



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Implementación de lean manufacturing para incrementar la
productividad en la empresa Estructuras Metálicas CORNEJO
E.I.R.L.

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero(a) Industrial

AUTOR(ES)

Córdova Najarro, Medalit Milagros
ORCID: 0000-0003-2589-9377

Molleapaza Arteaga, Raúl Ruben
ORCID: 0000-0002-9486-0938

ASESOR

Rodríguez Vásquez, Miguel Alberto
ORCID: 0000-0001-9829-2571

Lima, Perú

2021

Metadatos Complementarios

Datos del autor(es)

Córdova Najarro, Medalit Milagros

DNI: 72784494

Molleapaza Arteaga, Raúl Ruben

DNI: 73100819

Datos de asesor

Rodríguez Vásquez, Miguel Alberto

DNI: 08544988

Datos del jurado

JURADO 1

Cebreros Delgado de La Flor, Ada Cecilia

DNI: 07799520

ORCID: 0000-0002-0422-7427

JURADO 2

Rivera Lynch, César Armando

DNI: 07228483

ORCID: 0000-0001-9418-5066

JURADO 3

Papanicolau Denegri, Jorge Nicolás Alejandro

DNI: 07637233

ORCID: 0000-0002-0684-8542

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 2.11.04

Código del Programa: 722026

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres Antonio y Ana por su gran esfuerzo, amor y educación. A mis hermanos, Karina y Antonio por su gran motivación y apoyo en este gran trayecto. Ustedes son mi principal motivación para seguir creciendo como profesional y persona.

Medalit Milagros Córdova Najarro

A Dios, mi mamá, hermano y abuelos, que son el pilar que sostiene mi vida y el motivo por el que siempre voy a buscar ser un mejor profesional y persona.

Raúl Ruben Molleapaza Arteaga

AGRADECIMIENTO

Agradecemos en primer lugar a Dios, a nuestra Universidad Ricardo Palma que nos brindó todas las herramientas para enfrentar los retos como profesional de Ingeniería Industrial. Agradecemos a la empresa que nos abrió sus puertas para brindarnos la oportunidad de poder realizar este trabajo. A nuestras familias por su apoyo y amor constante para poder ser mejores cada día. Asimismo, un agradecimiento especial a nuestro asesor Mg. Miguel Alberto Rodríguez Vásquez; por la orientación, el seguimiento y la supervisión continua de nuestra tesis a fin de obtener un trabajo de excelencia que nos identifique como alumnos de nuestra casa de estudios.

Medalit Córdova y Raúl Molleapaza

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos	2
1.2 Objetivo general y específicos	5
1.3 Delimitación de la investigación	5
1.4 Importancia y justificación del estudio (aporte, contribución)	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	8
2.1 Marco histórico	8
2.2 Antecedentes del estudio de investigación.....	12
2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio.....	18
2.4 Definición de términos básicos	33
2.5 Fundamentos teóricos que sustentan las hipótesis (figuras, mapas conceptuales)	36
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS.....	38
3.1 Hipótesis.....	38
3.1.1 Hipótesis principal	38
3.1.2 Hipótesis secundarias	38
3.2 Variables	38
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	39
4.1 Enfoque, tipo y nivel.....	39
4.2 Diseño de investigación	39
4.3 Población y muestra	39
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	41
4.4.1 Técnicas e instrumentos	41
4.4.2 Criterio de validez y confiabilidad de instrumento	42
4.4.3 Procedimientos para la recolección de datos	43
4.5 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	43

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA	
INVESTIGACIÓN.....	44
5.1 Presentación de resultados	44
5.2 Análisis de resultados.....	90
CONCLUSIONES.....	105
RECOMENDACIONES.....	106
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
ANEXOS.....	111
Anexo 1: Matriz de consistencia	111
Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables	112
Anexo 3: Tareas de mantenimiento.....	114
Anexo 4: Autorización de la empresa	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resumen población y muestra	40
Tabla 2: Resumen técnicas e instrumentos.....	41
Tabla 3: Matriz de análisis de datos	43
Tabla 4: Diagrama FODA	46
Tabla 5: Diagnóstico de mantenimiento planificado.....	51
Tabla 6: Muestra pre-test de fallas en equipos semanales.....	51
Tabla 7: Codificación de equipos.....	54
Tabla 8: Diagnóstico final del mantenimiento planificado	61
Tabla 9: Muestra post-test de fallas en los equipos.....	62
Tabla 10: Evaluación inicial de la metodología 5S.....	64
Tabla 11: Resultados de la evaluación inicial de las 5S.....	65
Tabla 12: Cálculo inicial de la productividad	66
Tabla 13: Muestra pre-test de la productividad semanal.....	67
Tabla 14: Cronograma de actividades de la implementación de la metodología 5S.....	68
Tabla 15: Listado de productos en el área de producción	71
Tabla 16: Listado de productos necesarios en el área de producción.....	72
Tabla 17: Listado de productos innecesarios en el área de producción	73
Tabla 18: Nivel de cumplimiento de las 3S	79
Tabla 19: Nivel de cumplimiento de las 5S	82
Tabla 20: Resultados del cálculo de productividad pre-test y post-test	83
Tabla 21: Muestra pre-test de tiempo de producción	84
Tabla 22: Propuesta de implementación de tablero Kanban	86
Tabla 23: Propuesta de modelo para las tarjetas Kanban	86
Tabla 24: Tabla de insumos Kanban.....	86
Tabla 25: Muestra (post-test) de tiempos de producción	89
Tabla 26: Resumen de resultados.....	89
Tabla 27: Muestra pre-test y post-test de fallas en los equipos	91
Tabla 28: Resumen de procesamiento de casos	92
Tabla 29: Estadísticos descriptivos de las muestras pre-test y post-test.....	92
Tabla 30: Pruebas de normalidad	93
Tabla 31: Resumen de contrastes de hipótesis	94
Tabla 32: Muestra pre-test y post-test de producción semanal	95

