño global del estudio, desde el diagnóstico de la empresa hasta la evaluación de la viabilidad de la propuesta de mejora (Ver Figura 11).

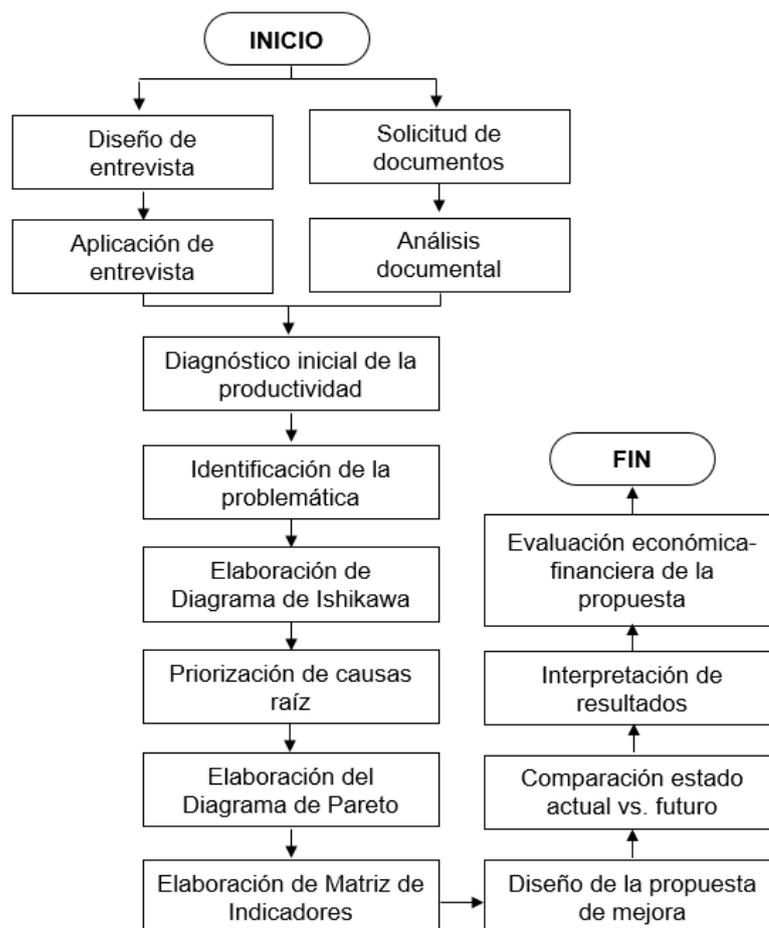


Figura 11. Flujograma del diseño general

Para identificar, describir y analizar la situación actual de la organización fue necesario realizar un diagnóstico de las áreas de estudio: los almacenes que son parte del área logística y los talleres que pertenecen al área de producción.

Con la información recolectada se elaboró un Diagrama de Ishikawa, analizando los aspectos que afectan directamente a la productividad de la organización. Asimismo, se describieron los problemas identificados detallando sus causas raíz, para luego establecerles factores de calificación y priorizar las de mayor impacto mediante un Diagrama de Pareto.

Después del procesamiento de la información, se elaboró una matriz de indicadores para la medición de las mejoras, para lo cual también se seleccionó las herramientas de Lean Manufacturing que se plantean como propuesta de mejora a la problemática identificada.

Finalmente, la evaluación económica-financiera se realizó a través del análisis de costo de los recursos destinados para la implementación, para ello se usó el indicador de Valor Agregado Económico (EVA), que cuantifica la creación de valor, el Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR).

Por otro lado, se desarrolló la Matriz de consistencia que presenta los elementos básicos de la investigación (Ver Tabla 1), de manera que se pueda tener un mejor entendimiento del estudio (Vera & Lugo, 2016).

También, se elaboró la Matriz de operacionalización que presenta las variables de forma concreta (Ver Tabla 2), ya que de esta manera se definen conceptualmente en base a la teoría existente y operacionalmente en base a su forma de medición; además, las variables se pueden dividir en varias dimensiones para establecer indicadores medibles (Gallego, s.f.).

Tabla 1.

Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Técnicas e instrumentos	Metodología
¿En qué medida la propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing influye en la productividad de una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización, Trujillo, 2020?	Determinar en qué medida de la propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing influye en la productividad de una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización, Trujillo, 2020	La propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing incrementa la productividad de una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización, Trujillo, 2020.	<p>Variable independiente Propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing</p> <p>Variable dependiente Productividad de una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización</p>	<p>Técnicas - Análisis de documentos - Entrevista</p> <p>Instrumentos - Guía de análisis de documentos - Guía de entrevista</p>	<p>Tipo Aplicativo</p> <p>Diseño Propositiva</p> <p>Diseño de contrastación $G: O_1 - X - O_2$</p> <p>O_1: Pre-Test X: Tratamiento O_2: Post-test</p> <p>Población Todos los procesos de una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización.</p> <p>Muestra Los procesos de las áreas de producción y logística de una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización</p>

Tabla 2.

Matriz de operacionalización de las variables de estudio

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Escala
VI: Propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing	Lean Manufacturing es definido como un conjunto de herramientas que permiten identificar y eliminar desperdicios, mejorando la calidad del producto o servicio, reduciendo tiempos y costos de producción (González, 2007).	La propuesta se diseñará en base un diagnóstico a una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización, utilizando la técnica de análisis de documentos.	<ul style="list-style-type: none"> - Métodos de trabajo - Áreas de trabajo - Equipos - Mano de obra - Materiales 	<ul style="list-style-type: none"> - % de material obsoleto y/o deteriorado - % de pedidos entregados fuera de tiempo al cliente - % de tiempos improductivo por movimientos innecesarios - % de tiempo improductivo por traslados internos - % de tableros eléctricos reprocesados 	<ul style="list-style-type: none"> Escala cuantitativa Porcentaje (%) Costos (S/)
VD: Productividad de una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización	La productividad se define como el aprovechamiento óptimo de los recursos en la producción de bienes y servicios; es decir, producir más con menos (Prokopenko, 1989).	Para la evaluación de la variación de la productividad de una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización se necesitará contar con los datos de producción y horas-hombre utilizadas actuales y futuros después de la propuesta de mejora.	<ul style="list-style-type: none"> Productividad de mano de obra actual (V.A.) Productividad de mano de obra meta (V.M.) 	$\Delta\% = \frac{V.M. - V.A.}{V.A.}$	<ul style="list-style-type: none"> Escala nominal Alta (>80%) Baja (<80%)

2.3.2. Técnicas e instrumentos para la recolectar y analizar datos

Las técnicas e instrumentos para el análisis de datos representan un factor fundamental en el desarrollo de la investigación, estas permitieron recolectar y analizar la información necesaria para identificar la problemática de la empresa.

Para el presente estudio, se hizo uso de los siguientes materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos:

Tabla 3.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica	Justificación	Instrumentos	Aplicación
Entrevista	Permitió obtener mayor detalle del funcionamiento y gestión de la empresa tanto a nivel administrativo como operativo.	Guía de entrevista	A representante de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización
Análisis de documentos	Permitió obtener información referente a la productividad del periodo 2019; así como, de los recursos empleados.	Guía de análisis de documentos	Base de datos de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización.

- **Entrevista**

Se realizó una entrevista a la representante de la empresa, con el objetivo de conocer a detalle el funcionamiento administrativo y operativo de la empresa. Las preguntas de la entrevista fueron orientadas también a identificar la situación actual de trabajo en los talleres de producción y almacenes, debido a que son aspectos que influyen directamente en la productividad de la empresa.

El procedimiento determinado para el desarrollo de la entrevista y con el fin de analizar la situación actual de la empresa, se basó en realizar una sucesión de preguntas formuladas previamente, siguiendo los parámetros de duración y el espacio de desarrollo a través de una plataforma virtual. El instrumento usado para la recolección y análisis de la información fue la Guía de entrevista (Ver Anexo 1).

- **Análisis de documentos**

Se realizó el análisis documental con el objetivo de indagar en la problemática de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización, se revisaron bases de datos, reportes logísticos, reportes de producción, diagrama de análisis de procesos, diagrama de operaciones, estudio de tiempos, listado de productos, recursos empleados, proveedores, clientes y currículum corporativo.

El procedimiento determinado para el análisis documental se basó en la solicitud de información a la empresa, para luego recolectar y analizar la información en las Guías de Análisis Documental (Ver Anexo 2, 3, 4 y 5).

A continuación, se describen las herramientas empleadas para la agrupación y estructuración de los datos, con la finalidad de que respondan al problema de investigación, objetivos e hipótesis del estudio (Ver Tabla 4).

Tabla 4.

Instrumentos y métodos de procesamiento de datos

Herramienta	Descripción
Diagrama de Ishikawa	Se elaboró un Diagrama Ishikawa para identificar los problemas y sus causas raíz.
Matriz de priorización	Se utilizó para ordenar las causas raíz calificadas en base a su impacto en la productividad.
Diagrama de Pareto	Permitió identificar las causas raíz con mayor impacto sobre la baja productividad.
Matriz de indicadores	Se estableció indicadores para medir el impacto de la propuesta de mejora en cada causa raíz.
Diagrama de análisis de procesos	Se elaboró para determinar las actividades productivas e improductivas.

2.4. Procedimientos

2.4.1. Diagnóstico de la realidad actual

A. Generalidades de la empresa

La empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización pertenece a un grupo empresarial fundado en la ciudad de Trujillo – Perú, el cual ofrece soluciones innovadoras y de clase mundial; son especialistas en el rubro agroindustrial y están posicionados como líderes en el norte peruano, al brindar los servicios de asesoría, consultoría y desarrollo de proyectos de alta tecnología orientados a la automatización, electrificación, telecomunicaciones e hidráulica.

Son dos razones sociales por las cuales operan, por las cuales se dedican a la comercialización de productos para la automatización industrial y a gestionar proyectos de desarrollo de tecnología en sistemas de automatización.

B. Misión

La misión de la empresa es: “Brindar soluciones de ingeniería avanzada con altos niveles de especialización y eficiencia por medio de proyectos de automatización agrícola, industrial, electrificación, telecomunicaciones e hidráulica”.

C. Visión

La visión de la empresa es: “Para el 2020, ser los mejores aliados estratégicos de nuestros clientes, liderando el mercado de proyectos de automatización a nivel nacional e internacional”.

D. Valores

Los valores de la empresa son: Empatía, Limpieza, Honradez, Integridad, Compromiso, Responsabilidad y Respeto.

E. Organigrama

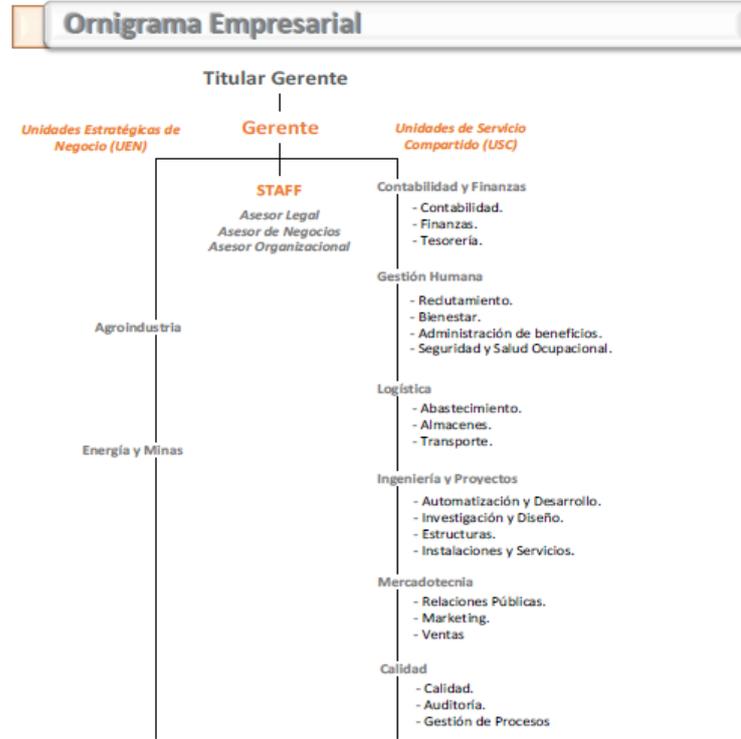


Figura 12. Organigrama de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización

F. Mapa General de Procesos

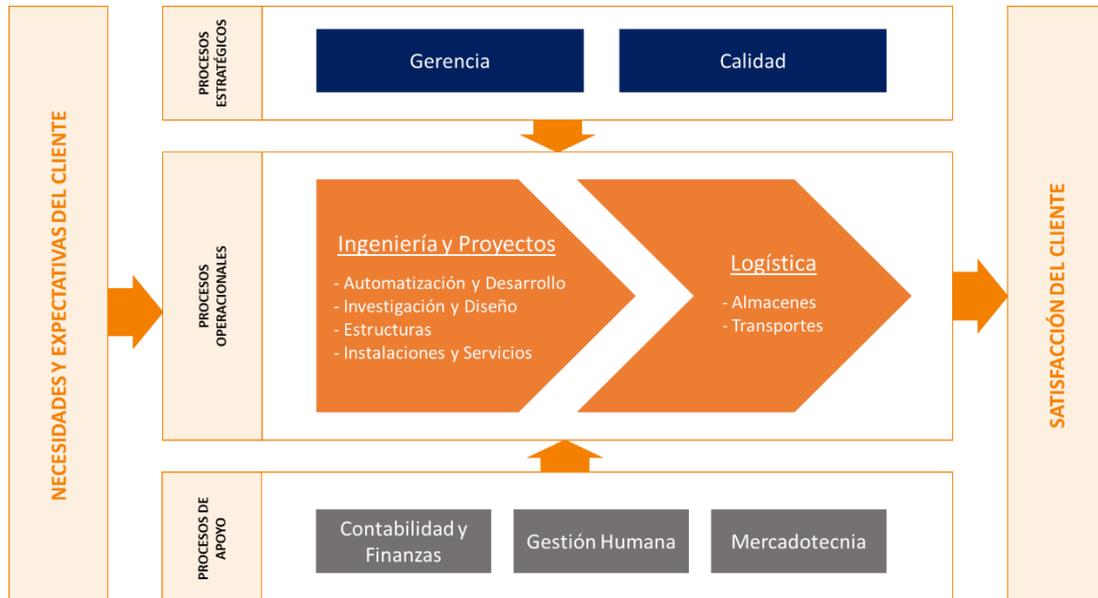


Figura 13. Mapa General de Procesos de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización

G. Cadena de Valor

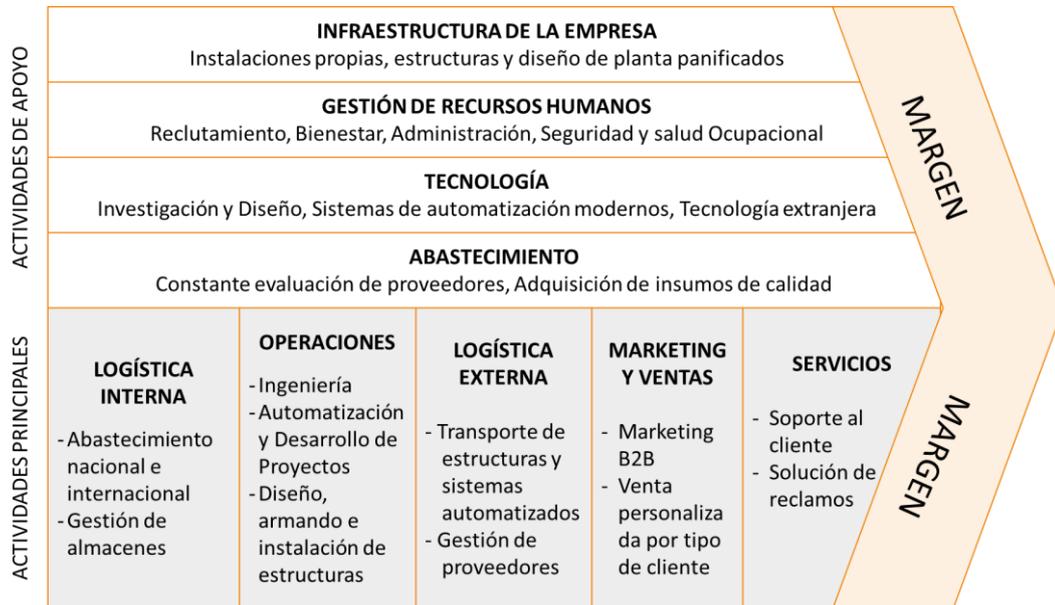


Figura 14. Cadena de Valor de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización

H. Análisis FODA

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> - Colaboradores jóvenes proactivos y comprometidos con la empresa. - Infraestructura propia con amplios espacios para el desarrollo de actividades operativas y de soporte. - Modernos equipos y sistemas para el desarrollo de proyectos tecnológicos y de automatización. - Empresa líder en el norte peruano. 	<ul style="list-style-type: none"> - Baja y débil competencia local. - Avance y desarrollo tecnológico a distintos niveles: internacional, nacional y local. - Necesidad de los clientes por mejorar y automatizar sus sistemas productivos. - Buena relación con los proveedores.
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> - Colaboradores con poca experiencia y falta de supervisión durante el proceso productivo. - Deficiente control de inventarios y almacenes. - Deficiente distribución de planta. - Falta de mantenimiento a los equipos, máquinas y herramientas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Los proveedores son en su mayoría extranjeros, por lo que existe un riesgo de desabastecimiento debido a potenciales demoras en la entrega del pedido de materiales e insumos. - La desestabilidad económica del país ocasionada por la coyuntura política. - Pandemia que afecta a todos los agentes de la cadena de valor (proveedores, colaboradores, clientes, entre otros).

Figura 15. Análisis FODA de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización

I. Layout

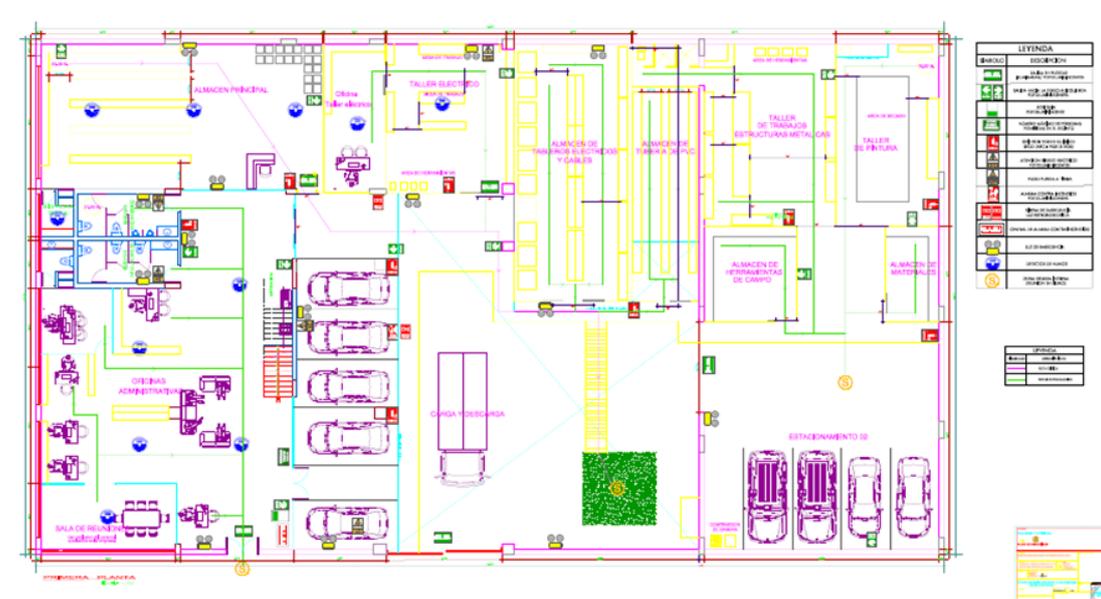


Figura 16. Plano original de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización

J. Línea de tableros eléctricos

- Tablero de Comunicación ETHERNET

Tabla 5.

Componentes del Tablero de Comunicación ETHERNET

Componente	Cantidad	Precio	Importe
Convertor de Protocolo RS232/Ethernet - 12/24vdc TIBBO	1	\$25.45	\$25.45
Perno HEXAGONAL 1/4 x 1/2	15	\$1.00	\$15.00
TERMINAL MANGUITO 14 AWG AZUL	6	\$1.00	\$6.00
Otros	-	-	\$29.80
Total			\$76.25

- Tablero de Arranque Directo con Temporizador Zelio

Tabla 6.

Componentes del Tablero de Arranque Directo con Temporizador Zelio

Componente	Cantidad	Precio	Importe
INTERRUPTOR ACTI9 IC60N 3P 16A C	1	\$12.14	\$12.14
RELE TERMICO 7-10A	1	\$15.42	\$15.42
TERMINAL MANGUITO 14 AWG AZUL	30	\$1.00	\$30.00
Otros	-	-	\$71.30
Total			\$128.95

- Tablero doble con variador

Tabla 7.

Componentes del Tablero doble con variador

Componente	Cantidad	Precio	Importe
VARIADOR ATV 630 - 75 HP	2	\$3263.30	\$6526.60
IM REG. NSX160F, TM125D 3PER	2	\$173.80	\$347.60
PLACA DE MONTAJE 2000x600 mm	2	\$172.70	\$345.40
Otros	-	-	\$1336.47
Total			\$8556.07

- Tablero de Arranque Mural con Variador

Tabla 8.

Componentes de Arranque Mural con Variador

Componente	Cantidad	Precio	Importe
VARIADOR ATV312 4KW 400-500V	1	\$487.40	\$487.40
TABLERO POLYESTER C/P 600X500X230MM	1	\$60.63	\$60.63
TERMINAL COLOR AMARILLO	1	\$50.00	\$50.00
Otros	-	-	\$204.88
Total			\$802.91

- Tablero Mural de Arranque Directo Manual

Tabla 9.

Tablero Mural de Arranque Directo Manual

Componente	Cantidad	Precio	Importe
CONTACTOR 18A 1NA/1NC 220V 50/60HZ	1	\$44.41	\$44.41
TERMINAL MANGUITO 14 AWG AZUL	30	\$1.00	\$30.00
PULSADOR LUMINOSO LED 230V NA+NC VERDE	1	\$28.42	\$28.42
Otros	-	-	\$120.61
Total			\$223.44

- Tablero de Arranque Autosoportado con Variador

Tabla 10.

Componentes del Tablero de Arranque Autosoportado con variador

Componente	Cantidad	Precio	Importe
VARIADOR ATV 630 - 100HP	1	\$3775.90	\$3775.90
GABINETE AUTOSOPORTADO 2000X800X600	1	\$661.16	\$661.16
SECCIONADOR SACA FUSIBLE FSW250 3	1	\$95.55	\$95.55
Otros	-	-	\$664.83
Total			\$5197.44

- Tablero para Sistema de Alarma Nivel Básico Tipo Boya

Tabla 11.

Componentes del Tablero para Sistema de Alarma Nivel Básico Tipo Boya

Componente	Cantidad	Precio	Importe
BATERIA DE LIBRE MANTENIMIENTO SECA - 26AH /12V	1	\$48.04	\$48.04
REGULADOR DE CARGA 12V/24V /10A	1	\$42.05	\$42.05
TABLERO POLYESTER C/P 400X300X200MM C/C.F.	1	\$29.62	\$29.62
Otros	-	-	\$47.87
Total			\$167.58

- Tablero con mando Remoto

Tabla 12.

Componentes del Tablero con mando remoto

Componente	Cantidad	Precio	Importe
TABLERO POLYESTER C/P 400X300X200MM C/C.F.	1	\$27.78	\$27.78
PILOTO LUMINOSO LED 24V VERDE	4	\$8.00	\$32.00
PILOTO LUMINOSO LED 24V AMARILLO	4	\$8.00	\$32.00
Otros	-	-	\$48.75
Total			\$140.53

- Tablero de 4 Arranques Directo

Tabla 13.