Tabla 33: Resumen de procesamiento de casos	96
Tabla 34: Estadísticos descriptivos de las muestras pre-test y post-test.....	96
Tabla 35: Pruebas de normalidad	97
Tabla 36: Resumen de contrastes de hipótesis	98
Tabla 37: Muestra pre-test y post-test de tiempo de producción.....	99
Tabla 38: Resumen de procesamiento de datos – tiempo de producción muestras pre-test y post-test	100
Tabla 39: Estadísticas de grupo – muestras pre-test y post- test	100
Tabla 40: Pruebas de normalidad para tiempo de producción de las muestras pre-test y post-test	101
Tabla 41: Estadísticas de muestras emparejadas para el tiempo de producción	102
Tabla 42: Correlaciones de muestras emparejadas para tiempo de producción	103
Tabla 43: Prueba de hipótesis de T de Student de muestras emparejadas para tiempo de producción	103
Tabla 44: Resumen de resultados.....	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Adaptación actualizada de la casa Toyota	36
Figura 2: Productividad	37
Figura 3: Organigrama de la empresa estructuras metálicas Cornejo	45
Figura 4: Diagrama de operaciones de procesos (DOP)	48
Figura 5: Diagrama de Ishikawa	49
Figura 6: Diagrama de aplicación de fases del mantenimiento planificado	52
Figura 7: Protocolo para soldadoras	56
Figura 8: Protocolos para esmeril	57
Figura 9: Protocolos para tronadora	58
Figura 10: Protocolos para compresoras	59
Figura 11: Protocolos para taladros de banco	60
Figura 12: Diagrama de aplicación de fases de la metodología 5S.....	67
Figura 13: Formación de equipo de trabajo	69
Figura 14: Roles del equipo de trabajo	69
Figura 15: Actividades para implementar Seiri.....	70
Figura 16: Tarjeta roja 5S	73
Figura 17: Actividades para implementar Seiton.....	74
Figura 18: Actividades para implementar Seiso	76
Figura 19: Diagrama de aplicación de fases de Kanban	85
Figura 20: Tarjeta Kanban proveedor	87

RESUMEN

La implementación de la metodología Lean Manufacturing en la empresa Estructuras Metálicas Cornejo E.I.R.L. tuvo como objetivo general la mejora de la productividad a través del Lean Manufacturing en una empresa del sector metalmeccánico. Se utilizó un método explicativo y un diseño cuasi experimental. El propósito fue la aplicación de diversas herramientas de Ingeniería Industrial para resolver los problemas más comunes que afrontaba la empresa.

Para ello, se realizó un diagnóstico general de la empresa respecto a las condiciones actuales del área de producción en cuanto a procesos, equipos y personal, encontrándose oportunidades de mejora en los equipos del área de producción, el rendimiento laboral y el tiempo de fabricación de los productos. Esto debido en su mayor parte a factores relacionados con la condición actual de los equipos y no tener tareas preventivas para mantenerlos en buen estado, el orden, organización y limpieza del área de producción y un proceso de suministro de materiales deficiente, lo que trae consigo problemas con el proceso de fabricación. Por lo tanto, se propuso la implementación de la metodología Lean Manufacturing a través de la aplicación de las herramientas de Mantenimiento Planificado, 5S y Kanban con el fin de solucionar los principales problemas transversales antes, durante y después del proceso de producción y por ende mejorar el tiempo de respuesta del negocio de cara a los clientes y proveedores.

Con la implementación de Lean Manufacturing se incrementó la productividad de la empresa, lo que redujo las fallas de los equipos, mejoró el rendimiento del personal y el suministro de materiales del área de producción.

Palabras claves: Manufactura esbelta, Procesos, 5S

ABSTRACT

The implementation of the Lean Manufacturing methodology in the company Estructuras Metálicas Cornejo E.I.R.L. Its general objective was to improve productivity through Lean Manufacturing in a company in the metalworking sector. An explanatory method and a quasi-experimental design were used. The purpose was the application of various Industrial Engineering tools to solve the most common problems faced by the company.