Componentes del Tablero de 4 Arranques Directo

Componente	Cantidad	Precio	Importe
TERMINAL MANGUITO 14 AWG AZUL	120	\$1.00	\$120.00
PULSADOR LUMINOSO LED 230V NA+NC VERDE	4	\$28.42	\$113.68
PULSADOR LUMINOSO LED 230V NA+NC ROJO	4	\$27.32	\$109.28
Otros	-	-	\$415.31
Total			\$758.27

- Tablero con Kit Solar

Tabla 14.

Componentes del Tablero con Kit Solar

Componente	Cantidad	Precio	Importe
BATERIA DE LIBRE MANTENIMIENTO SECA - 26AH /12V	1	\$48.04	\$48.04
REGULADOR DE CARGA 12V/24V /10A	1	\$42.38	\$42.38
TABLERO POLYESTER C/P 400X300X200MM C/C.F.	1	\$29.09	\$29.09
Otros	-	-	\$82.92
Total			\$202.43

K. Clientes

Tabla 15.

Principales clientes de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización

Clientes	Servicio ofrecido
Camposol	Instalación de un sistema de monitoreo utilizando tecnología gsm – gprs (chip celular controlador b- conect de Bacsoft).
Terra Bussines	Estudio, diseño e implementación de un tablero de arranque electrónico con variador de frecuencia 20 Hp para utilizar en sistemas de inyección de ácido para Riego presurizado.
Agrícola San Juan	Estudio, diseño e implementación de cuatro tableros de arranque electrónico con variador de frecuencia 50 Hp para utilizar en sistemas de Riego presurizado por bombo.
Hortifrut	Estudio, diseño e implementación de una Central de control y monitoreo de riego.
Hass Perú	Estudio, diseño e implementación de una red eléctrica de Media Tensión (MT) 22.9 Kv.
Agroindustrial Laredo S.A.A.	Estudio, diseño e implementación de un centro de control de motores automatizado (CCM).
Fall Creek	Estudio, diseño e implementación de una Central de control y monitoreo de riego.
Netafim	Instalación de un sistema de control automático para riego y fertilización de cultivo
Minera La Arena S.A.	Instalación de cableado estructurado para señal eléctrica de sensor a transmisor y analógica 4-20 mA de transmisor a PLC y energía de alimentación 220vac para transmisor.

L. Proveedores

Tabla 16.

Clientes de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización

Proveedores	Descripción
Galcon - Computerized Control Systems	Fabricante israelí de equipos de automatización para riego.
Schneider Electric	Fabricante de equipos de distribución y control eléctrico.
B&C Electronics	Fabricante italiano de instrumentos de medición.
Siemens	Fabricante alemán de softwares industriales.

Tibox	Fabricante chino de tableros eléctricos y gabinetes.
Weg	Fabricante brasileño de motores eléctricos, generadores, transformadores, unidades y recubrimientos.
ITC	Fabricante español de electrobombas dosificadoras de aplicación especial.

2.4.2. Diagnóstico del área problemática

En esta primera etapa se buscó identificar el estado actual de las áreas de producción y logística, para lo cual la presente investigación se centró específicamente en los talleres de producción y almacenes. La primera área de estudio mencionada cuenta con un Diagrama de Análisis de Procesos (Ver Figura 17), mientras que la segunda no tiene estandarizados sus procesos.

El Tiempo Estándar (Ts) para la construcción de un tablero está estimado en dos semanas de trabajo equivalentes a 5400 minutos, este proceso es de larga duración ya que la empresa tiene un sistema productivo por proyectos. El proceso productivo de la línea de tableros eléctricos incluye los procesos realizados en el taller eléctrico donde se incorporan todos los componentes al gabinete del tablero eléctrico para formar una sola pieza que será entregada al cliente; de forma auxiliar, se hace uso del taller de soldadura para el tratamiento de las placas metálicas.

En base a estos datos registrados en el Diagrama de Análisis de Procesos (DAP), se calculó el porcentaje de actividades productivas e improductivas, de las cuales estas últimas representan un 25% e influyen en la disminución de la productividad de la empresa; por lo tanto, se deben de eliminar o reducir a través de herramientas de ingeniería que se proponen en la presente investigación.

Se analizaron los procesos productivos y logísticos relacionados a la producción de la línea de tableros eléctricos; se identificaron las problemáticas que influyen en la disminución de la productividad de mano de obra de la empresa,

siendo estas principalmente reconocidas en la búsqueda y flujo de materiales entre los talleres y almacenes de la empresa, como también en el flujo de los operarios en el taller eléctrico y el tratamiento de errores operativos.

A continuación, se detallan los problemas que afectan a la productividad de la empresa en estudio, haciendo énfasis en sus causas raíz identificadas:

- **Reprocesos**

Se deben a la falta de un plan de mejora continua que permita el aumento progresivo de la calidad, competitividad y productividad de la empresa; asimismo, el desarrollo de procedimientos de trabajo inadecuados, impiden el desenvolvimiento de los operarios en el cumplimiento de metas y objetivos en la organización.

- **Movimientos innecesarios**

Ocasionados por la deficiente distribución interna del taller eléctrico que es en donde se realizan las operaciones de ensamble de la familia de productos de tableros eléctricos, generando que los operarios realicen acciones repetitivas relacionadas a los movimientos que hacen entre las zonas de materiales, las mesas de trabajo y las zonas de máquinas, herramientas y equipos; siendo los movimientos internos actividades que no añaden valor al proceso productivo ni al producto terminado.

- **Demoras por traslados internos**

Se dan por la deficiente distribución de planta que imposibilita un adecuado flujo de procesos e información entre las diversas áreas de la empresa, haciendo énfasis en las áreas operativas como los talleres de trabajo y los almacenes.

- **Paradas en las operaciones**

Ocasionadas por la falta de mantenimiento a los equipos de trabajo y medición; además, hay casos de mala manipulación de estos por parte de los operarios.

- **Entregas de pedido fuera de tiempo**

Generadas por la falta de supervisión a los operarios durante el proceso productivo, considerando que no se controla el cumplimiento de los plazos de entrega del producto final que establece el área comercial.

- **Errores repetitivos**

Debido a la ausencia de procedimientos para la resolución de problemas. Actualmente la empresa no tiene ningún proceso estandarizado, por lo cual las operaciones y actividades se realizan de forma empírica.

- **Desperdicio de material**

Se da por la administración incorrecta del material que está guardado en los almacenes, ya que no se realiza un análisis del stock y demanda al inicio de las operaciones, y existen errores en el control de inventario luego del uso del material.

- **Elementos obsoletos y/o deteriorados**

La acumulación de elementos en los almacenes, como material y productos terminados, se da por la falta de orden y limpieza; ya que al hacer el control del inventario no se identifican correctamente todas las existencias, entonces se vuelve a hacer el requerimiento de material, generando acumulación.

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESOS DE TABLERO ELÉCTRICO

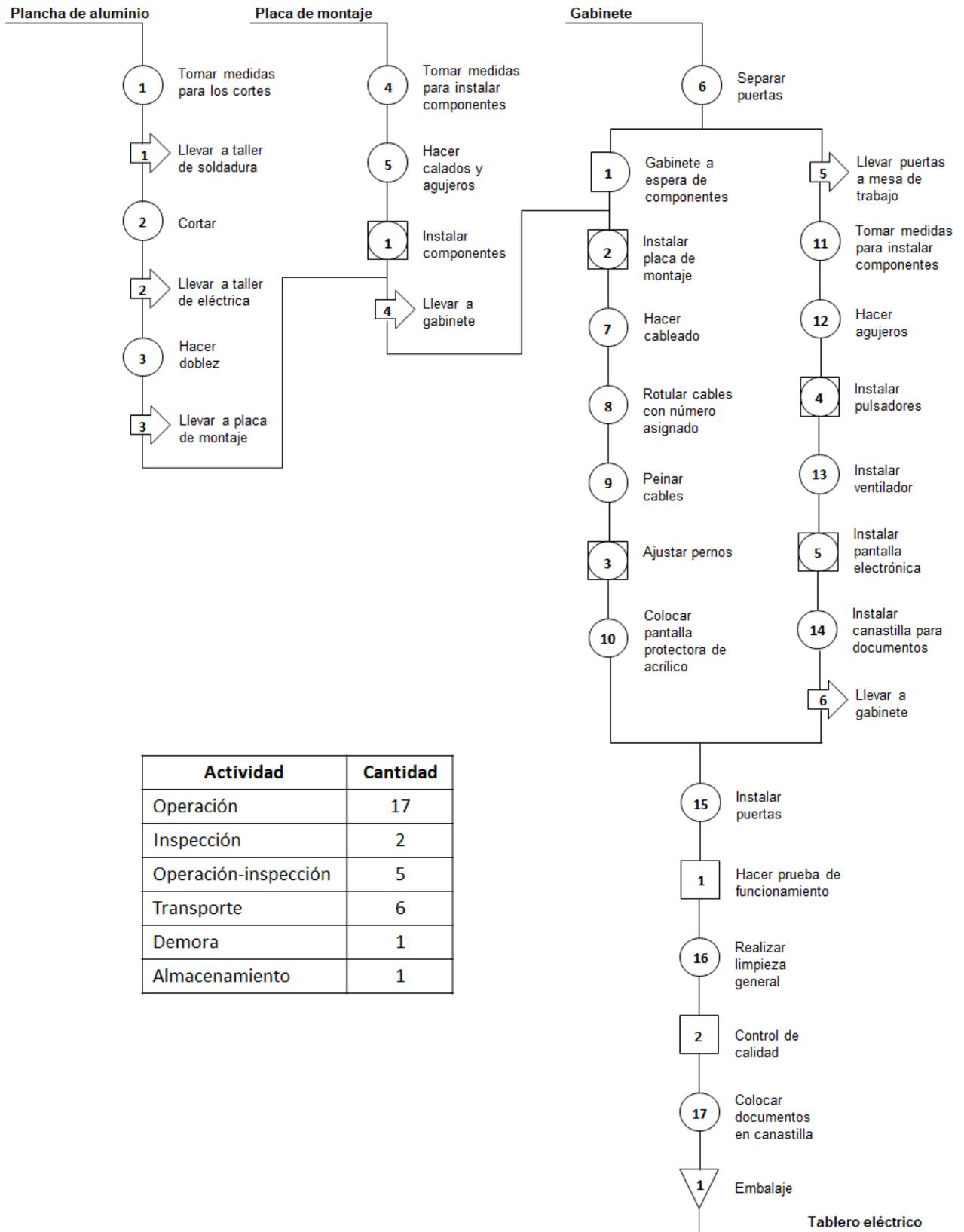


Figura 17. DAP Construcción de Tablero eléctrico

2.4.3. Identificación de indicadores

En la Figura 18 se presenta el diagrama de Ishikawa o de causa efecto, a través del cual se relaciona el problema y sus causas raíz, debiendo ser solucionadas para incrementar la productividad de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización.

Mediante la aplicación de los instrumentos y técnicas de recolección de datos descritas en apartados anteriores, se ha constatado las condiciones actuales en las que viene operando la organización. A continuación, se mencionan los factores identificados:

- Falta de un Plan de Mejora Continua.
- Procedimientos de trabajo inadecuados.
- Falta de orden y limpieza en el almacén.
- Deficiente distribución interna del taller de ensamble.
- Deficiente distribución de planta.
- Falta de mantenimiento de equipos y/o máquinas.
- Mala manipulación de equipos, máquinas y/o herramientas de trabajo.
- Falta de supervisión durante el proceso productivo.
- Ausencia de procedimiento de resolución de problemas.
- Administración incorrecta de materiales.

Todos estos factores generan el aumento del número de movimientos innecesarios, reprocesos, demoras por traslados internos, paradas durante el proceso productivo, errores repetitivos, desperdicio de material y la entrega de pedido incompleta o fuera de tiempo al cliente; en consecuencia, la empresa está dejando de ser competitiva y productiva en el mercado.

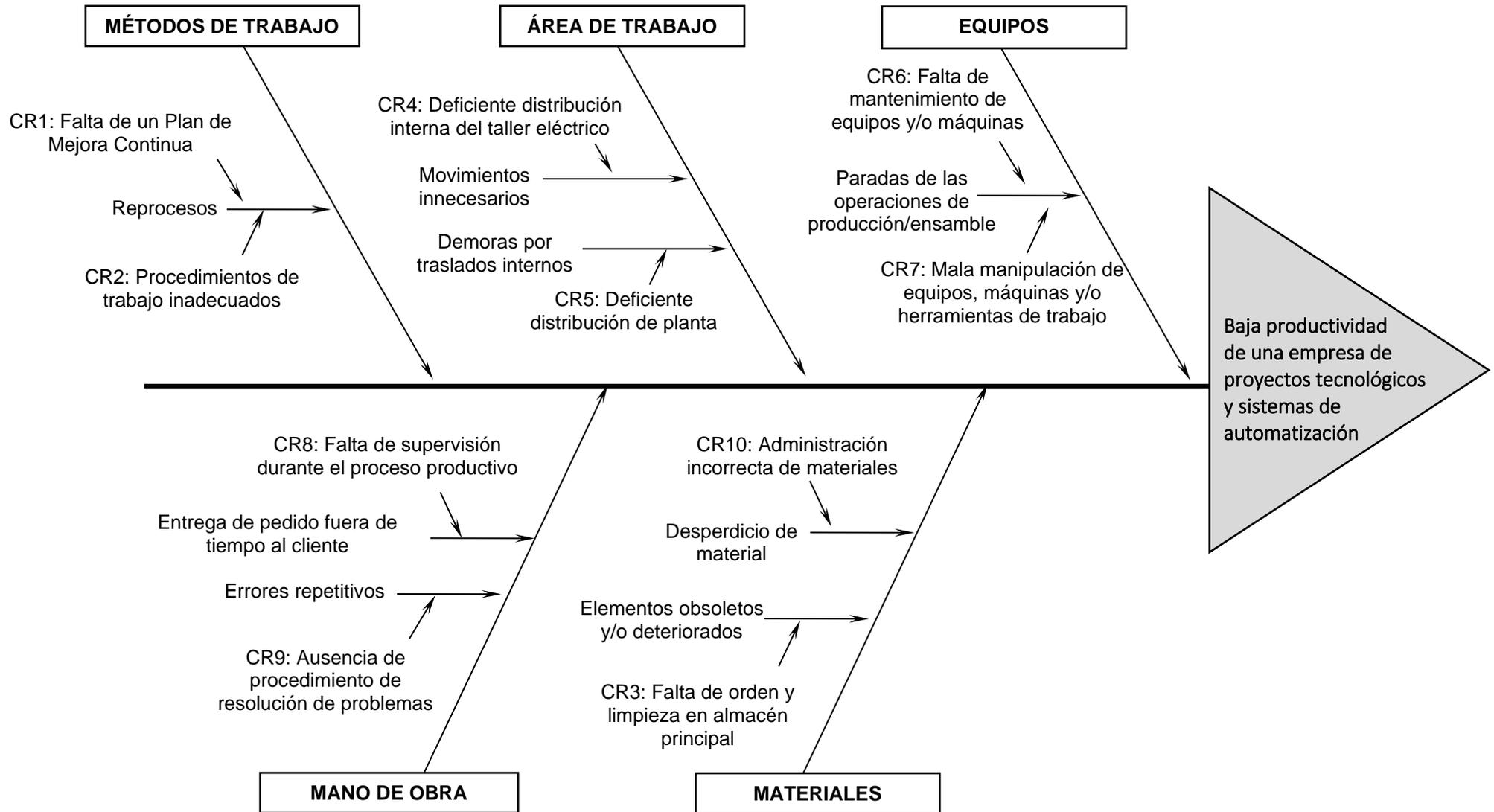


Figura 18. Diagrama de Ishikawa de la empresa

Se realizó la codificación de diez causas raíz (Ver Tabla 17) derivadas del Diagrama de Ishikawa, las cuales han sido propuestas como causas principales de la baja productividad en la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización

Tabla 17.

Codificación de causas raíz

Causa raíz	Descripción
CR1	Falta de un Plan de Mejora Continua
CR2	Procedimientos de trabajo inadecuados
CR3	Falta de orden y limpieza en almacén principal
CR4	Deficiente distribución interna del taller eléctrico
CR5	Deficiente distribución de planta
CR6	Falta de mantenimiento de equipos y/o máquinas
CR7	Mala manipulación de equipos, máquina y/o herramientas de trabajo
CR8	Falta de supervisión durante el proceso productivo
CR9	Ausencia de procedimiento de resolución de problemas
CR10	Administración incorrecta de materiales

De acuerdo con las valoraciones obtenidas, se realizó un diagrama de Pareto (Ver Figura 19), tomando en consideración el ordenamiento de las causas raíz a través de la Matriz de priorización (Ver Tabla 18).

Tabla 18.

Matriz de priorización

Causa raíz	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Porcentaje	Porcentaje acumulado
CR3	25	25	16.56%	16.56%
CR8	25	50	16.56%	33.11%
CR4	24	74	15.89%	49.01%
CR5	24	98	15.89%	64.90%
CR2	23	121	15.23%	80.13%
CR1	7	128	4.64%	84.77%
CR10	7	135	4.64%	89.40%
CR6	6	141	3.97%	93.38%
CR9	5	146	3.31%	96.69%
CR7	5	151	3.31%	100.00%
TOTAL	151		100%	

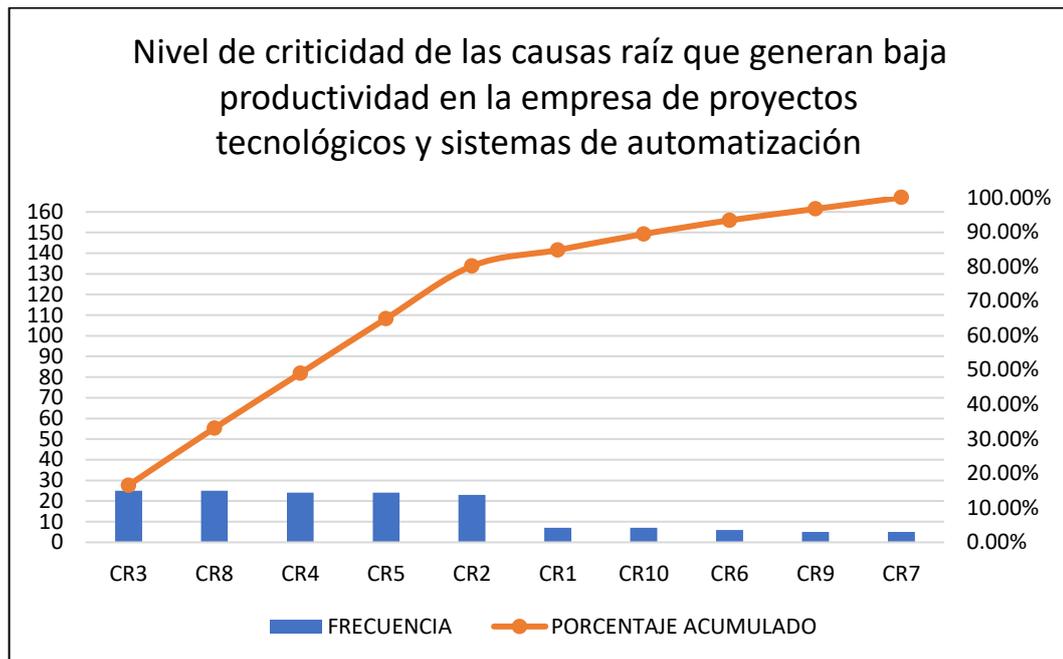


Figura 19. Diagrama de Pareto

Este análisis se realizó con la finalidad de que, al atender las principales problemáticas de la empresa, se pueda incrementar la productividad. Se determinó en base a la matriz de priorización de causas raíz y el diagrama de Pareto, que las causas raíz en base a las cuales se diseñó la propuesta de mejora fueron:

- Falta de orden y limpieza en almacén principal
- Falta de supervisión durante el proceso productivo
- Deficiente distribución interna del taller eléctrico
- Deficiente distribución de planta
- Procedimientos de trabajo inadecuados.

Para atender estas problemáticas, se hizo la selección de las mejores herramientas de la ingeniería industrial que pueden brindar una solución; además, se establecieron indicadores con los cuales se pudo medir de forma cuantitativa y económica la situación actual de la empresa y proyectar un resultado después de la implementación de la propuesta de mejora (Ver Tabla 19).

Tabla 19.

Matriz de indicadores

Ítem	Causa Raíz	Indicador	Fórmula	Pérdida Inicial (S/.)	Valor Actual (%)	Pérdida Final (S/.)	Valor Meta (%)	Beneficio (S/.)	Herramienta de solución
CR3	Falta de orden y limpieza en almacén principal	% de elementos obsoletos y/o deteriorados	$\frac{\text{Costo de elementos deteriorados y/o obsoletos}}{\text{Costo total de elementos acumulados en el 2019}} \times 100\%$	S/32,426.24	41.78%	S/0.00	0.00%	S/32,426.24	5S
CR8	Falta de supervisión durante el proceso productivo	% de pedidos entregados fuera de tiempo al cliente	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de pedidos entregados fuera de tiempo al cliente}}{\text{N}^\circ \text{ total de pedidos entregados en el 2019}} \times 100\%$	S/17,960.52	81.82%	S/0.00	0.00%	S/17,960.52	Kanban
CR4	Deficiente distribución interna del taller eléctrico	% de tiempo improductivo por movimientos innecesarios	$\frac{\text{Tiempo improductivo por movimientos innecesarios}}{\text{Tiempo total disponible para movimientos}} \times 100\%$	S/5,468.83	100%	S/3,024.69	70%	S/2,444.14	Systematic Layout Planning
CR5	Deficiente distribución de planta	% de tiempo improductivo por traslados internos	$\frac{\text{Tiempo improductivo por traslados internos}}{\text{Tiempo total disponible para traslados internos}} \times 100\%$	S/11,596.34	100%	S/4,274.72	31.26%	S/7,321.62	Systematic Layout Planning
CR2	Procedimientos de trabajo inadecuados	% de tableros eléctricos reprocesados	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de tableros eléctricos reprocesados}}{\text{N}^\circ \text{ total de tableros eléctricos ensamblados en el 2019}} \times 100\%$	S/5,960.00	29.09%	S/0.00	0.00%	S/5,960.00	PDCA

2.5. Solución de la propuesta

A continuación, se presenta una tabla en la que se detallan las herramientas de Lean Manufacturing seleccionadas para el desarrollo de la propuesta de mejora para solucionar las problemáticas de la empresa en estudio identificadas:

Tabla 20.

Herramientas de Lean Manufacturing seleccionadas

Cr	Causa raíz	Herramienta de mejora
CR3	Falta de orden y limpieza en almacenes	5S
CR8	Falta de supervisión durante el proceso productivo	Kanban
CR4	Deficiente distribución interna de los talleres	Celdas de manufactura
CR5	Deficiente distribución de planta	Systematic Layout Planning
CR2	Procedimientos de trabajo inadecuados	PDCA

En los siguientes extractos de la investigación, se presenta la descripción, el análisis económico y el desarrollo de la propuesta de mejora para cada una de las causas raíz que fueron priorizadas.

2.5.1. Causa raíz 3: Falta de orden y limpieza en almacén principal

La empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización cuenta con un área de 104.85 m² destinados al almacén principal, en este espacio se alojan los principales componentes que son usados para el ensamble de la familia de productos de tableros eléctricos, así como también los cables, repuestos, equipos de protección personal, documentación y un balón de oxígeno de emergencia que fue adquirido ante la actual emergencia sanitaria. En el almacén principal se cuenta con anaqueles para la disposición de los elementos; sin embargo, algunos requieren de señalización para mantener el orden, y también se identificó una considerable cantidad de cajas y material dispersos en el suelo (Ver Figuras 20, 21 y 22).



Figura 20. Disposición de anaqueles en el almacén principal

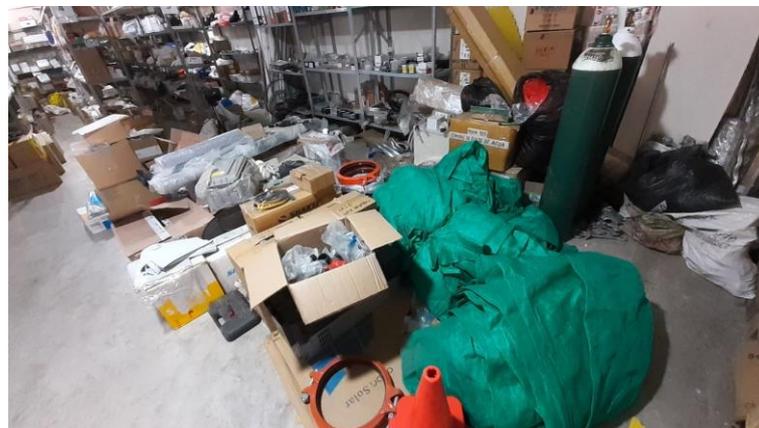


Figura 21. Material en el piso



Figura 22. Componentes en el piso

Al término del periodo 2019 se identificaron 71 productos obsoletos y/o deteriorados, siendo considerados desperdicios al reducir o perder valor operativo y comercial, lo que representó una pérdida estimada en S/32,426.24 (Ver Tabla 21).

Tabla 21.

Pérdida por productos obsoletos y/o deteriorados en el almacén en el 2019

Familia de producto	Costo del artículo	Costo de pedir	Costo de mantener	Costo total por productos obsoletos y/o deteriorados
Batería	S/172.94	S/8.65	S/4.15	S/185.74
Bobina	S/439.38	S/21.97	S/10.55	S/471.89
Bornera	S/14.08	S/0.70	S/0.34	S/15.12
Cable	S/180.11	S/9.01	S/4.32	S/193.44
Canaleta ranurada	S/22.93	S/1.15	S/0.55	S/24.63
Cintillo para cable	S/2.12	S/0.11	S/0.05	S/2.28
Conector	S/2.34	S/0.12	S/0.06	S/2.51
Contactador	S/160.49	S/8.02	S/3.85	S/172.36
Convertor de protocolo	S/216.00	S/10.80	S/5.18	S/231.98
Espiral portacable	S/5.58	S/0.28	S/0.13	S/5.99
Estobol	S/1.51	S/0.08	S/0.04	S/1.62
Fuente de alimentación	S/15.14	S/0.76	S/0.36	S/16.26
Fuente de energía	S/104.40	S/5.22	S/2.51	S/112.13
Fusible NH ar FNH1	S/223.27	S/11.16	S/5.36	S/239.79
IM REG.	S/537.26	S/26.86	S/12.89	S/577.02
Interruptor	S/490.75	S/24.54	S/11.78	S/527.07
Kit de puerta	S/110.12	S/5.51	S/2.64	S/118.27
Manga termocontraible	S/1.48	S/0.07	S/0.04	S/1.59
Marcador para cable	S/0.18	S/0.01	S/0.00	S/0.19
Perno	S/1.08	S/0.05	S/0.03	S/1.16
Piloto luminoso	S/99.04	S/4.95	S/2.38	S/106.36
Placa de montaje	S/672.05	S/33.60	S/16.13	S/721.78
Plancha de aluminio	S/503.89	S/25.19	S/12.09	S/541.18
Platina	S/12.96	S/0.65	S/0.31	S/13.92
Porta plano	S/30.74	S/1.54	S/0.74	S/33.02
Pulsador luminoso	S/276.95	S/13.85	S/6.65	S/297.44
Regulador de carga	S/49.54	S/2.48	S/1.19	S/53.20
Relay + base	S/295.99	S/14.80	S/7.10	S/317.90
Relé	S/804.85	S/40.24	S/19.32	S/864.41
Riel DIN	S/21.89	S/1.09	S/0.53	S/23.51
Selector	S/417.24	S/20.86	S/10.01	S/448.12
Swirch Nogest	S/424.12	S/21.21	S/10.18	S/455.50
Tablero	S/7,880.22	S/394.01	S/189.13	S/8,463.36
Terminal	S/3.31	S/0.17	S/0.08	S/3.56
Transformador	S/356.40	S/17.82	S/8.55	S/382.77
Variador ATV	S/15,518.56	S/775.93	S/372.45	S/16,666.93
Ventilador	S/122.15	S/6.11	S/2.93	S/131.19
Total	S/30,191.06	S/1,509.55	S/724.59	S/32,426.24

Para dar solución a esta causa raíz, se propuso la implementación de la metodología 5S. En una etapa preliminar, se identificó que la empresa no tiene una adecuada organización en el almacén; a través de esta herramienta se busca mantener el orden y la limpieza en el área para que de esta manera se evite el deterioro de los ítems, puesto que se podrán identificar rápidamente las existencias al momento de realizar el inventario evitando el sobre stock.

A continuación, se detallan las actividades a seguir en cada una de las etapas del desarrollo de la metodología 5S:

A. Seiri – Clasificación

En la primera fase, se separan los elementos necesarios de los innecesarios, considerando factores importantes como su naturaleza, seguridad y frecuencia de uso; siguiendo los siguientes pasos:

- Registrar y verificar cada uno de los ítems existentes en el almacén para luego identificar si son innecesarios para el proceso productivo; para ello, se responde a las siguientes preguntas:

¿Es necesario tener este elemento?

Si es necesario, ¿es necesaria tener esta cantidad?

Si es necesario, ¿tiene que estar localizado en este lugar?

- Establecer el control con tarjetas para especificar el tratamiento de cada elemento identificado. Se emplean las tarjetas de color verde para indicar que dicho ítem no pertenece al área de almacén y debe ser trasladado (Ver Figura 23); las de color amarillo indican que se requiere reparación y/o restauración (Ver Figura 24) y las de color rojo, si se trata de un elemento que debe ser desechado (Ver Figura 25).

TARJETA VERDE	
Fecha:	_____
Área:	_____
Ubicación inicial:	_____
Ítem:	_____
Cantidad:	_____
ACCION SUGERIDA	
Traslado a otra área	
Comentario	
Fecha para concluir acción	
00/00/0000	

Figura 23. Tarjeta Verde

TARJETA AMARILLA	
Fecha:	_____
Área:	_____
Ubicación inicial:	_____
Ítem:	_____
Cantidad:	_____
ACCION SUGERIDA	
Reparación	
Comentario	
Fecha para concluir acción	
00/00/0000	

Figura 24. Tarjeta Amarilla

TARJETA ROJA	
Fecha:	_____
Área:	_____
Ubicación inicial:	_____
Ítem:	_____
Cantidad:	_____
ACCION SUGERIDA	
Eliminación	
Comentario	
Fecha para concluir acción	
00/00/0000	

Figura 25. Tarjeta Roja

- Contar con un plan de acción para aquellos elementos que no pueden ser retirados de manera inmediata por problemas técnicos o decisiones imprecisas de su destino final; por ello, se evalúan como posibles opciones: mantener el elemento en el mismo lugar, trasladarlo a otra área dentro de la empresa, almacenarlos fuera del área de trabajo o su posible venta.

- Registrar los avances obtenidos en la implementación de la primera etapa, dándolos a conocer de manera pública a los colaboradores de la empresa para motivarlos a mantener los cambios en el tiempo.

B. Seiton – Orden

En la segunda fase, una vez que ya se han identificado los ítems necesarios, estos pasan a ser organizados de acuerdo con su frecuencia de uso para facilitar su búsqueda y el control de inventario.

Para el desarrollo de esta fase se siguen los siguientes pasos:

- Los elementos registrados en el almacén se separan por familia de productos, estableciendo color para para cada dos de ellos y un lugar específico en el almacén (Ver Figura 26).

ADAPTADOR	Yellow	INTERRUPTOR	Yellow
BATERÍA	Green	KIT DE PUERTA	Green
BOBINA	Blue	LÁMPARA FLUORESCENTE	Blue
BORNERA	Red	LLAVE TERMICA	Red
CABLE	Light Green	MANGA TERMOCONTRAIBLE	Light Green
CANALETA RANURADA	White	MARCADOR PARA CABLE	White
CAPUCHA PARA CONECTOR	Light Green	PERNO	Light Green
CINTILLO PARA CABLE	Yellow	PILOTO LUMINOSO	Yellow
CONECTOR	White	PLACA DE MONTAJE	White
CONTACTOR	Brown	PLANCHA DE ALUMINIO	Brown
CONVERSOR DE PROTOCOLO	Brown	PLATINA	Brown
ENCHUFE	White	PORTA PLANO	White
ESPIRAL PORTACABLE	Light Orange	PORTA CINTILLO	Light Orange
ESTOBOL	Orange	PRESAESTOPA PARA CABLE	Orange
FILETE PARA TABLEROS	Brown	PULSADOR LUMINOSO	Brown
FUENTE DE ALIMENTACIÓN	Blue	REGULADOR DE CARGA	Blue
FUENTE DE ENERGÍA	Blue	REJILLA	Blue
FUSIBLE NH AR FNH1	Dark Blue	RELAY + BASE	Dark Blue
GABINETE AUTO SOPORTADO	Pink	RELÉ	Pink
IM REG.	Pink	RIEL DIN	Pink
TAPA FINAL PARA BORNERA	Pink	RJ 45	Pink
TERMINAL	Magenta	SELECTOR	Magenta
TERMOSTATO	Magenta	SOLDADURA ESTAÑO	Magenta
TOMACORRIENTE	Light Green	STICKER	Light Green
TRANSFORMADOR	Yellow	SUPRESOR DE PICO	Yellow
UNIÓN PARA RJ 45	Yellow	SWITCH NOGEST	Yellow
VARIADOR ATV	Cyan	TABLERO	Cyan
VENTILADOR	Blue	ZELIO	Blue

Figura 26. Codificación de colores

- Para el rotulado de los espacios destinados a almacenar cada par de componentes, se coloca una tarjeta donde se detallará el color, nombre de los ítems, cantidad y frecuencia de uso; posteriormente, se organizan los elementos de uso frecuente cerca a la entrada del almacén; uso moderado, sector intermedio y uso inusual, al final del espacio de almacenamiento (Ver Figura 27).

TARJETA	
Color	<input type="text"/>
Ubicación:	<input type="text"/>
Ítem:	<input type="text"/>
Cantidad	<input type="text"/>
FRECUENCIA DE USO	
FRECUENTE	<input type="checkbox"/>
MODERADO	<input type="checkbox"/>
INUSUAL	<input type="checkbox"/>

Figura 27. Tarjeta para rotulado

C. Seiso - Limpieza

En esta etapa se pretende la integración de la limpieza en el desarrollo de las actividades diarias; de tal manera que se eviten las averías de los componentes por acumulación de polvo, suciedad y/o sustancia contaminante.

En tal sentido, se plantea cumplir con los siguientes pasos:

- Realizar una campaña de orden y limpieza como acción motivadora de compromiso por parte de los colaboradores, desde la alta dirección hasta los operarios, en el que se establecerá el estado en el que debe de permanecer el área al finalizar la jornada laboral.
- Destinar 30 minutos entre el inicio y finalización de las operaciones a la limpieza del área de trabajo; también, establecer un comité que se encargue de la inspección del área y la disponibilidad de los implementos necesarios para la actividad; así como, las funciones que cada operario durante el proceso de limpieza debiendo determinar quién está a cargo del mantenimiento de pisos, paredes, techo, mesas de trabajo, repisas, entre otros.

D. Seiketsu – Estandarización

En la cuarta etapa se busca mantener el estado de orden y limpieza que se ha alcanzado después de la implementación de las tres primeras etapas.

Para ello, se proponen las siguientes actividades:

- Especificar las responsabilidades de cada operario verbalmente y de manera gráfica en un tablero con ubicación estratégica y de fácil visualización.
- Con el objetivo de mantener lo implementado en las tres primeras 3 “S”, se deben desarrollar de manera permanente las siguientes actividades:
 - a) Retirar del almacén principal todo aquel elemento que sea innecesario para el proceso productivo o actividades de soporte.
 - b) Asignar para cada elemento un lugar, codificarlo de modo que facilite su localización.
 - c) Limpiar y mantener el orden del almacén principal y áreas de trabajo.
- Verificar a través de una lista de verificación el funcionamiento de lo realizado en las primeras 3 ”S”. Se considerarán las siguientes preguntas:
 - a) ¿Existen elementos innecesarios dentro del área de trabajo?
 - b) ¿Existe orden y organización dentro del área de trabajo?
 - c) ¿El área de trabajo está limpia?

Asimismo, al mencionarse “área de trabajo”, se considera su implementación tanto en el almacén principal como en las áreas de operaciones y soporte, debido a que la extensión de la implementación de esta metodología debe llegar a todo el nivel organizativo de la empresa.

- Elaborar instructivos estandarizados para la implementación de cada “S”, con el objetivo de garantizar el cumplimiento rutinario de las 5S y que todos los trabajadores conozcan la manera adecuada de llevar a cabo esta metodología e inclusive capacitar a los nuevos ingresos. Estos documentos serán evaluados de manera periódica como parte de la búsqueda de la mejora continua a través del perfeccionamiento de los métodos de trabajo.

- Realizar de manera periódica capacitaciones a los colaboradores para recalcar la importancia de mantener el orden y limpieza en las áreas de trabajo.

E. Shitsuke – Disciplina

La última etapa tiene como propósito el crear una cultura de cuidado y conservación de los recursos de la organización, donde los operarios cumplan con los estándares establecidos en etapas anteriores y reconocen la importancia de la satisfacción del cliente.

Por consiguiente, es necesario seguir las siguientes acciones:

- La dirección de la empresa debe involucrarse en el proceso de cambio, motivando a sus colaboradores a cumplir las buenas prácticas de trabajo.
- Creación de un “Comité 5S” que realice auditorías internas para evaluar el cumplimiento de cada etapa realizada, siendo el Área de Calidad quien debe liderar estas auditorías para calificar la gestión y cumplimiento.

A largo plazo, realizar auditorías externas para evaluar el cumplimiento de los procedimientos establecidos para el desarrollo de esta metodología.

- Evaluar periódicamente el funcionamiento y compromiso de los colaboradores con la metodología a través de un checklist, considerar las siguientes preguntas:
 - a) ¿Los colaboradores mantienen el área limpia y ordenada?
 - b) ¿Los colaboradores cumplen con el tratamiento para aquellos elementos innecesarios dentro del área?
 - c) ¿Los trabajadores conocen el procedimiento para la codificación de los elementos existentes?
 - d) ¿Los colaboradores y directivos están comprometidos con la herramienta y promueven la mejora continua?

- Identificar oportunidades y formular planes de mejora continua para eliminar problemáticas que se determinaron durante la implantación de la metodología.

Con la propuesta de mejora se espera el porcentaje de productos obsoletos y/o deteriorados en el almacén disminuya de 36% a 0%, reduciendo la pérdida de S/32,426.24 tal como se indica en la siguiente tabla (Ver Tabla 22).

Tabla 22.
Reducción de productos obsoletos y/o deteriorados

Familia de producto	Antes de la mejora			Después de la mejora		
	Cantidad de ítems deteriorados	Costo Total	%	Cantidad de ítems deteriorados	Costo Total	%
Batería	1	S/185.74	0.24%	0	S/0.00	0.00%
Bobina	1	S/471.89	0.61%	0	S/0.00	0.00%
Bornera	3	S/15.12	0.02%	0	S/0.00	0.00%
Cable	7	S/193.44	0.25%	0	S/0.00	0.00%
Canaleta ranurada	1	S/24.63	0.03%	0	S/0.00	0.00%
Cintillo para cable	2	S/2.28	0.00%	0	S/0.00	0.00%
Conector	1	S/2.51	0.00%	0	S/0.00	0.00%
Contactador	1	S/172.36	0.22%	0	S/0.00	0.00%
Convertor de protocolo	1	S/231.98	0.30%	0	S/0.00	0.00%
Espiral porta cable	1	S/5.99	0.01%	0	S/0.00	0.00%
Estobol	2	S/1.62	0.00%	0	S/0.00	0.00%
Fuente de alimentación	1	S/16.26	0.02%	0	S/0.00	0.00%
Fuente de energía	1	S/112.13	0.14%	0	S/0.00	0.00%
Fusible NH ar FNH1	2	S/239.79	0.31%	0	S/0.00	0.00%
IM REG.	1	S/577.02	0.74%	0	S/0.00	0.00%
Interruptor	4	S/527.07	0.68%	0	S/0.00	0.00%
Kit de puerta	1	S/118.27	0.15%	0	S/0.00	0.00%
Manga termocontraible	3	S/2.63	0.00%	0	S/0.00	0.00%
Marcador para cable	5	S/0.19	0.00%	0	S/0.00	0.00%
Perno	3	S/1.16	0.00%	0	S/0.00	0.00%
Piloto luminoso	2	S/106.36	0.14%	0	S/0.00	0.00%
Placa de montaje	1	S/721.78	0.93%	0	S/0.00	0.00%
Plancha de aluminio	1	S/541.18	0.70%	0	S/0.00	0.00%
Platina	1	S/13.92	0.02%	0	S/0.00	0.00%
Porta plano	1	S/33.02	0.04%	0	S/0.00	0.00%
Pulsador luminoso	3	S/297.44	0.38%	0	S/0.00	0.00%
Regulador de carga	1	S/53.20	0.07%	0	S/0.00	0.00%
Relay + base	1	S/317.90	0.41%	0	S/0.00	0.00%
Relé	2	S/864.41	1.11%	0	S/0.00	0.00%
Riel DIN	2	S/23.51	0.03%	0	S/0.00	0.00%
Selector	2	S/448.12	0.58%	0	S/0.00	0.00%

Swirch Nogest	1	S/455.50	0.59%	0	S/0.00	0.00%
Tablero	3	S/8,463.36	10.90%	0	S/0.00	0.00%
Terminal	4	S/3.56	0.00%	0	S/0.00	0.00%
Transformador	1	S/382.77	0.49%	0	S/0.00	0.00%
Variador ATV	2	S/16,666.93	21.47%	0	S/0.00	0.00%
Ventilador	1	S/131.19	0.17%	0	S/0.00	0.00%
Total	71	S/32,426.24	42%	0	S/0.00	0.00%

2.5.2. Causa raíz 8: Falta de supervisión durante el proceso productivo

Actualmente, la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización no cuenta con un proceso productivo estandarizado, lo que origina que cada operario realice sus tareas de forma empírica y a base de prueba-error. Al llegar una orden de compra, el área comercial se encarga de establecer el plazo de entrega del producto que es especificado en la orden de producción, pero estos no son cumplidos porque no se da un seguimiento al cumplimiento de los plazos establecidos.

En consecuencia, se ha llegado a tener durante el 2019 una tasa de entrega de pedidos fuera de tiempo del 82%, implicando una pérdida de S/17,960.52 e insatisfacción de los clientes al no cumplir con el plazo de entrega del producto.

Tabla 23.
Pérdida por entrega de pedidos fuera de tiempo en el 2019

Producto	N° de pedidos entregados fuera de tiempo	Precio de venta	Costo por entrega de pedidos fuera de tiempo
Tablero de comunicación ethernet	8	S/8,640.00	S/3,456.00
Tablero de arranque directo con temporizador Zelio 3.5	3	S/400.03	S/ 60.00
Tablero de arranque directo con temporizador Zelio 6.5	14	S/643.10	S/450.17
Tablero autoportado de distribución 75kw 3f-60hz	1	S/14,620.32	S/731.02
Tablero de arranque mural c/variador de 5hp - 380/440v -3f-60hz	2	S/13,094.64	S/1,309.46
Tablero mural de arranque directo manual 7.5hp-440v-3f-60hz	2	S/10,519.34	S/1,051.93
Tablero de comunicación + switch 5 puertos	2	S/7,290.00	S/729.00
Tablero doble con variador de 75 hp	1	S/17,727.62	S/886.38
Tablero de arranque autoportado c/variador 50hp - 380/440v - 3f -60hz	2	S/24,240.71	S/2,424.07
Tablero de arranque autoportado c/variador 60hp - 380/440v - 3f -60hz	1	S/28,782.00	S/1,439.10
Tablero de arranque autoportado c/variador 75hp - 380/440v - 3f -60hz	2	S/29,841.84	S/2,984.18
Tablero para sistema de alarma nivel basico tipo boya	3	S/6,210.00	S/931.50
Tablero con mando remoto p/pivots	1	S/5,361.88	S/268.09
Tablero de 4 arranques directo 1.5 hp	1	S/17,069.94	S/ 853.50
Tablero con kit solar	2	S/3,861.00	S/ 386.10
Total	45		S/ 17,960.52

Para solucionar esta problemática se propone la aplicación del método de control visual Kanban, con la finalidad de controlar la producción y cumplir con los plazos establecidos de entrega al cliente.

Se plantea el desarrollo de la implementación en tres etapas; en la primera, se instruye a los colaboradores en el manejo de la herramienta; en la segunda, se instala un tablero en el taller para especificar el estado de cada actividad y en la tercera, se evalúa y dar a conocer los resultados alcanzados.

A. Primera etapa – Informativa

Entrenar a todos los colaboradores en los principios de Kanban. La capacitación tiene una duración establecida de 2 horas, los dos primeros lunes del mes en el que se inicie la implementación; además, se pone a cargo de un experto en

el manejo de herramientas de Lean Manufacturing, y se emplea el material y mobiliario de la empresa.

B. Segunda etapa – Aplicación tarjeta y tablero Kanban

Establecer y seguir las siguientes reglas: la estación posterior recoge el producto de la estación anterior, el proceso posterior solicita que se debe de producir al proceso preliminar y este fabrica únicamente lo que se le solicita.

A continuación, se diseñó la tarjeta Kanban para los talleres, en la que se describe la actividad, fecha y hora en la que se planifica el inicio y término de la operación; así como, el nombre del colaborador y la cantidad estándar a producir.

Número de Kanban: _____	Operario: _____
Ensamble	
Descripción de actividad _____	
Inicio _____	
Fin _____	
Cantidad producida por hora _____	

Figura 28. Tarjeta Kanban proceso ensamble

Número de Kanban: _____	Operario: _____
Soldadura	
Descripción de actividad _____	
Inicio _____	
Fin _____	
Cantidad producida por hora _____	

Figura 29. Tarjeta Kanban proceso de soldadura

Número de Kanban: _____	Operario: _____
Electrónica	
Descripción de actividad _____	
Inicio _____	
Fin _____	
Cantidad producida por hora _____	

Figura 30. Tarjeta Kanban proceso eléctrico

Por otro lado, se plantea completar de manera progresiva el tablero Kanban (Ver Figura 31), diseñado con tres compartimientos; el primero, para registrar los objetivos requeridos, en progreso y alcanzados en la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización; el segundo, para detallar el estado de los proyectos y/o experimentos puestos en marcha y el tercero, para establecer las acciones requeridas, en progreso, aquellas que necesitan ser revisadas y las que ya fueron ejecutadas.



Figura 31. Tablero Kanban

C. Tercera etapa- evaluación

Revisar y actualizar periódicamente el tablero de Kanban, tomando en cuenta los resultados positivos y la información crítica del proceso productivo, que se obtendrá al finalizar la implementación.

Se elaboró una ruta del proceso de implementación del Kanban, para que se desarrolle esta metodología de manera estandarizada (Ver Figura 32).