For this, a general diagnosis of the company was carried out regarding the current conditions of the production area in terms of processes, equipment and personnel, finding opportunities for improvement in the production area equipment, labor performance and manufacturing time of the products. This is due for the most part to factors related to the current condition of the equipment and not having preventive tasks to keep them in good condition, the order, organization and cleanliness of the production area and a poor material supply process, which brings with it problems with the manufacturing process. Therefore, the implementation of the Lean Manufacturing methodology was proposed through the application of the tools of Planned Maintenance, 5S and Kanban in order to solve the main transversal problems before, during and after the production process and therefore improve the response time of the business to customers and suppliers.

With the implementation of Lean Manufacturing, the productivity of the company increased, which reduced equipment failures, improved staff performance and the supply of materials in the production area.

Keywords: Lean Manufacturing, Processes, 5S

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo plantea la pregunta, ¿Cómo incrementar la productividad en la empresa estructuras metálicas Cornejo E.I.R.L.?

Para responder a esta pregunta se implementa Lean Manufacturing en el área de producción. Para fines del caso la investigación, le corresponde el tipo aplicada, con un enfoque de tipo cuantitativo, ya que se tiene que recolectar datos numéricos e información del personal de la empresa, el estudio se lleva de forma sistemática y organizada. Por último, el nivel de la investigación es de tipo explicativo, ya que se pretende buscar la relación que tienen las variables así como también identificar la situación real de la organización.

Los resultados que se obtienen luego de aplicar la metodología Lean Manufacturing permiten apreciar mejoras en la productividad en cuanto al personal, equipos y organización del área de producción. El desarrollo secuencial de la tesis se lleva cabo en 5 capítulos, los cuales son:

Capítulo I, se inicia con la descripción de la problemática, para lo que se tiene que analizar datos proporcionados por la empresa, con lo que se logra identificar y plantear el problema general y los problemas específicos, para desarrollar la justificación e importancia referente a la investigación.

Capítulo II, se describen y citan algunos antecedentes al problema de la presente investigación, así como también se detallan las bases teóricas y definiciones de términos básicos.

Capítulo III, se define una solución a los problemas, se formula la hipótesis principal y secundarias, así como también la definición conceptual y operacionalización de variables.

Capítulo IV, se define la metodología de la investigación y se detalla la población y muestra, instrumentos de recolección de datos y análisis de la investigación.

Capítulo V, se aborda la descripción de la situación actual de los procesos en el área de producción para aplicar un conjunto de actividades referidas a las metodologías de Lean Manufacturing. Se tiene que realizar toma de datos de la situación pre y post ejecución de las metodologías para analizar los resultados y validar las hipótesis planteadas.

Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones de la investigación, los anexos y referencias bibliográficas.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos

El sector metalmeccánico se relaciona con secciones vinculados a la construcción, la minería y actividades industriales y de servicios, lo que lo hace un eslabón fundamental en la cadena de producción y por lo que debe tener una sinergia potencial con las fuentes generadoras de valor para permitir un mayor nivel de productividad y renta productiva en beneficio de los países y por ende el mundo.

A nivel global, los líderes mundiales son España, Japón y Argentina y por otro lado en países como China, Corea del Sur y Europa del Este, el sector representa un tercio del PBI, lo que lo hace importante económicamente. La industria metalmeccánica viene con problemas desde el 2019, que sumado con el impacto del COVID-19 y dependencia de otros sectores, complica más su crecimiento para el 2020 y 2021 en el mundo. Por otro lado, para que este sector se incorpore en su totalidad es necesario que se realicen grandes proyectos en minería o que se amplíen los que ya existen, además de nuevas contrataciones o licitaciones.

En el entorno nacional, la industria metalmeccánica ha tenido un crecimiento sostenido entre el 2015 y 2019, con una tasa promedio anual de 0.4%; así como la producción se incrementó en 10.2% entre enero y octubre del 2018, pero, a raíz de la pandemia, a partir de febrero del 2020 hasta enero del 2021, este mismo sector acumuló una caída del 18%. El sector viene operando al 25% de su capacidad desde el 2020, con un crecimiento gradual dependiendo de las medidas del gobierno, más que nada en Lima porque la reactivación es más lenta en otras regiones. Este sector estuvo en planes de reactivarse económicamente desde un inicio, pero su dependencia con el sector minero lo hace dependiente y genera limitaciones. En el Perú, según SUNAT, las exportaciones de este sector a fines del año 2020 disminuyeron en 24,59%, una caída que obliga a replantear estrategias.

La producción de productos metálicos registra un crecimiento de 6.7% en julio del 2021, debido a una mayor demanda y reactivación económica, pero sigue por debajo de la producción prepandemia en un 2%.