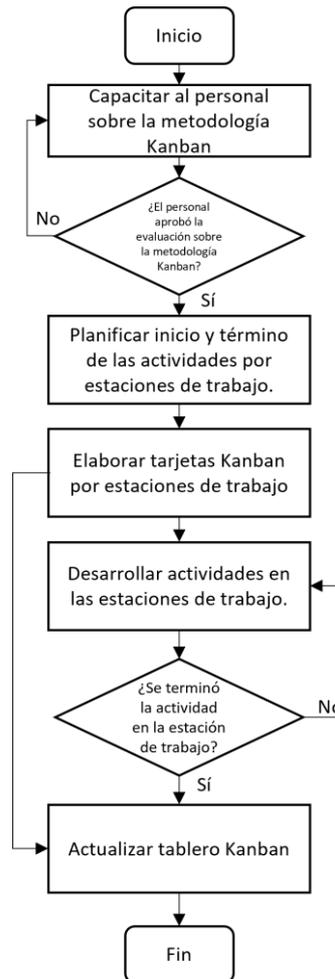


Figura 32. Flujograma para la aplicación de la metodología Kanban

Con la implementación de la metodología Kanban se espera reducir el número de tableros entregados fuera de tiempo de 45 a 0, y con ello reducir la pérdida de S/ 17,960.52 (Ver Tabla 24).

Tabla 24.

Reducción de productos entregados fuera de tiempo

Producto	Antes de la Mejora		Después de la Mejora	
	%	Costo por entrega de pedidos fuera de tiempo	%	Costo por entrega de pedidos fuera de tiempo
Tablero de comunicación ethernet	14.55%	S/3,456.00	0%	S/-
Tablero de arranque directo con temporizador zelio 3.5	5.45%	S/60.00	0%	S/-
Tablero de arranque directo con temporizador zelio 6.5	25.45%	S/450.17	0%	S/-

Tablero autoportado de distribución 75kw 3f-60hz	1.82%	S/731.02	0%	S/-
Tablero de arranque mural c/variador de 5hp - 380/440v -3f-60hz	3.64%	S/1,309.46	0%	S/-
Tablero mural de arranque directo manual 7.5hp-440v-3f-60hz	3.64%	S/1,051.93	0%	S/-
Tablero de comunicación + switch 5 puertos	3.64%	S/729.00	0%	S/-
Tablero doble con variador de 75 hp	1.82%	S886.38	0%	S/-
Tablero de arranque autoportado c/ variador 50hp - 380/440v - 3f -60hz	3.64%	S/2,424.07	0%	S/-
Tablero de arranque autoportado c/ variador 60hp - 380/440v - 3f -60hz	1.82%	S/1,439.10	0%	S/-
Tablero de arranque autoportado c/ variador 75hp - 380/440v - 3f -60hz	3.64%	S/2,984.18	0%	S/-
Tablero para sistema de alarma nivel basico tipo boya	5.45%	S/931.50	0%	S/-
Tablero con mando remoto p/pivots	1.82%	S/268.09	0%	S/-
Tablero de 4 arranques directo 1.5 hp	1.82%	S/853.50	0%	S/-
Tablero con kit solar	3.64%	S/386.10	0%	S/-
Total	81.82%	S/17,960.52	0%	S/-

2.5.3. Causa raíz 4: Deficiente distribución interna del taller eléctrico

En el taller eléctrico de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización no se tiene una adecuada distribución interna, evidenciada en los movimientos reiterativos de los trabajadores para alcanzar los materiales, las herramientas, equipos y máquinas. Debido al tipo de producción a poca escala y con un alto grado de especificaciones por los clientes, la distribución para la producción es de tipo “Distribución de posición fija”; es decir, se tienen dos mesas de trabajo donde se realiza todo el proceso de ensamblaje y todos los elementos necesarios para estas operaciones tienen que ser trasladados hasta las mesas de trabajo.

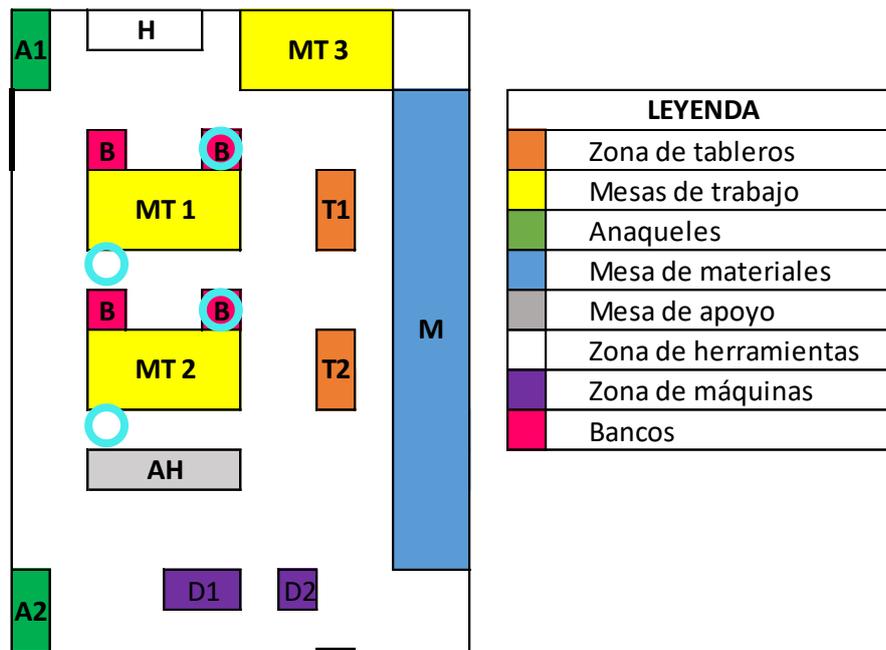


Figura 33. Distribución interna del taller eléctrico

Se laboran 45 horas a la semana, por lo que los 4 trabajadores cuentan con un total de 11340 horas al año para laborar; de las cuales 3.94 horas fueron las correspondientes al tiempo perdido por movimientos innecesarios en el taller durante el proceso productivo en el periodo 2019. Se calculó la pérdida monetaria de la causa raíz a través de la identificación de los recorridos durante el proceso productivo y el costo por minuto de cada operario (Ver Tabla 25), obteniendo una pérdida de S/5,468.83 durante el periodo 2019 (Ver Tabla 26).

Tabla 25.

Cálculo de costo por movimientos por unidad

Operario	Distancia	Tiempo de recorrido (min)	Costo de mano de obra (min)	Costo por movimientos (min)
Operario 1	8	0.8	S/8.06	S/6.44
Operario 2	13	1.3	S/5.56	S/7.22
Operario 3	6	0.6	S/5.17	S/3.10
Operario 4	16	1.6	S/51.67	S/82.67
Total	43	4.3	S/70.44	S/99.43

Tabla 26.

Cálculo de costo por movimientos en el 2019

Producto	Demanda	Costo de tiempo improductivo por movimientos innecesarios
Tablero de comunicación ethernet	10	S/994.33
Tablero de arranque directo con temporizador zelio 3.5	4	S/397.73
Tablero de arranque directo con temporizador zelio 6.5	17	S/1,690.37
Tablero autoportado de distribución 75kw 3f-60hz	1	S/99.43
Tablero de arranque mural c/variador de 5hp - 380/440v -3f-60hz	2	S/198.87
Tablero mural de arranque directo manual 7.5hp-440v-3f-60hz	3	S/298.30
Tablero de comunicación + switch 5 puertos	2	S/198.87
Tablero doble con variador de 75 hp	1	S/99.43
Tablero de arranque autoportado c/ variador 50hp - 380/440v - 3f -60hz	3	S/298.30
Tablero de arranque autoportado c/ variador 60hp - 380/440v - 3f -60hz	1	S/99.43
Tablero de arranque autoportado c/ variador 75hp - 380/440v - 3f -60hz	3	S/298.30
Tablero para sistema de alarma nivel basico tipo boya	4	S/397.73
Tablero con mando remoto p/pivots	1	S/99.43
Tablero de 4 arranques directo 1.5 hp	1	S/99.43
Tablero con kit solar	2	S/198.87
Total	55	S/5,468.83

Para solucionar esta problemática se propone la aplicación de la herramienta Systematic Layout Planning (SLP), con la finalidad de analizar la distribución actual de la empresa y replantear un nuevo layout considerando la optimización de tiempo.

La implementación se desarrolla en 5 pasos: primero se identifican las zonas del área a analizar; posteriormente, se indica el flujo del personal a través del taller eléctrico durante el proceso productivo; luego, se establecen las relaciones entre las zonas del taller eléctrico, en base a los resultados de este análisis se crea el diagrama relacional de líneas. Se utiliza el método Guerchet para determinar el requerimiento

de espacio en base a los elementos en el área, para finalmente elaborar el nuevo layout en base a la información procesada y con ayuda del algoritmo Corelap 1.0.

A. Distribución del espacio físico

En base al plano original entregado por la empresa, se elabora un layout con la distribución interna del área a escala (Ver Figura 34).

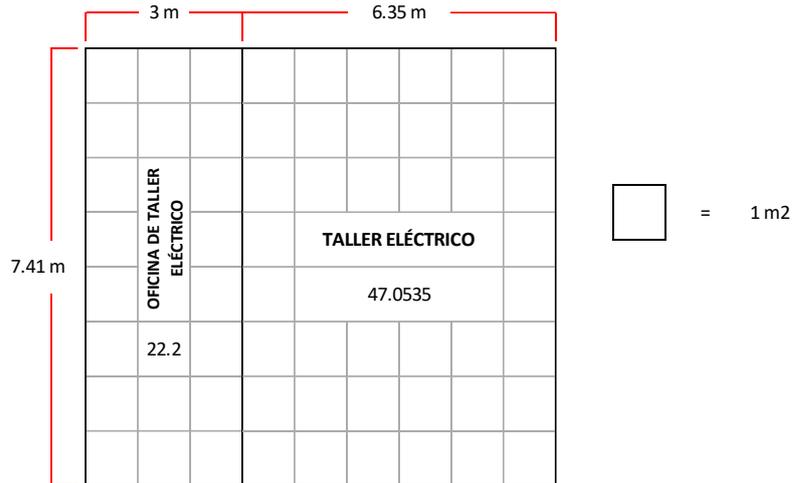


Figura 34. Distribución interna de taller eléctrico a escala

Para el desarrollo de la herramienta solo se consideró el espacio físico donde se realizan las actividades operativas, descartando el espacio de la oficina del taller. De esta manera, se identificaron las zonas donde están ubicados todos lo mobiliarios de los que se hace uso en el proceso de ensamble (Ver Figura 35).

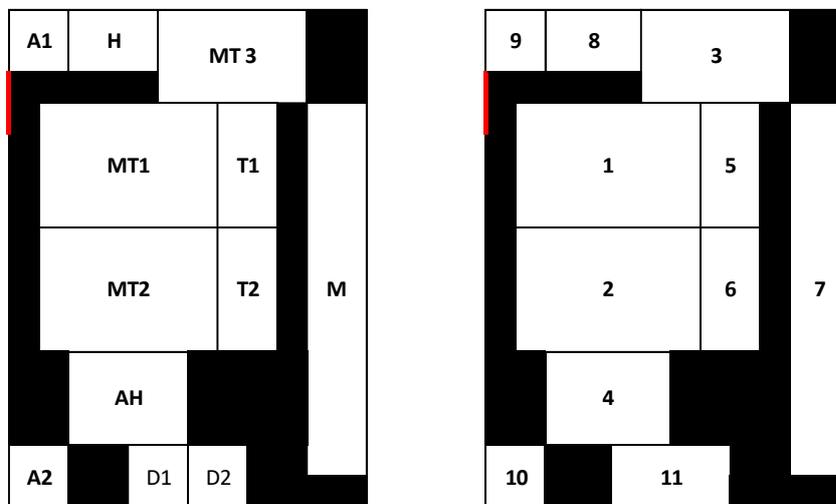


Figura 35. Zonificación del taller eléctrico

B. Flujo interno de personal

Se identificó el flujo de los operarios durante el proceso productivo, y las distancias estimadas se muestran en la Tabla 27. Estos movimientos se deben, en su mayoría, a la necesidad de los operarios de recoger los elementos que utilizan en el proceso de ensamble.

Tabla 27.

Resumen de movimientos en el taller eléctrico

Operario	Recorrido	Distancia
Operario 1		8
Operario 2		13
Operario 3		6
Operario 4		16

C. Identificación de relaciones interáreas

Para el análisis de relaciones entre las zonas de trabajo en el taller de ensamble se estableció la tabla de relaciones (Ver Tabla 28), en la cual se codifica con una letra la relación que hay entre una zona y la otra, de esta manera se permitirá identificar si es necesario que una zona esté ubicada al lado de la otra o no. Además, para contribuir con un mejor análisis, se estableció la tabla de criterios (Ver Tabla 29) para dar un motivo por el cual se ha dado la codificación en base a la tabla de relaciones.

Tabla 28.

Tabla de relaciones

Relación	Definición	Valor
A	Absolutamente necesario	4
E	Especialmente importante	3
I	Importante	2
O	Ordinario	1
U	Sin importancia	0
X	Indeseable	-1

Tabla 29.

Tabla de criterios

Ratio	Criterio
1	Por optimización de tiempo
2	Por seguridad industrial
3	Por conveniencia
4	Poca relación

Una vez identificadas las codificaciones y puntuaciones que se darán a las relaciones entre las zonas del taller eléctrico, se procede a diseñar y desarrollar el Diagrama de relaciones (Ver Figura 36), con el cual se determina la necesidad de ubicar una zona más cerca que la otra, o de ser el caso, evitar que dos zonas o áreas estén juntas por los criterios establecidos. Con el Diagrama de relaciones se calcula el Total Closeness Rating (TCR) o la ratio total de cercanía interáreas (Ver Tabla 30).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 Zona de trabajo 1		I 3	A 1	A 1	A 1	O 3	U 4	A 1	E 1	I 1	E 1
2 Zona de trabajo 2			A 1	A 1	O 3	A 1	U 4	E 3	E 1	I 1	A 1
3 Apoyo de herramientas 1				O 3	O 4	O 4	I 1	O 3	O 3	I 1	U 4
4 Apoyo de herramientas 2					O 3	O 3	A 1	I 1	I 1	E 1	U 4
5 Zona de tablero 1						O 3	E 1	I 3	O 3	U 4	U 4
6 Zona de tablero 2							E 1	I 3	O 3	U 4	U 4
7 Zona de materiales								U 4	U 4	U 4	U 4
8 Zona de herramientas									O 3	U 4	U 4
9 Zona de materiales pequeños										U 4	U 4
10 Zona de equipos											U 4
11 Zona de máquinas											

Figura 36. Diagrama de relaciones del taller eléctrico

Tabla 30.

TCR Taller eléctrico

Código	Relación asignada											Resumen						TCR	Nuevo orden
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	A	E	I	O	U	X		
1	-	I	A	A	A	O	U	A	E	I	E	4	2	2	1	1	0	27	1
2	I	-	A	A	O	A	U	E	E	I	A	4	2	2	1	1	0	27	2
3	A	A	-	O	O	O	I	O	O	I	U	2	0	2	5	1	0	17	4
4	A	A	O	-	O	O	A	I	I	E	U	3	1	2	3	1	0	22	3
5	A	O	O	O	-	O	E	I	O	U	U	1	1	1	5	2	0	14	8
6	O	A	O	O	O	-	E	I	O	U	U	1	1	1	5	2	0	14	5
7	U	U	I	A	E	E	-	U	U	U	U	1	2	1	0	6	0	12	6
8	A	E	O	I	I	I	U	-	O	U	U	1	1	3	2	3	0	15	7
9	E	E	O	I	O	O	U	O	-	U	U	0	2	1	4	3	0	12	9
10	I	I	I	E	U	U	U	U	U	-	U	0	1	3	0	6	0	9	10
11	E	A	U	U	U	U	U	U	U	U	-	1	1	0	0	8	0	7	11

D. Establecimiento de relaciones interáreas

El cálculo del TCR permitió organizar las zonas del taller de ensamble, de tal forma que se organizaron de forma decreciente conforme el TCR que obtuvieron (Ver Tabla 31). Al analizar estos datos, mientras mayor sea el TCR será ubicado al centro del espacio físico total debido a su mayor importancia e interrelación con las demás zonas, siendo las áreas consecutivas las que tendrán que acoplarse alrededor.

Tabla 31.

Nuevo orden de áreas del taller eléctrico

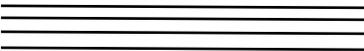
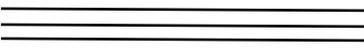
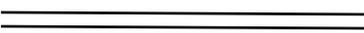
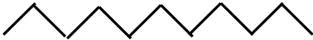
Código	Áreas	TCR
1	Zona de trabajo 1	27
2	Zona de trabajo 2	27
4	Apoyo de herramientas 2	22
3	Apoyo de herramientas 1	17
8	Zona de herramientas	15
5	Zona de tablero 1	14
6	Zona de tablero 2	14
7	Zona de materiales	12
9	Zona de materiales pequeños	12

10	Zona de equipos	9
11	Zona de máquinas	7

Para identificar de una mejor manera las relaciones, se elabora el Diagrama de líneas (Ver Figura 37), para lo cual se elaboró la tabla de líneas (Ver Tabla 32) donde se indican el color y la simbología a usar de acuerdo con el criterio de cercanía.

Tabla 32.

Tabla de líneas

Relación	Línea guía	Color
A		Rojo
E		Amarillo
I		Verde
O		Azul
U	-	Ninguno
X		Marrón

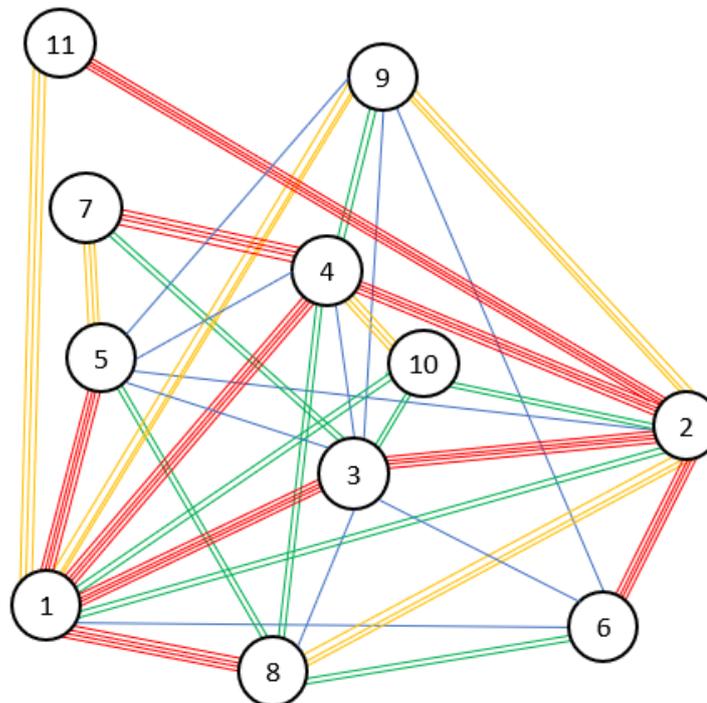


Figura 37. Diagrama de líneas del taller de ensamble

E. Cálculo de las necesidades de espacio

En base al método Guerchet y considerando todos los elementos dentro del taller eléctrico, se calculó la superficie total requerida para el área (Ver Tabla 33).

Tabla 33.

Necesidades de espacio del taller eléctrico

Elemento	Largo	Ancho	H	n	N	Ss	Sg	Se	St
Mesa de trabajo	2.10	0.70	1.00	2	3	1.47	2.94	3.97	25.14
Mesa de materiales	5.61	0.70	1.00	1	1	3.93	3.93	7.07	14.92
Apoyo de materiales	2.10	0.21	0.50	1	1	0.44	0.44	0.79	1.68
Anaquele de materiales	1.15	0.53	1.80	1	2	0.61	0.61	1.10	4.63
Máquina dobladora grande	1.00	0.50	2.00	1	1	0.50	0.50	0.90	1.90
Máquina dobladora regular	0.50	0.50	1.00	1	1	0.25	0.25	0.45	0.95
Estante de equipos	2.23	0.53	1.80	1	1	1.18	1.18	2.13	4.49
Banco	0.30	0.30	0.60	2	4	0.09	0.18	0.24	2.05
Escritorio	1.20	0.50	0.75	1	1	0.60	0.60	1.08	2.28
Silla de escritorio	0.59	0.58	1.12	1	1	0.34	0.34	0.62	1.30
Tablero autosorpotado	0.80	0.60	2.00	1	2	0.48	0.48	0.86	3.65
Total									62.99

F. Nueva distribución del espacio físico

La nueva distribución del taller eléctrico se realizó con ayuda del programa Corelap 1.0 (Ver Figuras 38 y 39), el cual dio una alternativa de ordenamiento del área; sin embargo, la decisión final para la distribución se realizó tomando en cuenta el criterio de ingeniería y las necesidades reales de los operarios.

CORELAP 01_Presentación Resultados

ORDENACIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS POR IMPORTANCIA

Orden	Nombre	TCR	Superficie m2
1.-	Zona de trabajo 2	47	6
2.-	Zona de trabajo 1	47	6
3.-	Apoyo de herr 2	42	4
4.-	Apoyo de herr 1	37	3.75
5.-	Zona de herr	35	2.6
6.-	Zona de tablero 2	34	2
7.-	Zona de tablero 1	34	2
8.-	Zona de materiale	32	6
9.-	Zona de mat peq	32	1
10.-	Zona de equipos	29	1

Calcular Iteraciones
 Superficie Requerida < Superficie Disponible
 Superficie Requerida: 36.35
 Superficie Disponible: 47.0535

Figura 38. TCR Corelap 1.0 - Taller eléctrico

CORELAP 01_Representación Gráfica

LAYOUT ADECUADO

1.-	2
2.-	4
3.-	1
4.-	3
5.-	8
6.-	9
7.-	5
8.-	6
9.-	7
10.-	10
11.-	11



Figura 39. Layout Corelap 1.0 - Taller eléctrico

Una vez analizada la propuesta de layout generada por el algoritmo de Corelap 1.0, se procedió a armar la distribución final en base a los requerimientos que demanda el proceso productivo; de esta manera, se hizo los ajustes considerando principalmente la disminución de traslados por movimiento de materiales, equipos y herramientas. Es así como se propuso la siguiente distribución:

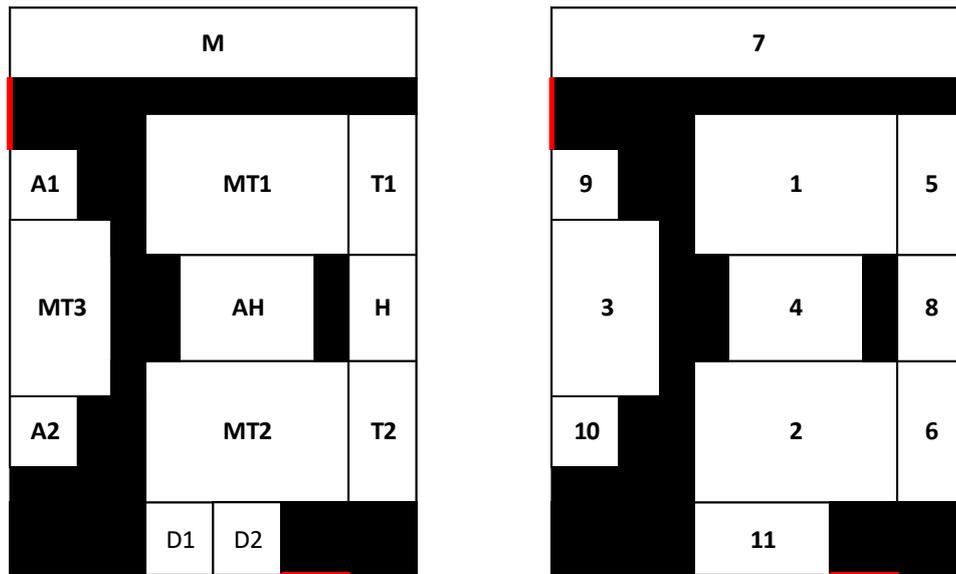


Figura 40. Zonificación mejorada del taller eléctrico

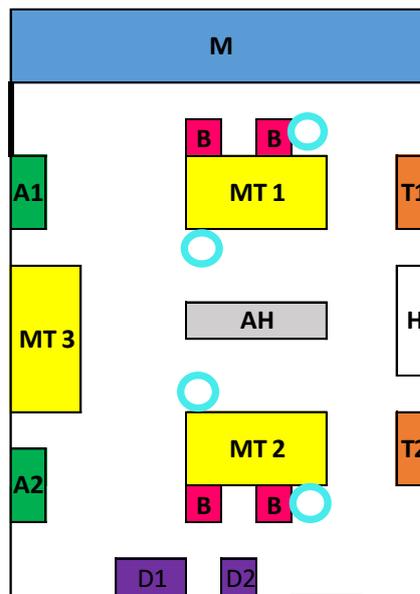


Figura 41. Distribución interna mejorada del taller eléctrico

La propuesta se enfoca en reducir los movimientos de los operarios, por lo cual las mesas “MT 3” y “AH”, que son usadas de apoyo para tener a cercano el material, los componentes, las herramientas y los equipos a la mano, queden centradas entre las dos mesas de trabajo que están justo al frente de la zona de los gabinetes donde es el punto final de ensamblado de los tableros eléctricos. De esta manera, los operarios antes tenían que ir por cada zona de materiales y de herramientas para

conseguir lo que necesitaran, pero ahora con las mesas de apoyo cerca a ellos, podrán alcanzar los elementos necesarios con la mínima cantidad de movimientos.

Con la implementación de la herramienta SLP se espera reducir el tiempo improductivo por movimientos innecesarios de 4.3 min a 3 min por unidad, y con ello reducir los costos de movimientos a S/3,024.69 (Ver Tabla 34).

Tabla 34.

Reducción de tiempos por movimientos innecesarios

Producto	Antes de la mejora		Después de la mejora	
	Costo por movimientos innecesarios	Tiempo por movimientos innecesarios (min)	Costo por movimientos innecesarios	Tiempo por movimientos innecesarios (min)
Tablero de comunicación ethernet	S/994.33	43	S/549.94	30
Tablero de arranque directo con temporizador zelio 3.5	S/397.73	17	S/219.98	12
Tablero de arranque directo con temporizador zelio 6.5	S/1,690.37	73	S/934.91	51
Tablero autoportado de distribución 75kw 3f-60hz	S/99.43	4	S/54.99	3
Tablero de arranque mural c/variador de 5hp - 380/440v -3f-60hz	S/198.87	9	S/109.99	6
Tablero mural de arranque directo manual 7.5hp-440v-3f-60hz	S/298.30	13	S/164.98	9
Tablero de comunicación + switch 5 puertos	S/198.87	9	S/109.99	6
Tablero doble con variador de 75 hp	S/99.43	4	S/54.99	3
Tablero de arranque autoportado c/variador 50hp - 380/440v - 3f -60hz	S/298.30	13	S/164.98	9
Tablero de arranque autoportado c/variador 60hp - 380/440v - 3f -60hz	S/99.43	4	S/54.99	3
Tablero de arranque autoportado c/variador 75hp - 380/440v - 3f -60hz	S/298.30	13	S/164.98	9
Tablero para sistema de alarma nivel basico tipo boya	S/397.73	17	S/219.98	12
Tablero con mando remoto p/pivots	S/99.43	4	S/54.99	3
Tablero de 4 arranques directo 1.5 hp	S/99.43	4	S/54.99	3
Tablero con kit solar	S/198.87	9	S/109.99	6
Total	S/5,468.83	237	S/3,024.69	165

2.5.4. Causa raíz 5: Deficiente distribución de planta

En la planta de la empresa existe una deficiente distribución de planta que impide se asegure el flujo adecuado de trabajo, materiales, personas e información

en el sistema de producción. Son los transportes de materia prima hacia el taller eléctrico los desplazamientos que más tiempo requieren, siendo la principal causa las distancias entre las áreas (Ver Figura 42).

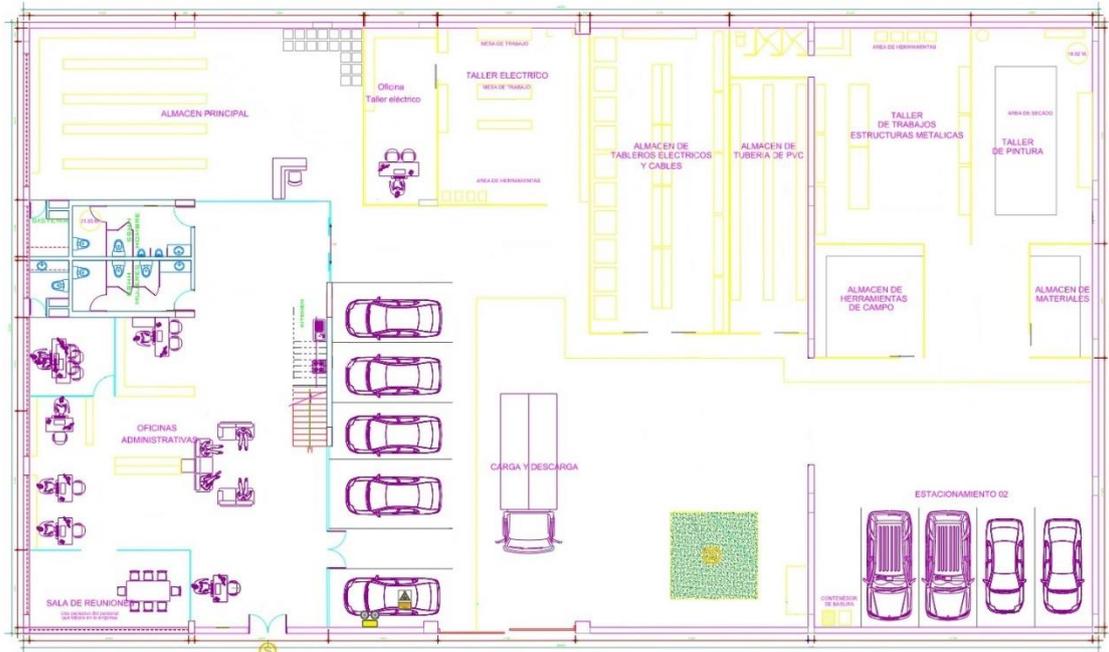


Figura 42. Distribución de la planta industrial

El tiempo improductivo es de 19.64 horas debido a traslados entre las áreas de la empresa durante el proceso productivo en el periodo 2019. Se calculó la pérdida monetaria de la causa raíz a través de la identificación de los recorridos y el costo por minuto de cada operario (Ver Tabla 35), obteniendo una pérdida de S/11,596.34 durante el periodo 2019 (Ver Tabla 36).

Tabla 35.
Cálculo de costo por desplazamientos por unidad

Recorrido	N° operarios	Costo de mano de obra (min)	Distancia	Tiempo de recorrido (min)	Costo de traslados internos por tablero
Almacén principal - Taller eléctrico	1	S/9.17	9	1.5000	S/13.75
Almacén de tableros eléctricos y cables - Taller eléctrico	2	S/16.11	8	2.2667	S/36.52

Almacén de tableros eléctricos y cables - Taller eléctrico	2	S/16.11	8	2.2667	S/36.52
Almacén de estructuras metálicas - Taller eléctrico	1	S/8.06	14	3.2667	S/26.31
Taller eléctrico - Taller de trabajo estructuras metálicas	1	S/8.06	52	12.1333	S/97.74
Total	7	S/57.50	91	21.4333	S/210.84

Tabla 36.
Cálculo de costo por desplazamientos en el 2019

Producto	Demanda	Costo de tiempo improductivo por traslados internos
Tablero de comunicación ethernet	10	S/2,108.43
Tablero de arranque directo con temporizador zelio 3.5	4	S/843.37
Tablero de arranque directo con temporizador zelio 6.5	17	S/3,584.32
Tablero autoportado de distribución 75kw 3f-60hz	1	S/210.84
Tablero de arranque mural c/variador de 5hp - 380/440v -3f-60hz	2	S/421.69
Tablero mural de arranque directo manual 7.5hp-440v-3f-60hz	3	S/632.53
Tablero de comunicación + switch 5 puertos	2	S/421.69
Tablero doble con variador de 75 hp	1	S/210.84
Tablero de arranque autoportado c/ variador 50hp - 380/440v - 3f -60hz	3	S/632.53
Tablero de arranque autoportado c/ variador 60hp - 380/440v - 3f -60hz	1	S/210.84
Tablero de arranque autoportado c/ variador 75hp - 380/440v - 3f -60hz	3	S/632.53
Tablero para sistema de alarma nivel basico tipo boya	4	S/843.37
Tablero con mando remoto p/pivots	1	S/210.84
Tablero de 4 arranques directo 1.5 hp	1	S/210.84
Tablero con kit solar	2	S/421.69
Total	55	S/11,596.34

A continuación, se especifica el desarrollo de la herramienta Systematic Layout Planning (SLP) para mejorar la distribución actual de toda la planta industrial:

A. Distribución del espacio físico

En base al plano original entregado por la empresa (Ver Figura 16), se elabora un layout con la distribución interna del área a escala (Ver Figura 43).

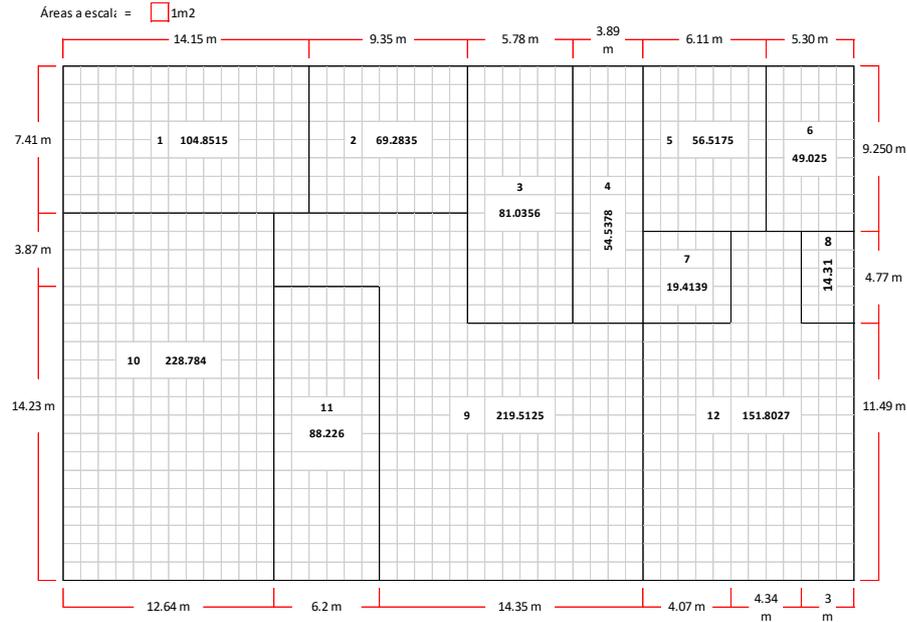


Figura 43. Distribución de la planta industrial a escala

B. Flujo interno de personal

Se identificó el flujo de los operarios durante el proceso productivo y el abastecimiento de materiales, y las distancias estimadas se muestran en la Tabla 37.

Tabla 37.

Resumen de desplazamientos en la planta industrial

Salida	Flujo	Entrada	Actividad	Distancia
Almacén principal		Taller eléctrico	Abastecimiento de componentes principales	9
Almacén de tableros eléctricos y cables		Taller eléctrico	Abastecimiento de gabinetes	8
Almacén de tableros eléctricos y cables		Taller eléctrico	Abastecimiento de cables	8
Almacén de estructuras metálicas		Taller eléctrico	Abastecimiento de plancha de aluminio	14
Taller eléctrico		Taller de trabajos estructuras metálicas	Cortado de plancha de aluminio	52
Almacén de estructuras metálicas		Taller de trabajos estructuras metálicas	Actividad auxiliar (para otra familia de productos)	13
Taller de trabajos estructuras metálicas		Taller de pintura	Actividad auxiliar (para otra familia de productos)	2
Taller de pintura		Almacén de estructuras metálicas	Actividad auxiliar (para otra familia de productos)	15

Estos movimientos se deben, en su mayoría, a la necesidad de abastecimiento del taller eléctrico para iniciar con la producción de tableros eléctricos, así como la operación que requiere del taller de soldadura y se consideró otros factores como la relación de los talleres de pintura y soldadura para actividades auxiliares. Los desplazamientos por la planta fueron representados en la Figura 44, para este diseño solo se consideró las distancias de puerta a puerta.

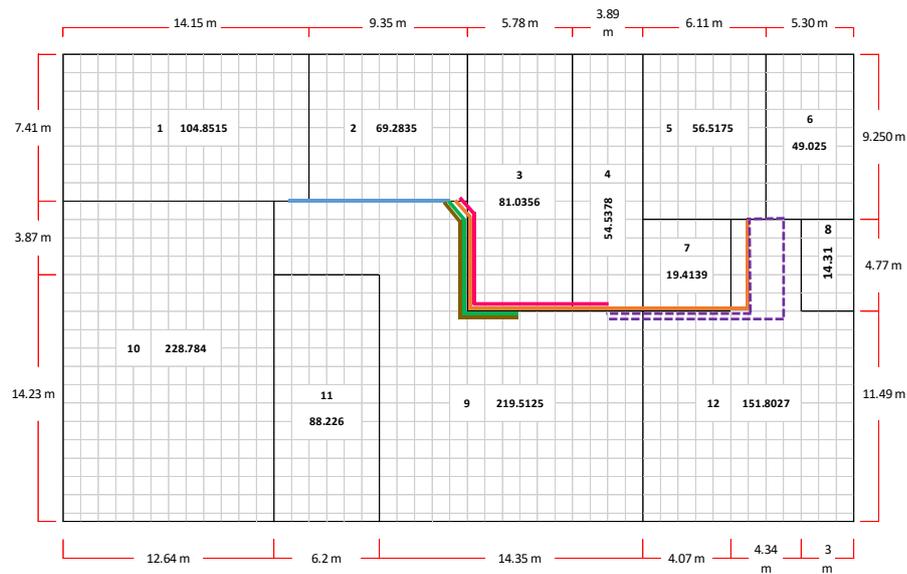


Figura 44. Desplazamientos en la planta industrial a escala

C. Identificación de relaciones interáreas

Con las puntuaciones y criterios considerados en las Tablas de relaciones (Ver Tabla 28) y de criterios (Ver Tabla 29), se completó el Diagrama de Relaciones correspondiente para la distribución de la planta industrial (Ver Figura 45).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Almacén principal		A 1	O 4	O 4	I 1	O 4	O 4	O 4	E 1	U 4	U 4	U 4
Taller eléctrico			A 1	E 1	E 1	U 4	U 4	U 4	A 1	I 1	U 4	U 4
Almacén de tableros eléctricos y cables				O 4	U 4	U 4	U 4	O 4	A 1	U 4	U 4	U 4
Almacén de estructuras metálicas					A 1	A 1	O 3	O 3	A 1	U 4	U 4	U 4
Taller de trabajos estructuras metálicas						X 2	E 3	E 3	O 3	U 4	U 4	U 4
Taller de pintura							O 3	A 1	O 4	U 4	U 4	U 4
Almacén de herramientas de campo								O 3	I 1	U 4	U 4	U 4
Almacén de materiales									I 1	U 4	U 4	U 4
Zona de carga y descarga										O 3	U 4	U 4
Oficinas administrativas											A 1	I 3
Estacionamiento 1												O 3
Estacionamiento 2												

Figura 45. Diagrama de relaciones de la planta industrial

Con los datos derivados del Diagrama de relaciones se calcula el Total Closeness Rating (TCR) o la ratio total de cercanía interáreas (Ver Tabla 38).

Tabla 38.

TCR Planta industrial

Código	Relación asignada											Resumen						TCR	Nuevo orden
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	A	E	I	O	U	X		
1	-	A	O	O	I	O	O	O	E	U	U	U	1	1	1	5	3	0	14
2	A	-	A	E	E	U	U	U	A	I	U	U	3	2	1	0	5	0	20
3	O	A	-	O	U	U	U	O	A	U	U	U	2	0	0	3	6	0	11
4	O	E	O	-	A	A	O	O	A	U	U	U	3	1	0	4	3	0	19
5	I	E	U	A	-	X	E	E	O	U	U	U	1	3	1	1	4	1	15
6	O	U	U	A	X	-	O	A	O	U	U	U	2	0	0	3	5	1	10
7	O	U	U	O	E	O	-	O	I	U	U	U	0	1	1	4	5	0	9
8	O	U	O	O	E	A	O	-	I	U	U	U	1	1	1	4	4	0	13
9	E	A	A	A	O	O	I	I	-	O	U	U	3	1	2	3	2	0	22
10	U	I	U	U	U	U	U	U	O	-	A	I	1	0	2	1	7	0	9
11	U	U	U	U	U	U	U	U	U	A	-	O	1	0	0	1	9	0	5
12	U	U	U	U	U	U	U	U	U	I	O	-	0	0	1	1	9	0	3

D. Establecimiento de relaciones interáreas

El cálculo del TCR permitió organizar las áreas de la planta industrial, de tal forma que se ordenaron de forma decreciente conforme el TCR que obtuvieron (Ver Tabla 39).

Tabla 39.
Nuevo orden de áreas en la planta industrial

Código	Áreas	TCR
9	Zona de carga y descarga	22
2	Taller eléctrico	20
4	Almacén de estructuras metálicas	19
5	Taller de trabajos estructuras metálicas	15
1	Almacén principal	14
8	Almacén de materiales	13
3	Almacén de tableros eléctricos y cables	11
6	Taller de pintura	10
7	Almacén de herramientas de campo	9
10	Oficinas administrativas	9
11	Estacionamiento 1	5
12	Estacionamiento 2	3

Para identificar de una mejor manera las relaciones, se elaboró el Diagrama de líneas de la planta industrial (Ver Figura 46), para lo cual se elaboró la tabla de líneas (Ver Tabla 32) donde se indican el color y la simbología a usar de acuerdo con el criterio de cercanía.

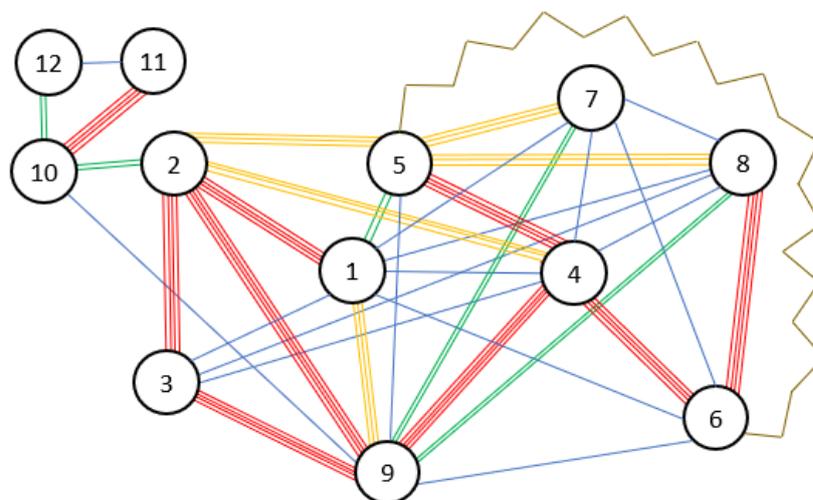


Figura 46. Diagrama de líneas de la planta de producción

E. Cálculo de las necesidades de espacio

En base al método Guerchet y considerando todos los elementos dentro del taller eléctrico, se calculó la superficie total requerida para el taller eléctrico (Ver Tabla 33) y el almacén principal (Ver Tabla 40), no se consideró el cálculo para las demás áreas puesto que son ambientes abiertos sin elementos estáticos.

Tabla 40.

Necesidades de espacio para almacén principal

Elemento	Largo	Ancho	h	n	N	Ss	Sg	Se	St
Andamio 1 al 6	6.05	0.53	1.80	1	6	3.18	3.18	5.72	72.42
Andamios materiales generales 1	5.61	0.53	1.80	1	1	2.95	2.95	5.30	11.19
Andamios materiales generales 2	4.46	0.53	1.80	1	1	2.34	2.34	4.21	8.90
Andamio documentación	1.15	0.53	1.80	1	1	0.60	0.60	1.09	2.29
Escritorio	1.50	1.20	0.75	1	1	1.80	1.80	3.24	6.84
Silla de escritorio	0.59	0.58	1.12	2	1	0.34	0.68	0.92	1.95
Total									103.59

F. Nueva distribución del espacio físico

La nueva distribución de la planta industrial se realizó con ayuda del programa Corelap 1.0 (Ver Figuras 47 y 48), el cual dio una alternativa de ordenamiento del área; sin embargo, la decisión final para la distribución se realizó tomando en cuenta el criterio de ingeniería y las necesidades reales de los operarios.