El entorno económico se ha convertido en un factor exigente capaz de someter a las organizaciones a adaptarse a los cambios para su continuidad. Es por ello, que las empresas idealizan alcanzar y brindar el mayor nivel de calidad a sus clientes,

apoyándose en la medición de la eficiencia de producción de la organización y de sus recursos humanos. Sin embargo, existen diversas amenazas que podrían afectar al desarrollo de sus objetivos. Para ello, es importante priorizar la medición y análisis de la productividad de una organización, puesto que es una variable determinante para la sostenibilidad de esta en el mercado actual.

Hoy en día los diversos sectores industriales, han buscado la manera de llegar al éxito utilizando herramientas que identifiquen los principales problemas que padecen y poder analizar la situación actual y las oportunidades de crecimiento en el mercado. Entre las principales industrias en el Perú, la actividad metalmeccánica se ha convertido en uno de los sectores industriales que produce mayor nivel agregado a la industria nacional, esto fruto del haber afrontado desafíos y de adecuarse a las nuevas exigencias del mundo globalizado. Motivo por el cual, es un sector que requiere seguir adaptándose, aún más cuando se trata de pequeñas organizaciones que buscan surgir a través de la autoevaluación de su productividad, modernización y renovación de sus activos y así poder incrementar su participación a más mercados.

El presente trabajo de investigación se llevará a cabo en la empresa estructuras metálicas Cornejo E.I.R.L., esta cuenta como principal actividad la fabricación de estructuras metálicas, perfiles metálicos dimensionados y carpintería en metales. Se caracteriza como una de las empresas sólidas y reconocidas en el sector metalmeccánico del distrito de Bellavista, Callao. Sin embargo, en los últimos años se ha evidenciado diversos factores que atentan contra el crecimiento y productividad en ella, principalmente identificados durante el proceso productivo, el cual están relacionados principalmente al funcionamiento y disponibilidad de los activos y al rendimiento del personal. Es por ello, que la necesidad de mejorar la productividad de las operaciones se convierte en una prioridad para que la empresa pueda mantener su competitividad en el mercado nacional.

A continuación, se describen los principales problemas en el proceso de producción: Como primer problema, se identificaron problemas relacionados a los equipos utilizados. Esta debilidad se identificó debido a las constantes incidencias que manifestó el área de producción relacionada a la operatividad del equipo y por ende retrasos en la producción. Esto debido principalmente porque no hay un plan de mantenimiento de sus equipos, no hay una cultura y concientización de los operarios en cuanto al cuidado y preservación de los equipos del área de producción, mala manipulación por parte de los operarios y falta de limpieza del área de trabajo.

Generando tiempos muertos de producción, reprocesos de operaciones, fallas en los productos, tiempos de entrega de pedidos programados y costos innecesarios en cuanto a mano de obra parada y por reemplazo no programado de equipos o repuestos. Como segundo problema, se identificó el bajo rendimiento laboral de los trabajadores en el área de producción, los cuales se ven expuestos a la falta de espacio de trabajo, falta de orden, limpieza, organización, señalización e indicadores de localización, falta de capacitación, los cuales trajeron como consecuencias el bajo rendimiento de operario, tiempos de producción prolongadas, englobando en una disminución de ventas e ingresos para la empresa.

Finalmente, se identificó que no cuenta con un adecuado abastecimiento de materia prima para el proceso de producción. Esto debido a la falta de supervisión y control por parte de los colaboradores, mala organización física de materiales, personal que no cuenta con conocimiento sobre el manejo de inventarios, falta de señalización de materiales en stock, ausencia de información del inventario real de materia prima, no hay un control periódico de entrada y salida de materiales. Generando retraso en tiempos de producción, tiempos improductivos de mano de obra, retrasos en tiempos de entrega de pedidos programados, costos innecesarios causado por la compra no prevista de materiales, sobrecostos por compra de materiales a otros proveedores, disminución de ventas y pérdida de la fiabilidad de los clientes.

Con base a esto, se pretende utilizar el Mantenimiento Planificado, 5S y Kanban, para solucionar los problemas del negocio referidos a los equipos, rendimiento y abastecimiento, no teniendo necesidad de utilizar otra herramienta de la metodología Lean Manufacturing pues se cumplen a cabalidad.

En relación con lo anteriormente mencionado y con la finalidad de solucionar los problemas identificados con el presente estudio se plantea la implementación de propuestas de mejora que incrementen la productividad del proceso de producción de la empresa Estructuras Metálicas Cornejo E.I.R.L. mediante la aplicación de estas tres herramientas de Ingeniería Industrial.

Formulación del problema

Problema general

¿Cómo incrementar la productividad mediante la implementación de Lean Manufacturing en la empresa estructuras metálicas Cornejo E.I.R.L.?

Problemas específicos

- a) ¿Cómo reducir las fallas en los equipos mediante la implementación del Mantenimiento Planificado del área de producción?
- b) ¿Cómo incrementar el rendimiento laboral mediante la implementación de la metodología 5S en el área de producción?
- c) ¿En qué medida mejorará el abastecimiento de materia prima mediante la metodología Kanban?