CORELAP 01_Presentación Resultados

ORDENACIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS POR IMPORTANCIA

Orden	Nombre	TCR	Superficie m2
1.-	Zona de carga	44	138.01
2.-	Taller eléctrico	42	82.42
3.-	Almacén de estru	41	82.409
4.-	Taller de estructu	37	58.5
5.-	Almacén principal	36	103.59
6.-	Almacén de mater	35	12.593
7.-	Almacén de table	33	147.19
8.-	Taller de pintura	32	46.713
9.-	Oficinas admini	31	224.31
10.-	Almacén de herra	31	22.99
11.-	Estacionamiento	27	85.022
12.-	Estacionamiento	25	129.82

Calcular Iteraciones
 Superficie Requerida < Superficie Disponible
 Superficie Requerida: 1137.7222
 Superficie Disponible: 1137.726

Figura 47. TCR Corelap 1.0 - Planta industrial

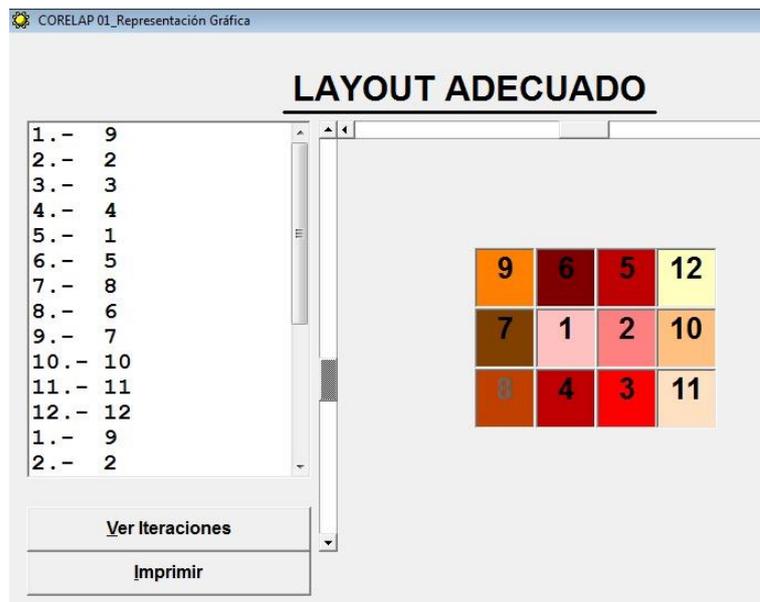


Figura 48. Layout Corelap 1.0 – Planta industrial

Una vez analizada la propuesta de layout generada por el algoritmo de Corelap 1.0, se procedió a armar la distribución final en base a los requerimientos que demanda el proceso productivo; de esta manera, se hizo los ajustes considerando principalmente la disminución de las distancias en los desplazamientos interáreas. Es así como se propuso la siguiente distribución:

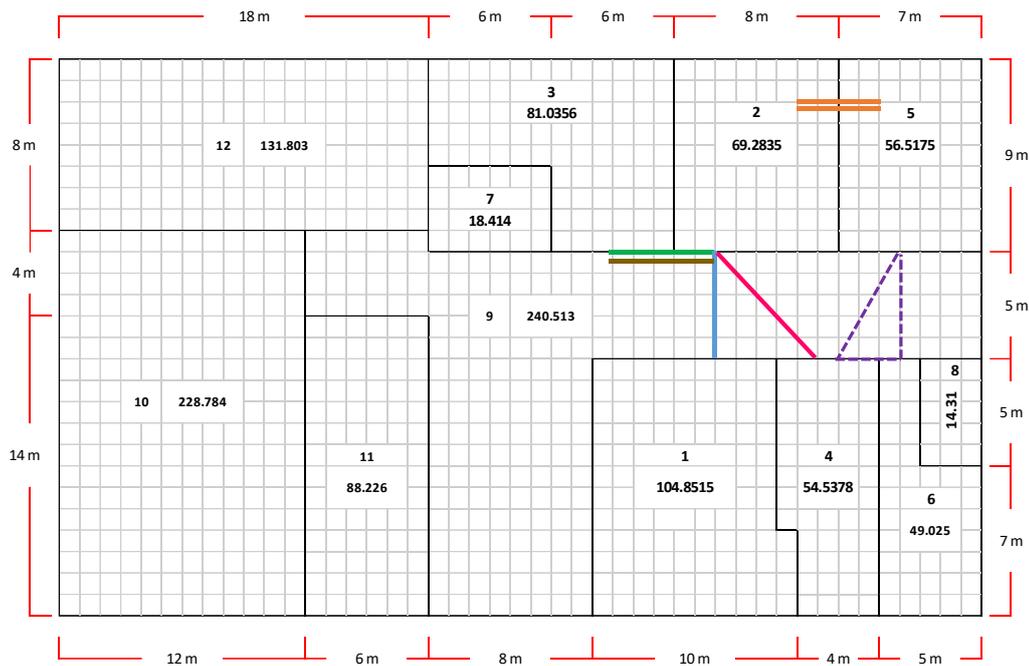


Figura 49. Distribución mejorada de la planta industrial

La propuesta se enfoca en reducir las distancias entre las áreas operativas, considerando que la zona de carga debe pasar por todas las áreas ya que se deberá hacer la carga de materiales y productos terminados. Además, el taller eléctrico está considerado como el centro entre los almacenes principal y de tableros, puesto que es de estos de donde se abastecerá principalmente de los componentes; también se modificó la ubicación del taller de soldadura para que pueda estar al lado del taller eléctrico ya que hay una operación en la que se tiene que hacer un traslado a esa área.

Una consideración que se tomó fue, que a pesar de que los talleres de pintura y soldadura deben estar cercanos porque permite el flujo continuo de los productos, por seguridad no se pueden mantener uno al lado de otro considerando que el material de las paredes es de rejillas y permite cualquier paso de chispas del taller de soldadura lo que podría causar un incendio al entrar en contacto con las pinturas inflamables. Se consideró colocar una frente a la otra, de esta manera el área de carga mantiene una distancia segura entre las dos áreas, pero sin interrumpir el flujo del producto.

Con la implementación de la herramienta SLP se espera reducir el tiempo improductivo por traslados internos de 21.43 min a 6.7 min por unidad, y con ello reducir los costos de movimientos a S/4,274.72 (Ver Tabla 41).

Tabla 41.

Reducción de tiempos por traslados internos

Producto	Antes de la mejora		Después de la mejora	
	Costo por recorrido	Tiempo de recorrido (min)	Costo por recorrido	Tiempo de recorrido (min)
Tablero de comunicación ethernet	S/2,108.43	575	S/777.22	67
Tablero de arranque directo con temporizador zelio 3.5	S/843.37	230	S/310.89	27
Tablero de arranque directo con temporizador zelio 6.5	S/3,584.32	978	S/1,321.28	114
Tablero autoportado de distribución 75kw 3f-60hz	S/210.84	58	S/77.72	7
Tablero de arranque mural c/variador de 5hp - 380/440v -3f-60hz	S/421.69	115	S/155.44	13
Tablero mural de arranque directo manual 7.5hp-440v-3f-60hz	S/632.53	173	S/233.17	20
Tablero de comunicación + switch 5 puertos	S/421.69	115	S/155.44	13
Tablero doble con variador de 75 hp	S/210.84	58	S/77.72	7
Tablero de arranque autoportado c/variador 50hp - 380/440v - 3f -60hz	S/632.53	173	S/233.17	20
Tablero de arranque autoportado c/variador 60hp - 380/440v - 3f -60hz	S/210.84	58	S/77.72	7
Tablero de arranque autoportado c/variador 75hp - 380/440v - 3f -60hz	S/632.53	173	S/233.17	20
Tablero para sistema de alarma nivel basico tipo boya	S/843.37	230	S/310.89	27
Tablero con mando remoto p/pivots	S/210.84	58	S/77.72	7
Tablero de 4 arranques directo 1.5 hp	S/210.84	58	S/77.72	7
Tablero con kit solar	S/421.69	115	S/155.44	13
Total	S/11,596.34	3163	S/4,274.72	369

2.5.5. Causa raíz 5: Procedimientos de trabajo inadecuados

Al no tener un proceso estandarizado, los operarios realizan su trabajo de manera inadecuada debido a que no se tiene un plan de mejora continua que garantice la competitividad de los productos y la calidad en el servicio; por otro lado, el

operario suele estar distraído durante las operaciones, desconoce el proceso productivo y no recibe capacitaciones para cumplir con los objetivos y metas de la organización. Estas son las causas por las cuales se producen el desperdicio de “reprocesos”; lo que comúnmente ocurre son las fallas en el aseguramiento de los componentes de los tableros eléctricos, entonces se asignan operarios para que vayan al establecimiento del cliente y puedan solucionar estos problemas, lo que ocasiona costos de mano de obra. Las pérdidas por reprocesos ascienden a S/ 5960.00.

Tabla 42.

Pérdida en horas extras por reprocesos

Producto	Nº de tableros reprocesados	Costo por reprocesos
Tablero de comunicación ethernet	3	S/1,117.50
Tablero de arranque directo con temporizador zelio 3.5	1	S/372.50
Tablero de arranque directo con temporizador zelio 6.5	5	S/1,862.50
Tablero de arranque mural c/variador de 5hp - 380/440v -3f-60hz	1	S/372.50
Tablero mural de arranque directo manual 7.5hp-440v-3f-60hz	1	S/372.50
Tablero de comunicación + switch 5 puertos	1	S/372.50
Tablero de arranque autosoportado c/ variador 50hp - 380/440v - 3f -60hz	1	S/372.50
Tablero de arranque autosoportado c/ variador 75hp - 380/440v - 3f -60hz	1	S/372.50
Tablero para sistema de alarma nivel basico tipo boya	1	S/372.50
Tablero con kit solar	1	S/372.50
Total	16	S/5,960.00

Para solucionar este problema, se propone la aplicación de la metodología PHVA o ciclo de Deming; de modo que, se estructure un plan para la mejora de los procesos de fabricación de tableros y con ello, la productividad de la organización.

A. Planear

En la primera fase se consolidan y definen las características de los problemas identificados a través del Diagrama de Ishikawa (Ver Figura 18) y Pareto (Ver Figura 19). Posteriormente, se establecieron los siguientes objetivos:

- Alcanzar altos niveles de eficacia y eficiencia en la fabricación de los tableros.
- Desarrollan un plan de mejora continua.
- Mejorar la productividad de una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización a través de la implementación de herramientas de Lean Manufacturing.
- Realizar capacitaciones a los colaboradores de la organización.
- Satisfacer y cumplir los requerimientos de los clientes de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización.
- Implementar y promover una cultura de orden y limpieza en la organización.
- Controlar y organizar los ítems existentes en el almacén de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización.
- Reducir los movimientos innecesarios internos y entre las áreas de la empresa.
- Eliminar los reprocesos en los productos terminados.
- Cumplir con la entrega del producto terminado al cliente en la fecha establecida.

B. HACER

Se analizaron los objetivos para determinar las estrategias y herramientas que se implementarán en la organización. En tal sentido, considerando el costo beneficio y la efectividad de la metodología lean para eliminar los desperdicios, mejorar la calidad en el servicio y plazo de entrega, reprocesos y la reducción de tiempos

improductivos para el aumento de la productividad en la organización, se proponen los siguientes planes de acción:

- Plan de metodología 5 S
- Plan de metodología Kanban
- Plan de Systematic Layout Planning

C. VERIFICAR

Se procede a realizar la verificación de los resultados que se han obtenido después de la implementación de las herramientas. Para ello, se registraron los datos necesarios para comparar el antes y después de cada causa raíz; asimismo, se contabilizó el beneficio económico generado con la mejora.

Los resultados económicos que se alcanzaron debido a la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing se encuentran representados en la siguiente tabla (Ver Tabla 43).

Tabla 43.

Resultados después de la Implementación

Problemática	Antes de la Mejora		Después de la Mejora		
	%	Pérdida	%	Pérdida	
Falta de orden y limpieza en almacén principal	41.78%	S/ 32,426.24	0.00%	S/	-
Falta de supervisión durante el proceso productivo	81.82%	S/ 17,960.52	0.00%	S/	-
Deficiente distribución interna del taller eléctrico	100.00%	S/ 5,468.83	70.00%	S/	3,024.69
Deficiente distribución de planta	100.00%	S/ 11,596.34	31.26%	S/	7,321.62
Procedimientos de trabajo inadecuados	29.09%	S/ 5,960.00	0.00%	S/	-

D. ACTUAR

En esta última fase se debe garantizar el cumplimiento de los planes de acción establecidos; por tal motivo, es necesario seguir los siguientes procedimientos:

- Estandarizar las herramientas implementadas para el funcionamiento óptimo y resultados permanentes. A continuación se detallan las actividades que se estandarizarían de aplicar las mejoras propuestas:
 - a) Mantener el orden y limpieza del área a través de la identificación de elementos innecesarios, codificación de los ítems existentes, localización y rutina de limpieza del área de trabajo.
 - b) Utilizar las tarjetas Kanban para planificar y registrar el inicio y fin de las actividades desarrolladas en los talleres y registrar su estado en el tablero Kanban.
 - c) Realizar el análisis de tiempos y movimientos para evaluar la redistribución de las áreas, considerando la posibilidad de que las necesidades de la empresa varíen en el tiempo.
- Registrar y supervisar los resultados periódicamente para el establecimiento de mejoras continuas en la evolución de las herramientas implementadas.
- Para garantizar la continuidad de las mejoras aplicadas, se desarrolla un programa de capacitación compuesta por tres sesiones; la primera, sobre la metodología 5s; la segunda, sobre la metodología Kanban; y la tercera, sobre métodos de trabajo adecuados (Ver Figura 50).

LOGO EMPRESA	[NOMBRE DE EMPRESA] PROGRAMA DE CAPACITACIÓN	CODIGO:	CAP_00001								
		FECHA:									
<p>I. PRESENTACIÓN</p> <p>II. DESCRIPCIÓN</p> <p>III. OBJETIVO</p> <p>3.1. OBJETIVO GENERAL</p> <p>3.2. OBJETIVO ESPECIFICO</p> <p>IV. MODALIDAD</p> <p>V. NIVEL DE CAPACITACIÓN:</p> <p>VI. ALCANCE</p> <p>VII. METAS Y/O RESULTADOS ESPERADOS</p> <p>VIII. ENCARGADO(S) DE LA CAPACITACIÓN</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Área</th> <th>Nombres y apellidos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>IX. BENEFICIARIO(S) DE LA CAPACITACIÓN</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Área</th> <th>Nombres y apellidos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>X. ESTRATEGIAS Y/O TECNICAS</p> <p>XI. ACCIONES PARA DESARROLLAR</p> <p>Las acciones para el desarrollo del plan de capacitación están respaldadas por los temarios que permitirá al gerente capacitarse en esos temas:</p> <p>Tema I:</p> <p>Tema II:</p> <p>Tema III:</p> <p>XII. DURACIÓN</p> <p>Fecha de Inicio:</p> <p>Fecha de Término:</p> <p>Periodo de duración:</p> <p>XIII. REQUERIMIENTO DE RECURSOS</p>				Área	Nombres y apellidos			Área	Nombres y apellidos		
Área	Nombres y apellidos										
Área	Nombres y apellidos										

RECURSOS HUMANOS		
REQUIMIENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

MATERIALES		
REQUIMIENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

EQUIPOS		
REQUIMIENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

OTROS A CONSIDERAR		
REQUIMIENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

XIV. FINANCIAMIENTO

XV. CRONOGRAMA

ACTIVIDADES PARA DESARROLLAR	DÍAS						
	1	2	3	4	5	6	7

Figura 50. Programa de capacitación para PHVA

El proceso del PHVA para la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización termina en el desarrollo del programa de capacitación; sin embargo, al ser un proceso cíclico se debe volver a identificar nuevas problemáticas para que la empresa pueda seguir un proceso de mejora continua efectivo.

Con la implementación de la herramienta Ciclo PHVA se espera eliminar los reprocesos, y con ello tener un beneficio de S/5,960.00 (Ver Tabla 44).

Tabla 44.

Costos por reprocesos antes y después de la mejora

Producto	Antes de la mejora		Después de la mejora	
	N° de tableros reprocesados	Costo por reprocesos	N° de tableros reprocesados	Costo por reprocesos
Tablero de comunicación ethernet	3	S/1,117.50	0	S/0.00
Tablero de arranque directo con temporizador zelio 3.5	1	S/372.50	0	S/0.00
Tablero de arranque directo con temporizador zelio 6.5	5	S/1,862.50	0	S/0.00
Tablero de arranque mural c/variador de 5hp - 380/440v -3f-60hz	1	S/372.50	0	S/0.00
Tablero mural de arranque directo manual 7.5hp-440v-3f-60hz	1	S/372.50	0	S/0.00
Tablero de comunicación + switch 5 puertos	1	S/372.50	0	S/0.00
Tablero de arranque autosoportado c/ variador 50hp - 380/440v - 3f -60hz	1	S/372.50	0	S/0.00
Tablero de arranque autosoportado c/ variador 75hp - 380/440v - 3f -60hz	1	S/372.50	0	S/0.00
Tablero para sistema de alarma nivel basico tipo boya	1	S/372.50	0	S/0.00
Tablero con kit solar	1	S/372.50	0	S/0.00
Total	16	S/5,960.00	0	S/0.00

2.6. Evaluación Económico-Financiera

2.6.1. Inversión de herramientas

Para el desarrollo de las 5S será necesaria una inversión de S/ 1,322.00, tal como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 45.

Inversión para implementación 5S

Recursos	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Pintura	Unidad	4	S/53.10	S/212.40
Tarjetas	Unidad	400	S/1.18	S/472.00
Letreros y señalización	Unidad	4	S/59.00	S/236.00
Escobas	Unidad	3	S/10.62	S/31.86
Recogedores	Unidad	3	S/5.90	S/17.70
Contenedores de basura	Unidad	2	S/295.00	S/590.00
Total				S/1,559.96

Para el desarrollo de la metodología Kanban será necesaria una inversión de S/ 840.00, tal como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 46.

Inversión implementación Kanban

Recursos	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Tarjetas	Unidad	400	S/0.59	S/236.00
Tablero	Unidad	12	S/23.60	S/283.20
Capacitación	Unidad	2	S/236.00	S/472.00
Total				S/991.20

Para el desarrollo de la metodología SLP en el taller eléctrico será necesaria la parada del área por 24 horas, por lo que se necesitará inversión de S/ 574.67 por la capacidad ociosa de recursos humanos, tal como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 47.

Inversión implementación SLP - Taller eléctrico

Recurso humano	Remuneración por hora	Horas de parada de operaciones	Costo por operario
Apoyo eléctrico	S/8.06	24	S/193.33
Apoyo mecánico	S/5.17		S/124.00
Apoyo electrónico	S/5.17		S/124.00
Apoyo electrónico	S/5.56		S/133.33
Total			S/574.67

Para el desarrollo de la herramienta de Ciclo PHVA será necesaria el contrato de un profesional experto para el desarrollo del programa de capacitación, por lo que se necesitará inversión de S/ 1,770.00 para el pago de sus honorarios.

Para el desarrollo de la metodología SLP en toda la planta industrial será necesaria la parada de las áreas operativas por 45 horas, por lo que se necesitará inversión de S/ 574.67 por la capacidad ociosa de recursos humanos, tal como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 48.

Inversión implementación SLP - Planta industrial

Recurso humano	Remuneración por hora	Horas de parada de operaciones	Costo por operario
Técnico eléctrico	S/8.06		S/362.50
Apoyo mecatrónico	S/5.17		S/232.50
Apoyo electrónico	S/5.17		S/232.50
Apoyo electrónico	S/5.56	45	S/250.00
Apoyo logístico	S/5.17		S/232.50
Soldadura	S/5.17		S/232.50
Soldadura	S/5.17		S/232.50
Soldadura	S/5.17		S/232.50
	Total		S/2,007.50

2.6.4. Cálculo del VAN y TIR

Tabla 51.

Cálculo de VAN y TIR

Meses	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos totales		S/5,509.38											
Egresos totales		S/2,030.84											
VAN	S/12,786.22												
TIR	50%	>	COK	14%									
PRI	8 meses												
B/C	2.71												

Según los datos calculados en la Tabla 51, se puede analizar que:

- Hay un VAN > 0 de S/. 12,786.22, es rentable realizar el proyecto.
- Hay un TIR de 50% mayor al COK de 14%.
- Un B/C de 2.71 por lo que por cada sol invertido se retornará la inversión en S/1.71.
- El periodo de retorno de la inversión será de 8 meses.
- El proyecto es rentable.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

1. A través de la propuesta de la metodología 5 S, se espera reducir el número de elementos obsoletos y/o deteriorados en el almacén; por lo tanto, se obtendrá un ahorro de S/ 32,426.24 en el año.

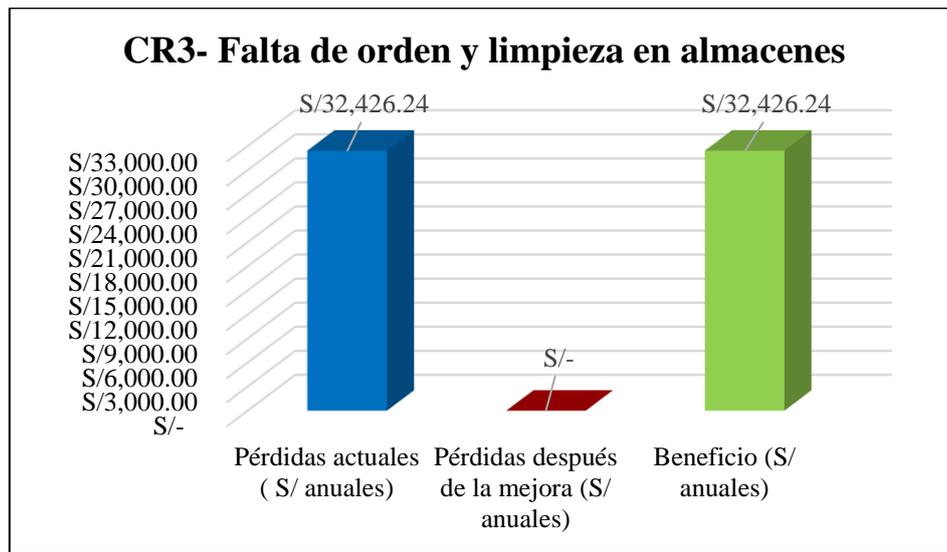


Figura 51. Pérdida actual y después de la mejora causa raíz 2

2. A partir de la propuesta de la metodología Kanban, cuyo propósito es la reducción del porcentaje de pedidos entregados al cliente fuera del plazo establecido del 81.82% al 0.00%, se obtiene un beneficio de S/17,960.52 anuales.

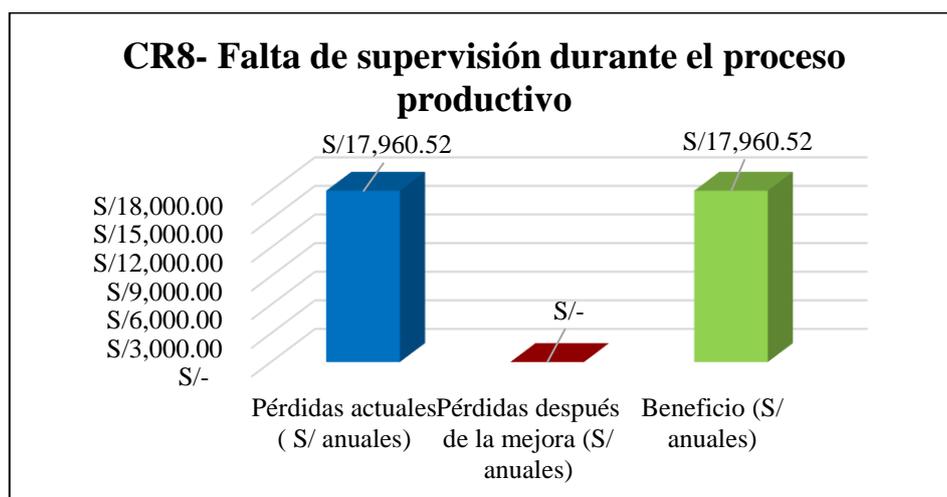


Figura 52. Pérdida actual y después de la mejora causa raíz 8

3. Con la propuesta de Systematic Layout Planning (SLP), cuya finalidad es mejorar la distribución interna de taller eléctrico y con ello reducir el porcentaje de tiempos improductivos por movimientos innecesarios, se podrá obtener un ahorro de S/2,444.14 al año.

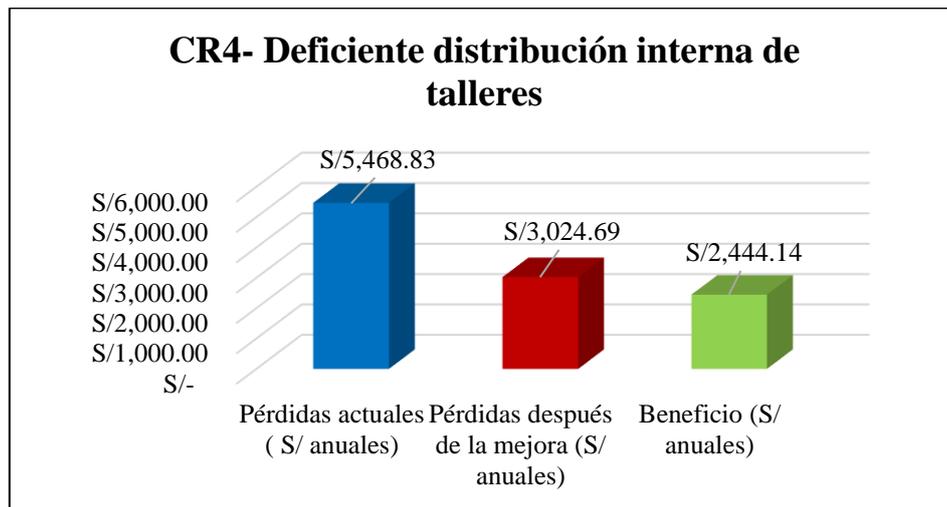


Figura 53. Pérdida actual y después de la mejora causa raíz 4

4. A través de la propuesta de SLP se busca mejorar la deficiente distribución de planta de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización, reduciendo el porcentaje de tiempos improductivos por traslados internos entre áreas, obteniendo un ahorro total de S/7,321.62 al año.