1.2 Objetivo general y específicos

Objetivo general

Implementar Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la empresa estructuras metálicas Cornejo E.I.R.L.

Objetivos específicos

- a) Implementar el mantenimiento planificado para reducir las fallas en los equipos del área de producción.
- b) Implementar la metodología 5S para incrementar el rendimiento laboral en el área de producción.
- c) Implementar la metodología Kanban para mejorar el abastecimiento de materia prima.

1.3 Delimitación de la investigación

1.3.1 Delimitación espacial

El estudio se desarrolla en una empresa del sector metalmecánico ubicada en la Provincia Constitucional del Callao, en el distrito de Bellavista. Dirección: Av. Colonial - Mz. A1 Lt. 4, Urb. Ciudad del Pescador.

1.3.2 Delimitación temporal

El presente trabajo de investigación comprende las siguientes fases de estudio:

Fase Pre: de marzo-21 a mayo-21

Implementación: junio-21

Fase post: de julio-21 a setiembre-21

1.3.3 Delimitación teórica

Aplicación de la metodología Lean Manufacturing, de la cual se utilizará las herramientas del TPM (Mantenimiento planificado), 5S y Kanban.

1.4 Importancia y justificación del estudio (aporte, contribución)

Importancia del estudio

En cuanto a la importancia de la presente investigación, principalmente se centra en resolver el problema de la productividad en el área de producción de la empresa del sector metalmecánico, mediante la aplicación de la teoría referida Lean Manufacturing. Se considera que tendrá un impacto favorable en el aumento de la productividad en la línea de producción, lo que hace que los principales beneficiarios sean los trabajadores y la empresa. Este beneficio consiste en un gran ahorro de tiempo, esfuerzo y mejora en la gestión de las actividades y del equipo de trabajo, lo que permite que la empresa sea más competitiva y ágil ante la demanda de los clientes, y así posicionarse como un referente en el mercado nacional. Es importante alcanzar estos beneficios para poder contrastar el conocimiento con la práctica y porque con el avance de la tecnología y los cambios coyunturales, la productividad es vital para seguir en el mercado. La investigación tendrá su aplicación concreta en la implementación de nuevas metodologías en el área de producción y por ende mejoras en la productividad del proceso.

Justificación del estudio

Justificación teórica

La investigación se realizará con el propósito de aportar al conocimiento existente sobre la aplicación de Lean Manufacturing, cuyos resultados serán de la revisión de los artículos científicos y permitirá describir la evaluación que se ha dado; así mismo, se buscará aplicar el conocimiento de la metodología como herramienta para mejorar la productividad en la empresa. Esto servirá como referencia a otras investigaciones afines.

Justificación metodológica

Se justifica el estudio en razón que la aplicación de la herramienta planteada Lean Manufacturing se efectuará siguiendo la metodología que señala la teoría al respecto, con el fin de generar nuevo conocimiento válido y confiable en diversos aspectos y solucionar problemas en tiempos y rendimiento para que sirva de referencia a más empresas del rubro.

Justificación práctica

Esta investigación permitirá la identificación de los principales problemas de la empresa en el área de producción, lo cual dará a conocer herramientas que contribuyan a mejorar el proceso productivo. Estas son Mantenimiento planificado para abordar los problemas con los equipos de producción, 5S para incrementar el rendimiento laboral a través de la organización, orden, limpieza, estandarización y disciplina en el área de producción y Kanban para que el proceso no se interrumpa repentinamente por falta de trazabilidad de la materia prima. Esta investigación servirá de referencia de aplicación a demás empresas en la actualidad.

Justificación económica

Desde el punto de vista económico, la reducción de tiempos de producción permitirá una mayor disponibilidad para fabricar más productos, dando como resultado un impacto positivo en las ventas de la empresa.

Justificación social

El presente estudio se justifica desde el punto de vista social por cuanto una vez solucionado los problemas identificados beneficiará en primer término a la organización, lo cual involucra a todos los trabajadores; por otro lado, también dentro de ese beneficio incluye a otros grupos de interés tales como clientes, proveedores, entre otros.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco histórico

Lean manufacturing

Parte importante de los pilares esenciales del Lean Manufacturing encuentran su punto de partida a inicios del siglo XX en USA, donde Frederick Taylor y Henry Ford, padres del automóvil moderno y de las primeras líneas de construcción industrial, incluyeron algunos métodos con el objetivo de mejorar sus propios procesos de fabricación en serie. Sin embargo, los primeros intentos de Taylor y Ford fueron llevados a un nivel de grandiosidad y elegancia paradigmáticas por los japoneses durante todo el siglo XX. Uno de los personajes más importantes de esta cultura de construcción, fue Sakichi Toyoda, que con su hijo Kiichiro fundarían en 1937 la Toyota Motor Company. (Touron, 2016).

El inicio de la producción ajustada es la producción en masa. A lo largo de la primera mitad del siglo XX, todos los sectores de producción implementaron la producción en masa en sus procesos y esta fue desarrollada y perfeccionada en el sector automotriz. El fordismo y taylorismo sirvieron para descubrir la máxima expresión del modelo de producción en masa, pero debido a la crisis esto dejó de ser posible porque era necesario tener todo un sistema de tecnologías, de mercados, reglas rígidas y economías de escala, además de la fabricación en grandes proporciones. (Rajadell & Sánchez, 2010).

El desencadenante de la necesidad de desarrollar un nuevo sistema distinto del Taylorismo que dominaba todo por aquellos años, surge porque Toyota había probado con la producción en masa y había fracasado y en este proceso se dio cuenta de varias cosas:

1. La producción en masa no funcionaba en Japón y se necesitaba un sistema adecuado a las circunstancias concretas del país.
2. En aquel tiempo Japón era un país en posguerra, había perdido la II Guerra Mundial y su situación era de escasez de recursos.
3. El mercado demandaba una gran variedad de automóviles: urbanos, para el campo, coches oficiales, para el ejército, camiones y autobuses, entre otros, Toyota no podía producir las inmensas cantidades que hacía Ford y por tanto no les servía su sistema. (Buzón, 2019).

Las ventas de Toyota tuvieron un colapso y caída después de la guerra (1949), lo que motivó a dos ingenieros japoneses que en ese entonces trabajan en la empresa, Ohno y Toyoda, a estudiar el proceso de producción de las empresas de Norteamérica, porque estas producían grandes volúmenes de productos, pero igual eran limitadas por el fordismo, lo que no era aplicable para ellos. De todas formas, esto permitió que se pueda estudiar los despilfarros y la reducción de inventarios mediante las investigaciones realizadas por Henry Ford, Edwards Deming, Kaoru Ishikawa y otros, lo que resultó en el sistema denominado TPS (Toyota Production System). (Sascó, 2019).

Taiichi Ohno y Eiji Toyoda, trabajadores de la fábrica de Toyota, comenzaron a aplicar las técnicas de Lean Manufacturing luego de la Segunda Guerra Mundial, pero, por su lado, Eiji Toyoda visitó durante tres meses la fábrica de Rouge de Ford en Detroit, que un tío la había visitado ya en 1929. La empresa Toyota Motor Company se fundó en 1937 y 13 años después, ya lograba producir 2,685 automóviles, comparados con los 7,000 que producían día tras día en Rouge, lo cual era espectacular. Cabe resaltar que esta planta en Rouge era la más eficiente y grande del mundo, por lo que fue estudiada cuidadosa y detalladamente. Eiji comentó a la sede que había descubierto maneras de mejorar el sistema de producción. Sin embargo, Eiji Toyoda y Taiichi Ohno encontraron que mejorar e incluso copiar lo que hacía la fábrica en Rouge iba a ser prácticamente imposible, por lo que se concluyó que la producción en masa, a diferencia de Norteamérica, no iba a funcionar en Japón. Dado esto, nació lo que llamaron “Sistema de Producción Toyota”, que hoy en día se conoce como Manufactura Ágil (Lean Manufacturing). (Padilla, 2010). Hubo un gran crecimiento de las empresas dedicadas a la producción en masa después de la Segunda Guerra Mundial, en cierta medida impulsada por Norteamérica y su política exterior, que fomentaba el aumento de la demanda y consumo y la estabilidad de economías, que tuvo influencia de especialistas en materia de mercados y economía. Sin embargo, esto también generó un aumento de la burocracia, en ese entonces muy rígida y pesada. El modelo se empezó a expandir, la productividad cayó y el capital fijo per cápita comenzó su crecimiento a fines de los 60, lo que significó una reducción en la productividad. Por esto, el modelo llegaba a su fin y se necesitaba una adaptación. Entre las mejoras del toyotismo a la organización del flujo de trabajo existen diversas soluciones a la poca flexibilidad burocrática de la producción en masa. Diversos cargos como jefaturas, gerencias e

ingenieros con enseñanza tradicional americana y europea resultan ser reacios a aceptar que la metodología del Lean Manufacturing fue únicamente resultado de la recopilación de Taiichi Ohno y sus aprendices, que luego aplicaron en Toyota. Pero lo verdadero es que esta metodología surgió a mediados del siglo XX en la Toyota Motor Company. (Rajadell & Sánchez, 2010).

La mejora en la optimización y planificación de los procesos de producción tendrá como herramienta potencial las tecnologías 4.0 aplicadas en el sistema Lean y esto debido a que el análisis de los procesos en tiempo real será más fácil gracias a la digitalización e informatización de estos. Para obtener esta información y poder procesarla, el internet de las cosas, Cloud Computing y Big Data resultan muy útiles. Por otro lado, para la solución práctica de problemas, estos datos resultan ser de gran utilidad y poder disponer de los mismos en Gemba a través de pantallas facilitará la toma de decisiones más rápidas y acertadas. Esta información en tiempo real también podrá ser utilizada por los sistemas de la organización con fines de planificación, calidad, trazabilidad y demás.