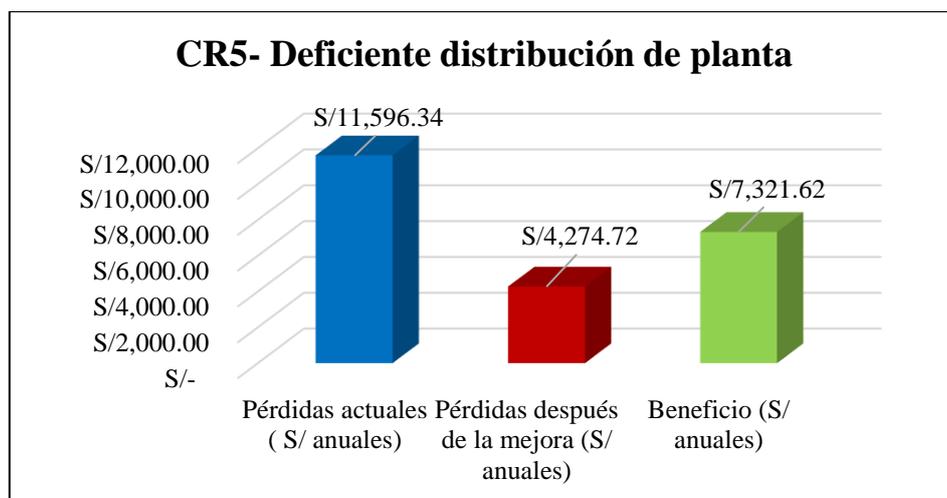


Figura 54. Pérdida actual y después de la mejora causa raíz 5

5. A partir de la propuesta de un Plan de Mejora Continua o Ciclo de Deming (PDCA), se busca reducir el número de tableros eléctricos reprocesados; por lo que, se puede lograr un beneficio de S/5,960.00.

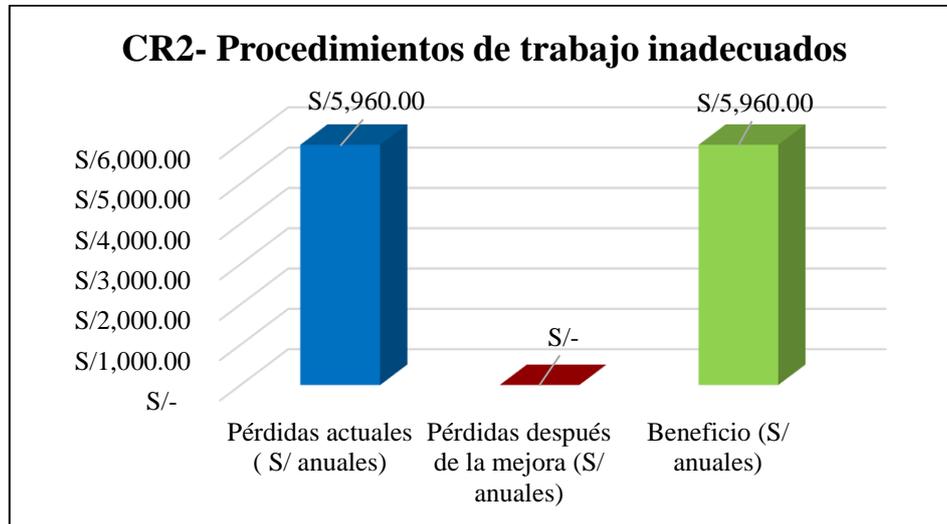


Figura 55. Pérdida actual y después de la mejora causa raíz 2

6. Al implementar la propuesta de mejora basada en el uso de herramientas de Lean Manufacturing, se podrá lograr un beneficio total de S/66,112.52.

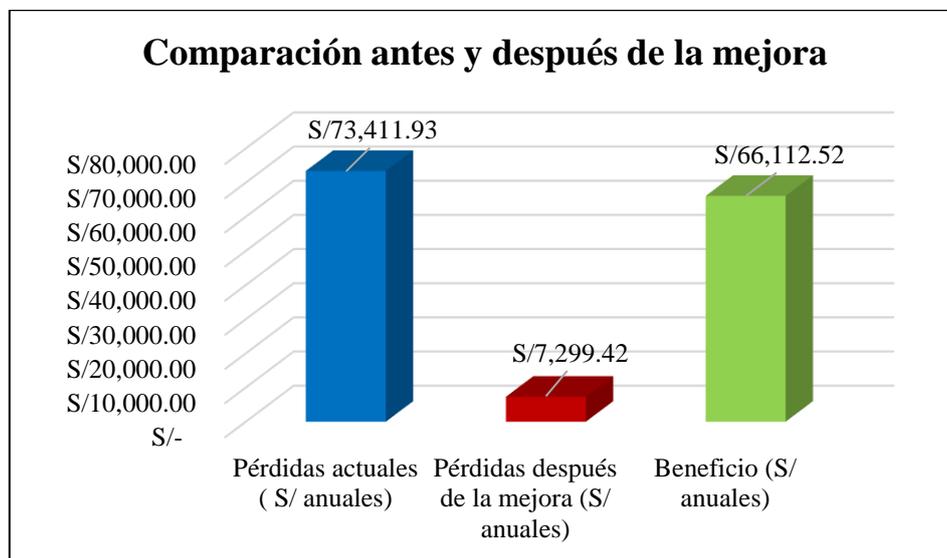


Figura 56. Comparación beneficios antes y después de la mejora

7. Al mejorar la distribución del taller eléctrico de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización se reducen movimientos improductivos en un 70%.

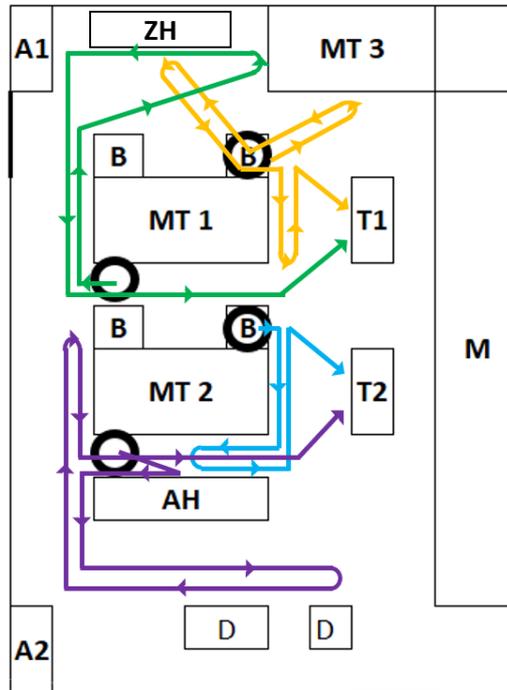


Figura 57. Distribución y recorridos del taller eléctrico antes de la mejora.

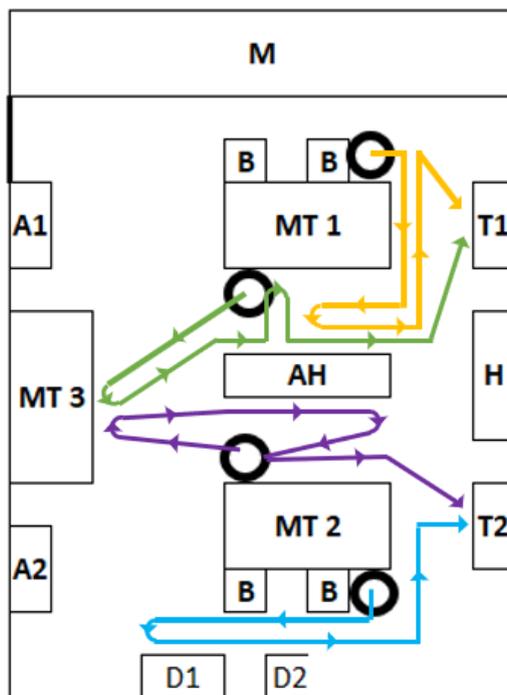


Figura 58. Distribución y recorridos del taller eléctrico después de la mejora

8. Al mejorar la distribución de la planta industrial de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización se disminuyen los tiempos por desplazamientos en un 31%.

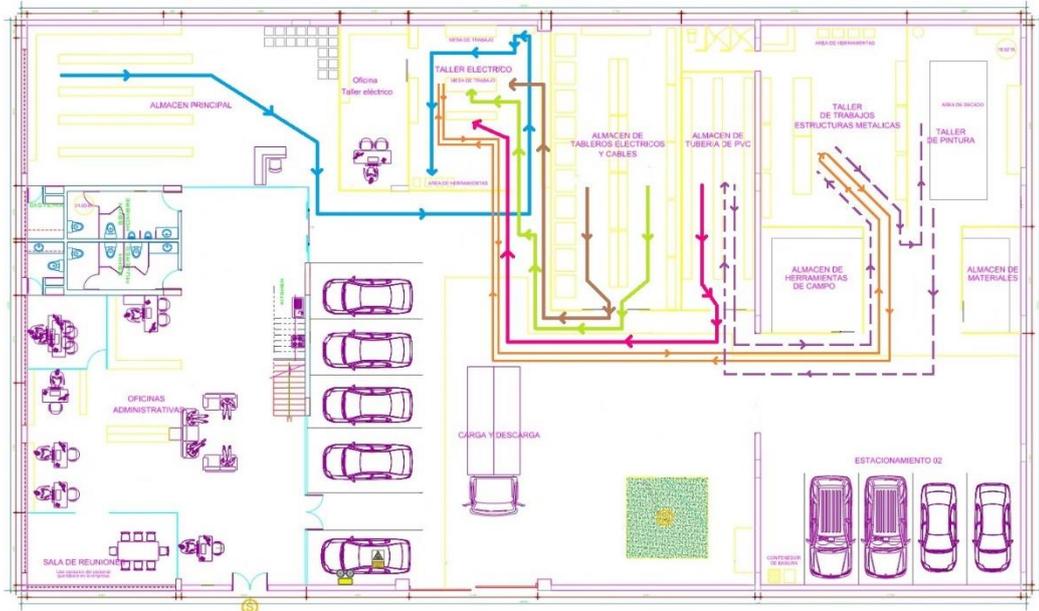


Figura 59. Distribución de la planta industrial antes de la mejora.

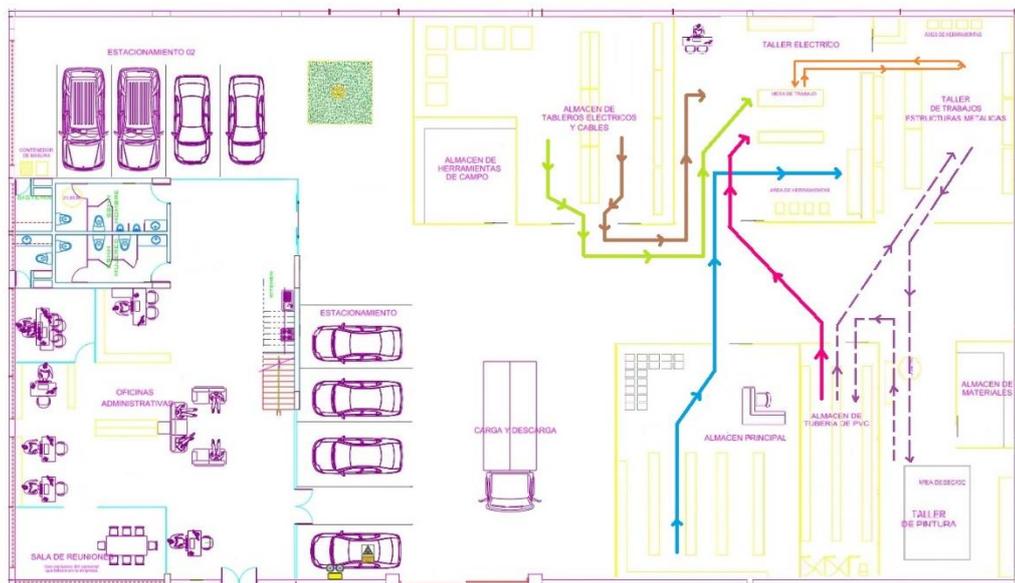


Figura 60. Distribución de la planta industrial después de la mejora

9. Después de desarrollar la propuesta de mejora basada en las herramientas de Lean Manufacturing, se puede evidenciar un aumento de la productividad en un 24.99% de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización.

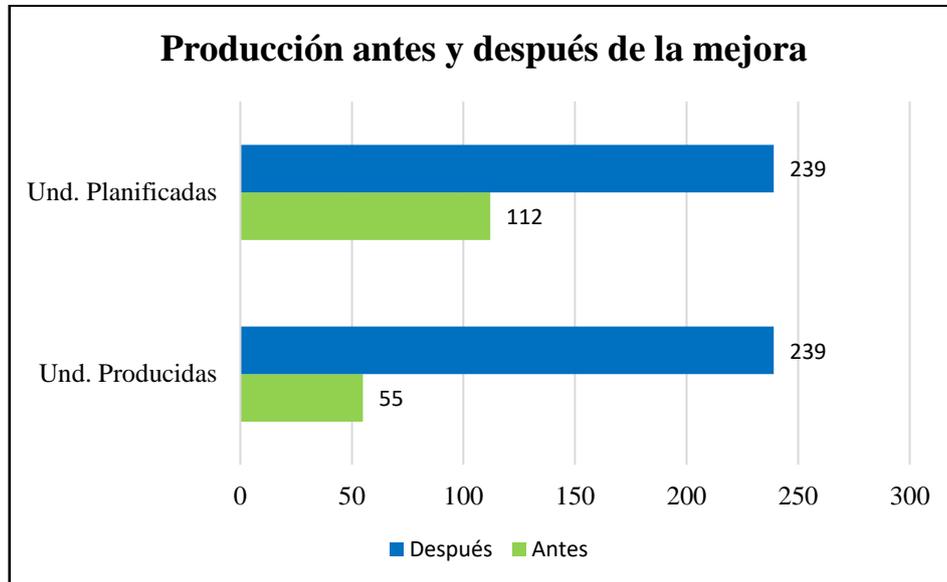


Figura 61. Comparación de la producción antes y después de la mejora

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Tal como se evidencia en apartados anteriores, se analizó la situación actual de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización para identificar las causas raíz que ocasionan la baja productividad en la organización; por lo cual, se planteó una propuesta de mejora en base a la implementación de herramientas de Lean Manufacturing. En el presente apartado, se contrastó los resultados obtenidos en el desarrollo de la propuesta de mejora para la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización, con los resultados expuestos en las investigaciones presentadas como antecedentes.

En primer lugar, se registró la presencia de 71 productos obsoletos y/o deteriorados que representaron una pérdida total de S/32,426.24; en consecuencia, se propuso la implementación de la metodología 5S para evitar el deterioro de los ítems y acelerar el proceso de búsqueda y conteo de existencias al momento de realizar el inventario; con ello, se pudo reducir el indicador futuro de elementos obsoletos y/o deteriorados de un 41.78% al 0%, obteniendo un beneficio de S/32,426.24. En diversas investigaciones se hace mención del uso de la metodología 5S como oportunidad de mejora para las empresas, debido a que el principal impacto de la implementación de esta herramienta es que permite mantener el orden y la limpieza de los almacenes y evitar las pérdidas económicas por la obsolescencia o el deterioro de los materiales (Maguiña, 2013). En tal sentido, Chilón, Esquivel y Estela (2017) demostró en los resultados de su estudio la mejora en el orden y limpieza del área de trabajo, reduciendo los materiales innecesarios dentro de las instalaciones y con ello incrementar la productividad de la línea de producción en un 29%; mientras que Cárdenas (2019) en su tesis “Propuesta de mejora mediante las herramientas de Lean Manufacturing aplicadas a la línea de transformación

de intercambiadores de calor de una empresa manufacturera” obtuvo la mejora en el nivel de atención del almacén de materiales e insumos, al incrementar la tasa de cumplimiento de entregas a tiempo de insumos y materiales de 30% al 80%, como también obtuvo el incremento de la tasa de producción en 18.88%.

La segunda causa raíz identificada fue la falta de supervisión durante el proceso productivo evidenciada en la tasa de entrega de pedidos fuera de tiempo del 81.82% que tuvo la empresa durante el periodo analizado, implicando una pérdida de S/17,960.52 anual; por tal motivo se propuso la implementación de la metodología Kanban, con la que se conseguiría un ahorro del 100% y la garantía en el cumplimiento de plazos establecidos de entrega del producto al cliente. Del mismo modo, Santos, Soares, Uchoa y Loiola da Cruz (2019) en su tesis “Operational impacts of lean manufacturing: the case of a consumer goods industrial company” desarrollaron un paquete de herramientas de Lean Manufacturing incluyendo la metodología Kanban, sus resultados indicaron que la implementación de la mejora generaría una reducción en el costo de producción por cada 1000 unidades de \$57.2 a \$47.7, lo que representa un ahorro del 19.9%; asimismo, López (2020) indicó en su tesis que, después de implementar la tarjeta Kanban de producción se obtuvo un porcentaje de cumplimiento de 80% en el taller de trabajo.

La tercera causa raíz identificada fue la deficiente distribución interna del taller eléctrico evidenciada en el porcentaje de tiempo improductivo por movimientos innecesarios de los trabajadores en el área de trabajo, representando una pérdida total de S/5,468.83; por otro lado, la deficiente distribución de planta generó tiempo improductivo por traslados internos entre áreas que generaron una pérdida total de S/11,596.34. En tal sentido, a través de la propuesta de la herramienta Systematic Layout Planning (SLP) se obtuvo una reducción del 30 y 70% respectivamente; así como un ahorro total de S/2,444.14 y S/7,321.62 en cada uno de los indicadores evaluados. La disminución de los

tiempos improductivos por recorridos está directamente relacionada con la reducción de las distancias en los flujos que realizan los operarios, esta afirmación se pudo contrastar con la tesis de Merlo y Ojeda (2017) titulada “Propuesta de implementación de las herramientas Lean Manufacturing en la producción de pastas gourmet en la empresa Maquila Agro Industrial Import & Export S.A.C. para mejorar su productividad” en la cual propusieron el diseño de un nuevo Layout para evitar los tiempos de espera y los transportes innecesarios, y al desarrollar esta herramienta de Lean Manufacturing lograron reducir la distancia de recorrido de 122 a 88 metros y el tiempo de recorrido de 144.9 s/m a 97.95 s/m.

Los procesos de trabajo inadecuados ocasionaron reprocesos en la empresa representando una pérdida de S/.5,960.00 durante el periodo analizado, por lo que se propuso desarrollar la metodología PDCA; la proyección indicó que al implementarse la mejora se eliminarían los reprocesos en un 100%. Comparando con los resultados presentados en el estudio de Mau et al. (2019), quienes al implementar el ciclo de la mejora continua PDCA pudieron reducir los reprocesos de 29.78% a 11.31%, generando un ahorro de S/45,700.00.

La implementación de la propuesta de mejora en la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización permitirá incrementar su productividad en un 24.99%, este valor se encuentra dentro del rango de incremento de la productividad que se identificó en las investigaciones revisadas. Por su parte, Medina y Rodríguez (2021) en su tesis “Propuesta para la implementación de la filosofía Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la empresa Tejidos Lany sede Bogotá” obtuvo un aumento de la productividad en 22%; Alarcón (2021) a través de su proyecto de investigación consiguió la reducción del tiempo de producción en un 21.22%; asimismo, Merlo y Ojeda (2017) con el desarrollo de su propuesta de mejora lograron un aumento de la

productividad de 4.61%; mientras que López (2020) mencionó que con la implementación de su propuesta se espera un incremento de la productividad en 10%.

Es necesario mencionar que las principales limitaciones en el desarrollo de la presente investigación fue la falta de antecedentes que consideren las herramientas propuestas en conjunto, tampoco se encontró antecedentes con la aplicación de las variables de estudio en empresas del rubro de automatización industrial; asimismo, se precisa que no se conoce con exactitud la causa del aumento no constante de la productividad entre industrias del mismo sector.

4.2. Conclusiones

Se determinó que la propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing incrementa la productividad de una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización en un 24.99%.

Se diagnosticó el estado actual de las áreas de producción y logística de la empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización, determinando que las principales causas raíz que ocasionan problemas y la baja productividad en la empresa son: la falta de orden y limpieza que ocasionó la acumulación de elementos obsoletos y deteriorados, representando una pérdida de S/32,426.24, la falta de supervisión durante el proceso productivo que ocasionó la entrega fuera de tiempo de los pedidos a los clientes, representando una pérdida de S/17,960.52; la deficiente distribución interna del taller eléctrico que ocasionó tiempo improductivo por movimientos innecesarios, representando una pérdida de S/5,468.83; la deficiente distribución de planta que ocasionó tiempo improductivo por traslados internos, representando una pérdida de S/11,596.34; y los procedimientos de trabajo inadecuados que ocasionaron reprocesos, representando una pérdida de S/5,960.00.

Se desarrolló la propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing en una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización, por lo cual se calculó un beneficio esperado total de S/66,112.52 anual.

Se calculó la variación de la productividad en base al estado actual y futuro a la propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing en una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización, siendo esta de 24.99%.

Se evaluó económica y financieramente la propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing en una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización para un periodo de 12 meses, determinando que la propuesta es rentable debido a que se obtuvo un VAN de S/12,786.22, un TIR de 50%, un B/C de 2.71 y un periodo de retorno de la inversión de 8 meses.