Por otro lado, monitorear diversas actividades con datos confiables es algo muy sencillo con el internet de las cosas, que al mismo tiempo permite el mantenimiento, seguridad y calidad. (Nieto, 2019).

Productividad

Se sabe que el rendimiento está vinculado a la producción, y que surgió desde la revolución industrial, sin embargo, logró el apogeo a partir de la segunda guerra mundial. En el año 1948, se instauró el “Consejo Productivo Angloamericano” que ejerció de soporte entre la Europa arruinada por la guerra y los Estados Unidos triunfantes y establecidos como potencia militar y económica. Por otro parte, Japón experimentó rápidamente la reaparición de la problemática de la productividad cuando investigó las bases de dicho consejo. En el año 1955, Japón implementó el “Centro de Productividad (JPC)”, con lo que da argumento a la necesidad de confrontar la competencia a nivel mundial, lo que encaminó al éxito de uno de los niveles más destacados de productividad en el mundo del sector manufacturero (Japan Productivity Center, s.f.). El JPC logró el éxito y obtuvo un gran impacto en el “Movimiento de la Productividad”, sobre el cual, se extendió a las naciones y empresas públicas o privadas para contribuir al logro del bienestar social. (Morales, C & Masis, A, 2014).

Según Medina, J (2007) En el año 1950, la Organización para la Cooperación Económica Europea difundió una definición oficial: “La productividad es el cociente que se obtiene de dividir el monto de lo producido entre alguno de los factores de producción. Así es posible hablar de productividad del capital, de la inversión o de las materias primas, en función de que el monto de lo producido se considera en relación con el capital, la inversión o las materias primas.” A inicios del año 1980, el Centro Americano de la Productividad divulgó la definición de rentabilidad como productividad por precio de recuperación. A inicios del siglo XVII, varias zonas de Europa habían aglomerado considerables concentraciones de fabricación rural. Las particularidades primordiales de esta industria son: Una manufactura disgregada. La producción se concebía de manera artesanal. Esto hizo que los productos no estén estandarizados y los artesanos laboren de forma independiente, originando que su jornada de trabajo esté basado en atender sus necesidades personales y no en la demanda, cuya ganancia está en función de sus necesidades. El artesano domina el proceso de producción y contempla el trabajo como un bien de uso. El territorio está compuesto por ciudades pequeñas y dispersas. Los mercados son locales y reducidos, y los productos son artesanales, homogéneos y elaborados con técnicas muy parecidas. En el año 1770, se originan cambios en todos los sectores, dando lugar a nuevas estructuras de la economía. Posterior a ello, surge la revolución industrial, etapa de la historia que condujo a la aplicación de maquinarias en industrias textiles, el invento de la máquina de vapor y el éxito del sistema de producción fabril.

Los métodos de organización de la producción aparecen a inicios del siglo XX con los trabajos ejecutados por F.W. Taylor y Henry Ford, que formalizan y rectifican los conceptos de fabricación en serie que habían empezado a ser aplicados al final del siglo XIX y encuentran sus ejemplos más relevantes en la fabricación de fusiles (EE. UU) y turbinas de barco (Europa). Asimismo, Taylor funda las primeras bases de la organización de la producción comenzando desde la aplicación del método científico a procesos, tiempos, equipos, personas y movimientos. Posteriormente, las primeras líneas de fabricación de automóviles en donde hizo un uso intensivo de la normalización de los productos, la utilización de máquinas para las tareas elementales, la simplificación-secuenciación de las tareas y recorridos, la sincronización entre procesos, la especialización del trabajo y la formación especializada. En ambos casos se trata de un conjunto de acciones y técnicas que buscan una nueva forma de organización y que surgen y evolucionan en una época

en donde era posible la producción rígida en masa de grandes cantidades de producto. (Hernández y Vizán, 2013).

2.2 Antecedentes del estudio de investigación

Según Mendoza, P. y Quispe, L. (2019) en su tesis para optar por el título profesional de ingeniero industrial “Mejora de la productividad de una empresa envasadora de glp basado en herramientas de Lean Manufacturing” presentada en la Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú, consideró lo siguiente:

Como objetivo general, señaló implementar herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en una empresa envasadora de GLP; trabajó con una población de producción diaria en la línea envasadora de GLP entre los meses de julio 2018 hasta junio 2019, de la cuál trabajó con una muestra de producción diaria entre los meses de julio 2018 – diciembre 2018 y producción diaria entre los meses de enero 2019 – julio 2019; así mismo utilizó como instrumento las entrevistas; el método empleado en el estudio fue bajo el enfoque explicativo y cuasiexperimental, con una investigación de tipo aplicada y diseño post experimental prospectivo.