REFERENCIAS

- Alarcón, C. (2021). Mejoramiento de la productividad empleando Manufactura Esbelta en la línea de fabricación de carrocerías. Universidad Técnica de Ambato. Retrieved from <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/33227>
- Ángeles, J. (2006). *Sistema KANBAN, como una ventaja competitiva en la micro, pequeña y mediana empresa*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Retrieved from <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/177>
- Arrieta, J. (1999). Las 5S, pilares de la fábrica visual. *Revista Universidad EAFIT*, 35(114), 35–48. Retrieved from <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/1073>
- Barcia, K., & Carpio, S. (2017). *Diseño de una Planta Productora de Tapas y Botellas Plásticas*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Retrieved from <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/41625>
- Becker, M., Distel, D., Freund, H., & Herring, D. (2020). Beyond COVID-19: Rapid steps that can help machinery and industrial automation companies recover. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/industries/advanced-electronics/our-insights/beyond-covid-19-rapid-steps-that-can-help-machinery-and-industrial-automation-companies-recover>
- Cámara de Comercio de La Libertad. (2018). Llegó la hora de automatizar la agroindustria en la región. Retrieved from <http://www.camaratru.org.pe/web2/index.php/proambiente-icp/item/2952-llego-la-hora-de-automatizar-la-agroindustria-en-la-region-fuente-laindustria>
- Cardenas, M. (2019). *Propuesta de mejora mediante las herramientas de Lean Manufacturing aplicadas a la línea de transformación de intercambiadores de calor de una empresa manufacturera*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Retrieved from <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9900>
- Carro, R., & Gonzáles, D. (2012). Productividad y competitividad. Retrieved from <http://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1607>
- Castillo, M. (2017). *El estado de la manufactura avanzada. Competencia entre las plataformas de la Internet industrial*. Santiago: Naciones Unidas. Retrieved from <https://www.cepal.org/es/publicaciones/43124-estado-la-manufactura-avanzada-competencia-plataformas-la-internet-industrial>
- Chilón Aguilar, X. M., Esquivel Paredes, L., & Estela Tamay, W. (2017). Implementación de las 5s para incrementar la productividad en una planta embotelladora de agua . Implementation of the 5s to increase productivity in a water bottling plant . Implementação do 5s para aumentar a produtividade em uma fábrica enarrafadora d. *INGnosis*, 3(1), 130–139.
- Cuatrecasas, L. (2009). *Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible*. Barcelona: Profit Editorial. Retrieved from

https://books.google.com.pe/books?id=dtBw4rzqRioC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

- Cuatrecasas, L. (2012). *Procesos en flujo Pull y gestión Lean: Sistema Kanban*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos. Retrieved from https://books.google.com.pe/books?id=hVivRQpVY4kC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Dorbessan, J. (2006). *Las 5S, herramientas de cambio*. Buenos Aires: Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional. Retrieved from <http://www.edutecne.utn.edu.ar/5s/>
- Fortuño, M. (2017). La automatización de la economía ¿un peligro o una oportunidad? Retrieved from <https://www.weforum.org/es/agenda/2017/06/la-automatizacion-de-la-economia-un-peligro-o-una-oportunidad>
- Gallego, L. (s.f.). Operacionalización de variables. Retrieved from https://www.academia.edu/38647728/Operacionalización_de_variables_doc_clase
- García, M., Quispe, C., & Ráez, L. (2003). Mejora continua de la calidad en los procesos. *Industrial Data*, 6(1), 89–94. <https://doi.org/10.15381/idata.v6i1.5992>
- Gestión. (2017). La firma de servicios de automatización y energía ABB se diversifica. Retrieved from <https://gestion.pe/economia/empresas/firma-servicios-automatizacion-energia-abb-diversifica-130405-noticia/?ref=gesr>
- González, F. (2007). Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing). Principales Herramientas. *Revista Panorama Administrativo*, 1(2), 85–112. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/46531895_Manufactura_Esbelta_Lean_Manufacturing_Principales_Herramientas
- IFR. (2019). Robot Race: The World's Top 10 automated countries. Retrieved from <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-race-the-worlds-top-10-automated-countries>
- Jimeno, J. (2013). Ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar): El círculo de Deming de mejora continua. Retrieved from <https://www.pdcahome.com/5202/ciclo-pdca/>
- Kniberg, H., & Skarin, M. (2010). *Kanban y Scrum – obteniendo lo mejor de ambos*. Estados Unidos de América: Librería del Congreso. Retrieved from http://www.proyectalis.com/documentos/KanbanVsScrum_Castellano_FINAL-printed.pdf
- López, K. (2020). *Aplicación del lean management para mejorar la productividad del taller de carrocería y pintura en la empresa Autonort Trujillo S.A.C.* Universidad Nacional de Trujillo. Retrieved from <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/16067>

- Maguiña, H. (2013). *Mejora en los procesos de una empresa fabricante de máquinas de automatización*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Retrieved from <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/4773>
- Matamoros, H. (2014). Tipos de métodos de investigación. Retrieved from https://www.academia.edu/attachments/40486357/download_file?st=MTYwNjg5MzI4NCwxOTAuMjM3LjMwLjE0&s=swp-splash-paper-cover
- Mau, M., Ramos, R., Llontop, J., & Raymundo, C. (2019). Lean manufacturing production management model to increase the efficiency of the production process of a MSME company in the chemical sector. *17th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.101>
- Medina, G. & Rodríguez, H. (2021). Propuesta para la implementación de la filosofía Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la empresa Tejidos Lany sede Bogotá. Universitaria Agustiniiana. Retrieved from <https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/handle/123456789/1671>
- Merlo, J., & Ojeda, I. (2017). *Propuesta de implementación de las herramientas Lean Manufacturing en la producción de pastas gourmet en la empresa Maquila Agro Industrial Import & Export S.A.C para mejorar su productividad*. Universidad Privada del Norte. Retrieved from <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10676>
- Michael Page. (2017). España será un destino atractivo para ingenieros en 2018. Retrieved from <https://www.michaelpage.es/advice/tendencias-de-mercado/alemania-campeona-de-la-industria-40>
- Nemur, L. (2016). *Productividad: Consejos y Atajos de Productividad para personas ocupadas*. Babelcube Inc. Retrieved from <https://books.google.com.pe/books?id=sh0aDAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Productividad:+Consejos+y+Atajos+de+Productividad+para+Personas+Ocupadas&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi6v4aj1K7tAhU8J7kGHXwSAssQ6AEwAHoECAYQAQ>
- Parra, O. (2013). Sistemas de producción tipo kanban: Descripción, componentes, diseño del sistema, y bibliografía relacionada. *Panorama*, 2(6). <https://doi.org/10.15765/pnrm.v2i6.219>
- Prokopenko, J. (1989). *La gestión de la productividad*. Oficina Internacional del Trabajo (1st ed., Vol. 1). Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo. Retrieved from https://books.google.com/books/about/La_gestión_de_la_productividad.html?id=fQN9AAAACAAJ
- Rajadell, M., & Sánchez, J. (2010). *Lean manufacturing*. España: Ediciones Díaz de Santos. Retrieved from <https://books.google.com.pe/books?id=mZCh1a3L8M8C&printsec=frontcover&dq=Lean+Manufacturing.+La+evidencia+de+una+necesidad&hl=es>

419&sa=X&ved=2ahUKEwiH57vv1q7tAhUCIrkGHTj0AXQQ6wEwAHoECAY
QAQ

- Rey, F. (2005). *Las 5S. Orden y limpieza en el puesto de trabajo*. Madrid: Artegraf, S.A. Retrieved from <https://books.google.com.pe/books?id=NJtWepnesqAC&printsec=frontcover&dq=Las+5S.+Orden+y+limpieza+en+el+puesto+de+trabajo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwigutq92q7tAhWwLLkGHb4pBj0Q6wEwAHoECAIQAQ>
- Rodríguez, C. (1999). *El nuevo escenario: la cultura de calidad y productividad en las empresas*. Jalisco: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente. Retrieved from https://books.google.com.pe/books?id=IAcY7k6GKbUC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0
- Sales, M. (2013). *Diagrama de Pareto*. EALDE Business School. Retrieved from <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/eco/diagramapareto.htm>
- Sánchez, M., & Soberon, M. (2017). *Rediseño de distribución en planta para reducir el costo de movimiento de materiales en la empresa de calzado "Paola Della Flores."* Universidad Privada Antenor Orrego. Retrieved from <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/3390>
- Santos, R., Soares, P., Uchoa, F., & Loiola da Cruz, E. R. (2019). Operational impacts of lean manufacturing: the case of a consumer goods industrial company. *Revista Gestão Da Produção Operações e Sistemas*, 14(4), 279–304. <https://doi.org/10.15675/gepros.v14i4.2362>
- Schwarz, M. (2018). Breve historia de las herramientas de gestión. Lima: Universidad de Lima. Retrieved from <https://hdl.handle.net/20.500.12724/7100>
- Sociedad Nacional de Industrias. (2016). El turno de PPK. Nuevo gobierno inicia con el reto de retomar el crecimiento e impulsar el desarrollo económico. *Industria Peruana*, 916, 52. Retrieved from http://www.sni.org.pe/wp-content/uploads/2017/12/Industria_Peruana_916.pdf
- Tapia, J., Escobedo, T., Barrón, E., Martínez, G., & Estebané, V. (2017). Marco de referencia de la aplicación de Manufactura Esbelta en la industria. *Ciencia & Trabajo*, 19(60), 171–178. Retrieved from http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-24492017000300171&lang=pt%0Ahttp://www.scielo.cl/pdf/cyt/v19n60/0718-2449-cyt-19-60-00171.pdf
- Tapia, M., Arroyo, L., Luna, A., Goytia, J., & García, J. (2009). Implementación del método S.L.P. en una empresa de la región Bajío en México. *VII Congreso Internacional En Innovación y Desarrollo Tecnológico*, 1–8. Retrieved from <https://docplayer.es/52309184-Implementacion-del-metodo-s-l-p-en-una-empresa-de-la-region-bajio-en-mexico.html>

- Tejeda, A. (2011). Mejoras de Lean Manufacturing en los Sistemas Productivos. *Ciencia y Sociedad*, 36(2), 276–310. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87019757005>
- Trías, M., González, P., Fajardo, S., & Flores, L. (2009). Las 5 W + H y el ciclo de mejora en la gestión de procesos - PDF. *Innotec Gestión*, 1, 20–25. Retrieved from <https://docplayer.es/7634947-Las-5-w-h-y-el-ciclo-de-mejora-en-la-gestion-de-procesos.html>
- Vargas, Z. (2009). La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, 33(1), 155–165. <https://doi.org/10.15517/revedu.v33i1.538>
- Vera, B., & Lugo, S. (2016). Matriz de consistencia metodológica. *Ciencia Huasteca*, 4(6). <https://doi.org/https://doi.org/10.29057/esh.v4i8.318>
- Villaseñor, A. (2007). *Manual De Lean Manufacturing. Guía Basica* (1st ed.). Ciudad de México: Editorial Limusa. Retrieved from <http://dspace.ucbscz.edu.bo/dspace/handle/123456789/12516>
- Yuni, J., & Urbano, C. (2006). *Técnicas para investigar. Recursos metodológicos para la preparación de proyectos de investigación*. (2nd ed.). Córdoba: Editorial Brujas. Retrieved from <https://books.google.com.pe/books?id=r8tKbJBkvbYC&printsec=frontcover&dq=Técnicas+para+Investigar+y+formular+proyectos+de+investigación&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiFzZb91a7tAhXrHLkGHeAdChwQ6wEwAHoECAEQAQ>
- Zapata, C., Villegas, S., & Arango, F. (2006). Reglas de consistencia entre modelos de requisitos de Un-Método. *Revista Universidad EAFIT*, 42(141), 40–59. Retrieved from <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/download/808/717/>

ANEXOS

Anexo 1. Guía de entrevista N°1

GUÍA DE ENTREVISTA N°01

EMPRESA	Empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización
OBJETIVO	Obtener información general de la empresa.
INVESTIGADORAS	- De la Cruz Felipe, Caroline Pamela - Gómez Cárdenas María Fe

ENTREVISTADORA	De la Cruz Felipe, Caroline Pamela
ENTREVISTADO	Jefa de Calidad y Seguridad

FECHA: 03/09/2020

FASE INICIAL:

- Presentarse comunicando nombre, primer apellido y profesión.
- Manifestar el objetivo de la entrevista.

FASE INTERMEDIA:

Preguntas sobre información relevante de la empresa.

1. De manera general, ¿cuáles son los productos y servicios que ofrece la empresa?
2. En su planta industrial, ¿qué áreas de trabajo están ahí?
3. En sus talleres, ¿qué actividades y productos hacen?
4. ¿Cuántos operarios trabajan en los talleres?
5. ¿Hay varios tipos de tableros eléctricos?
6. ¿Tienen diagramas de proceso? ¿Han realizado estudios de tiempo?
7. ¿Cuántos almacenes tienen?
8. En sus almacenes, ¿llevan un control de entradas o salidas?
9. Para mantener la organización en los almacenes ¿Utilizan alguna metodología en la gestión de almacenes?
10. ¿Cómo van con el tema del orden y limpieza en los talleres y almacenes?
11. ¿Tienen sus procesos y funciones del personal estandarizados y documentados?
12. ¿Han implementado 5S?

FASE FINAL:

- Agradecer, despedirse hasta la próxima cita.

Análisis de la entrevista por las investigadoras:

Los principales proyectos de la empresa son: electrificación en media y alta tensión, automatización industrial, hidráulica y fabricación de tableros eléctricos, teniendo como clientes potenciales a reconocidas empresas del sector tales como; Sol de Laredo, HASS PERU, AVO PERU, Talsa, entre otros. Su planta industrial está ubicada en el distrito de Moche y está distribuida en las áreas de logística, administración, seguridad y calidad, y talleres donde realizan los trabajos eléctricos y de soldadura. Asimismo, cuentan con tres almacenes: el más grande, donde se depositan los productos más costosos; el de tamaño medio, almacenan material; y el de menor tamaño, donde almacenan estructuras soldadas.

Actualmente tienen un total de 24 trabajadores, de los cuales 7 trabajan en oficinas administrativas y 3 en los talleres.

Los procesos y funciones no se encuentran estandarizados y documentados. Cuentan con un inventario general de materiales y productos. Anteriormente han intentado implementar mejoras como 5S, pero no han conseguido mantener la mejora en el tiempo.

Anexo 2. Guía de Análisis de Documentos N°1

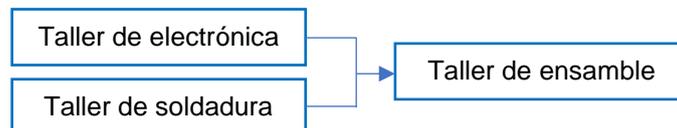
GUÍA DE ANÁLISIS DE DOCUMENTOS N°01

EMPRESA	Empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización
OBJETIVO GUÍA N°01	Analizar el estado actual de la productividad de la empresa.
INVESTIGADORAS	- De la Cruz Felipe, Caroline Pamela - Gómez Cárdenas María Fe

DOCUMENTO	Diagrama de Análisis de Procesos (DAP)
ÁREA	Área de producción

ANÁLISIS

La construcción de un tablero eléctrico consta del ensamblado de los componentes: tarjeta electrónica, base de metal y tablero. Para lo cual, la tarjeta electrónica es desarrollada en el taller de electrónica, la base de metal se hace en el taller de soldadura y la construcción del tablero con todos los componentes se hace en el taller de ensamble.



El Tiempo Estándar (Ts) para la construcción de un tablero está estimado en 5400 min, este es de larga duración ya que la empresa tiene un sistema productivo por proyectos.

En base a los datos, se calculó el porcentaje de actividades productivas e improductivas.

RESUMEN DE ACTIVIDADES		
ACTIVIDADES PRODUCTIVAS	CANTIDAD	%
Operación	17	75%
Inspección	2	
Operación-inspección	5	
ACTIVIDADES IMPRODUCTIVAS	CANTIDAD	%
Demora	6	25%
Transporte	1	
Almacén	1	
TOTAL	32	

En consecuencia, se determina que las actividades improductivas representan un 25%, las cuales generan que la productividad de la empresa disminuya y, por lo tanto, se deben de eliminar o reducir a través de herramientas de ingeniería que se propondrán en la presente investigación.

Anexo 3. Guía de Análisis de Documentos N°2

GUÍA DE ANÁLISIS DE DOCUMENTOS N°02

EMPRESA	Empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización
OBJETIVO GUÍA N°02	Analizar el estado actual de la productividad de la empresa.
INVESTIGADORAS	- De la Cruz Felipe, Caroline Pamela - Gómez Cárdenas María Fe

DOCUMENTO	Inventario de productos terminados 2019-2
ÁREA	Área de producción

ANÁLISIS

En los talleres de la empresa ubicados en la planta industrial realizan la fabricación de diversos componentes, entre ellos los tableros eléctricos que se caracterizan por ser ajustados a las necesidades de los clientes; sin embargo, mantienen un proceso de fabricación estándar que puede ajustarse a los cambios.

La presente investigación será basada en la línea de productos: tableros eléctricos.

El número de tableros eléctricos ensamblados que se registraron en el Inventario de productos terminados 2019-2 fue de 55.

FECHA	31.12.2019
RESPONSABLE	ANTONIO F. PALACIOS BLAS

Código del producto	Nombre del producto	DEMAN DA
MEGAN-00379	Tablero De Comunicación ETHERNET	10
MEGAN-00380	Tablero De Arranque Directo Con TEMPORIZADOR ZELIO 3.5	4
MEGAN-00539	FILTRO DE RUIDO ELECTRICO/SUPRESOR DE PICOS 1.5 KVA - 220 VAC	9
MEGAN-00714	Tablero De Arranque Directo Con TEMPORIZADOR ZELIO 6.5	17
MEGAN-00758	TABLERO AUTOSOPORTADO DE DISTRIBUCIÓN 75KW 3F-60HZ	1
MEGAN-00799	TABLERO DE ARRANQUE MURAL C/VARIADOR DE 5HP - 380/440V -3F-6	2
MEGAN-00800	TABLERO MURAL DE ARRANQUE DIRECTO MANUAL 7.5HP-440V-3F-60	3
MEGAN-00822	TABLERO DE COMUNICACIÓN + SWITCH 5 PUERTOS	2
MEGAN-01064	TABLERO DOBLE CON VARIADOR DE 75 HP	1
MEGAN-01149	TABLERO DE ARRANQUE AUTOSOPORTADO C/ VARIADOR 100HP - 380/	0
MEGAN-01150	TABLERO DE ARRANQUE AUTOSOPORTADO C/ VARIADOR 50HP - 380/4	3
MEGAN-01151	TABLERO DE ARRANQUE AUTOSOPORTADO C/ VARIADOR 60HP - 380/4	1
MEGAN-01152	TABLERO DE ARRANQUE AUTOSOPORTADO C/ VARIADOR 75HP - 380/4	3
MEGAN-01501	TABLERO DE COMUNICACIÓN P/GÁLILEO + SWITCH 5 PUERTOS + 1POE	0
MEGAN-01517	TABLERO PARA SISTEMA DE ALARMA NIVEL BASICO TIPO BOYA	4
MEGAN-01551	TABLERO CON MANDO REMOTO P/PIVOTS	1
MEGAN-01575	TABLERO DE 4 ARRANQUES DIRECTO 1.5 HP	1
MEGAN-01578	TABLERO CON KIT SOLAR	2

Para hallar la productividad se utilizó la siguiente fórmula:

$$Productividad = \frac{\text{Tiempo real}}{\text{Tiempo disponible}} * \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Unidades planificadas}}$$

Anexo 5. Guía de análisis de documentos N°4

GUÍA DE ANÁLISIS DE DOCUMENTOS N°04

EMPRESA	Empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización
OBJETIVO GUÍA N°03	Inventario acumulado
INVESTIGADORAS	- De la Cruz Felipe, Caroline Pamela - Gómez Cárdenas María Fe

DOCUMENTO	Inventario final período 2019-2
ÁREA	Área de almacén

ANÁLISIS				
Familia de producto	Costo del artículo	Costo de pedir	Costo de mantener	Costo total por acumulación de inventario
Adaptador	S/1.08	S/0.05	S/0.03	S/1.16
Batería	S/172.94	S/8.65	S/4.15	S/185.74
Bobina	S/439.38	S/21.97	S/10.55	S/471.89
Bornera	S/34.34	S/1.72	S/0.82	S/36.89
Cable	S/186.62	S/9.33	S/4.48	S/200.43
Canaleta ranurada	S/67.28	S/3.36	S/1.61	S/72.26
Capucha para conector	S/1.80	S/0.09	S/0.04	S/1.93
Cintillo para cable	S/3.06	S/0.15	S/0.07	S/3.29
Conector	S/5.87	S/0.29	S/0.14	S/6.30
Contactador	S/372.60	S/18.63	S/8.94	S/400.17
Convertidor de protocolo	S/216.00	S/10.80	S/5.18	S/231.98
Enchufe	S/9.00	S/0.45	S/0.22	S/9.67
Espiral portacable	S/8.35	S/0.42	S/0.20	S/8.97
Estobol	S/2.12	S/0.11	S/0.05	S/2.28
Filete para tableros	S/5.41	S/0.27	S/0.13	S/5.81
Fuente de alimentación	S/30.27	S/1.51	S/0.73	S/32.51
Fuente de energía	S/104.40	S/5.22	S/2.51	S/112.13
Fusible NH ar FNH1	S/407.66	S/20.38	S/9.78	S/437.83
Gabinete autosoportado	S/5,320.80	S/266.04	S/127.70	S/5,714.54
IM REG.	S/1,724.08	S/86.20	S/41.38	S/1,851.66
Interruptor	S/1,176.41	S/58.82	S/28.23	S/1,263.46
Kit de puerta	S/366.95	S/18.35	S/8.81	S/394.10
Lámpara fluorescente	S/271.84	S/13.59	S/6.52	S/291.95
Llave termica	S/644.29	S/32.21	S/15.46	S/691.97
Manga termocontraible	S/4.90	S/0.24	S/0.12	S/5.26
Marcador para cable	S/0.47	S/0.02	S/0.01	S/0.50

Perno	S/2.92	S/0.15	S/0.07	S/3.13
Piloto luminoso	S/186.91	S/9.35	S/4.49	S/200.74
Placa de montaje	S/1,293.66	S/64.68	S/31.05	S/1,389.39
Plancha de aluminio	S/503.89	S/25.19	S/12.09	S/541.18
Platina	S/79.85	S/3.99	S/1.92	S/85.76
Porta plano	S/30.74	S/1.54	S/0.74	S/33.02
Porta cintillo	S/8.35	S/0.42	S/0.20	S/8.97
Prensaestopa para cable	S/4.00	S/0.20	S/0.10	S/4.29
Pulsador luminoso	S/675.61	S/33.78	S/16.21	S/725.61
Regulador de carga	S/49.54	S/2.48	S/1.19	S/53.20
Rejilla	S/31.75	S/1.59	S/0.76	S/34.10
Relay + base de proposito general	S/295.99	S/14.80	S/7.10	S/317.90
Relé	S/1,284.59	S/64.23	S/30.83	S/1,379.65
Riel DIN	S/38.09	S/1.90	S/0.91	S/40.91
RJ 45	S/0.36	S/0.02	S/0.01	S/0.39
Selector	S/452.05	S/22.60	S/10.85	S/485.50
Soldadura estaño	S/9.83	S/0.49	S/0.24	S/10.56
Sticker	S/55.80	S/2.79	S/1.34	S/59.93
Supresor de pico	S/108.00	S/5.40	S/2.59	S/115.99
Swirch Nogest	S/424.12	S/21.21	S/10.18	S/455.50
Tablero	S/8,452.26	S/422.61	S/202.85	S/9,077.73
Tapa final para bornera	S/1.15	S/0.06	S/0.03	S/1.24
Terminal	S/420.98	S/21.05	S/10.10	S/452.14
Termostato	S/127.55	S/6.38	S/3.06	S/136.99
Tomacorriente	S/13.72	S/0.69	S/0.33	S/14.73
Transformador	S/677.23	S/33.86	S/16.25	S/727.35
Unión para RJ 45	S/1.80	S/0.09	S/0.04	S/1.93
Variador ATV	S/44,964.65	S/2,248.23	S/1,079.15	S/48,292.03
Ventilador	S/182.70	S/9.14	S/4.38	S/196.22
Zelio	S/312.23	S/15.61	S/7.49	S/335.33
Total	S/72,268.24	S/3,613.41	S/1,734.44	S/77,616.09

Analizando el estado actual del área de almacén, se determina que existe inventario acumulado al finalizar la actividad operativa del año 2019, representando un costo total de S/77,616.09. Es necesario recalcar que, la empresa al trabajar mediante proyectos debería de tener inventario nulo; sin embargo, se evidencia lo contrario. Por lo tanto, es necesario establecer estrategias de control del inventario que impida la acumulación de componentes en el almacén.

Anexo 6. Declaración jurada

DECLARACIÓN JURADA

Yo, Maria Fe Gómez Cárdenas (1) estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada del Norte, identificada con DNI 71928549 y código N00086673; por otro lado, la estudiante Caroline Pamela De La Cruz Felipe (2), estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada del Norte, identificada con DNI 73502110 y código N00010573.

Declaramos bajo juramento que:

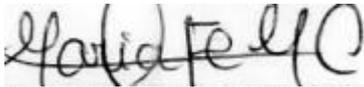
1. Somos autoras de la tesis titulada: “Propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing para incrementar la productividad en una empresa de proyectos tecnológicos y sistemas de automatización, Trujillo, 2020”, la misma que presentamos para optar el título profesional de Ingeniero Industrial.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, nos hacemos responsables frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causa en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que

pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente nos comprometemos asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada del Norte.

Trujillo, 01 de Diciembre 2020



Maria Fe Gómez Cárdenas
DNI 71928549
CÓDIGO UPN N00086673



Caroline De La Cruz Felipe
DNI 73502110
CÓDIGO UPN N00010573