Arribó a las siguientes conclusiones:

1. Luego de implementar la herramienta de las 8 disciplinas, se logró demostrar la primera hipótesis específica, que a su vez fue útil para minimizar los reprocesos en el departamento de producción de la empresa, dejando como consecuencia una evidente mejora en la línea y a su vez minimizando el número de balones a reprocesar de 23 a 16 por día hábil.
2. Luego de implementar o aplicar la metodología SMED, se logró demostrar la segunda hipótesis específica, reduciendo los tiempos de los cambios en el área de producción en más de 70% (76.44%), de 29.79 a 7.09 minutos.
3. Luego de implementar la metodología 5S, se logró confirmar la tercera hipótesis específica y disminuir la utilización del recurso de pintura en el proceso de producción, reduciendo de 3707 a 2479 galones por día, lo que significó una mejora o reducción de más de 30% (33.13%).

En esta tesis se ha identificado que la técnica análisis documental resulta interesante y se puede tomar en cuenta en nuestra investigación ya que se registró archivos de producción y ventas para su posterior análisis en Excel y SPSS, sirviendo para el análisis de resultados e implementación Lean Manufacturing.

Según Méndez, M. (2018) en su tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Industrial “Lean Manufacturing para incrementar la productividad en el proceso de *cross docking* de un cliente retail” presentada en la Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú, consideró lo siguiente:

Como objetivo general, señaló implementar Lean Manufacturing para incrementar la productividad en el proceso de *cross docking* de un cliente *retail*; trabajó con una población de 598 recepciones, de las cuales trabajó con una muestra de 234 recepciones; así mismo utilizó como técnicas el análisis documental y las bases de datos y como instrumentos el registro de contenido del documento dinámica del proceso *cross docking*, sucursales, *lay out* y base de datos Oracle; el diseño metodológico empleado en el estudio fue bajo el enfoque cuantitativo, con una investigación de tipo aplicada, cuasi experimental y cuantitativa, nivel de investigación descriptiva, explicativa, correlacional y evolutiva.

Arribó a las siguientes conclusiones:

1. La metodología Lean permite conseguir ahorros con mínima inversión, y a su vez, su mantención en la organización y en los procesos, así como en la cultura laboral, facilita la mejora continua de los mismos.
2. Se utilizaron diversas herramientas de ingeniería industrial como el árbol de problemas, *Value Stream Mapping* o Mapa de la Cadena de Valor, árbol de objetivos, recorridos y de problemas y Diagrama de Ishikawa que permitieron mapear los problemas o dolores principales del proceso.
3. Las metodologías 5S y Kaizen, se implementaron y dieron buenos resultados en lograr reducir los tiempos; que a su vez no hubiera sido posible sin las tareas de limpieza y orden en el área de trabajo de los operadores, el planeamiento de la programación de *sellers* con base a la capacidad instalada y toma de consciencia del cumplimiento de las tareas del personal.

En esta tesis se ha identificado que se ha utilizado formatos para registrar de manera histórica los tiempos del proceso para poder analizar la mejora, lo que resulta interesante y se puede ser tomado en cuenta para nuestra investigación.

Según Figueroa, K. y Galindo, J. (2019) en su tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Industrial “Mejora en la fabricación y montaje de líneas criogénicas aplicando la herramienta Lean Manufacturing para reducir los tiempos de instalación de tuberías”, presentada en la Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú, consideró lo siguiente:

Como general objetivo, identificar en qué grado se minimiza el tiempo de instalación de tuberías criogénicas aplicando la metodología del Lean Manufacturing; trabajó con una población de 2524 diámetros de pulgadas, de las cuales trabajó con una muestra de 742 diámetros de pulgadas; así mismo utilizó como instrumentos el diario de campo y la entrevista estructurada, la técnica de análisis documental; el diseño metodológico empleado en el estudio fue bajo el enfoque cuantitativo; con una investigación descriptiva, de tipo aplicada y con un diseño no experimental.

Arribó a las siguientes conclusiones:

1. Las herramientas del Lean Manufacturing y su aplicación logran incrementar la efectividad de los tiempos y costos, lo que demuestra la hipótesis general. Las tuberías criogénicas dejan más del 15% de rentabilidad a través de su aplicación y a su vez se consiguió un ahorro de recursos de tiempos de montaje de tuberías criogénicas de 23%.
2. La metodología JIT logró obtener una reducción de 28% en la reducción de tiempos, con lo que se confirma la primera hipótesis específica. Así mismo, se redujeron los costos de producción a través del reemplazo de la soldadura, logrando un ahorro de 486,324.32 a 438,974.08 dólares, lo que mejora la rentabilidad.
3. La aplicación de la herramienta Kaizen y la identificación de los cuellos de botella del proceso, logró que se obtenga un 47% post aplicación vs 29% sin aplicación, lo que deja en claro la mejora del proceso de montaje.

En esta tesis se ha identificado que se ha utilizado la recopilación documental de los datos de la producción diaria para tener un control a medida que avanza el proyecto, que sirve de referencia para aplicarlo en el estudio.

Según Del Bosque, C. (2014) en su tesis para optar por el grado académico de maestría en dirección para la manufactura “Implementación de Lean Manufacturing y su impacto en los equipos operativos de una mediana empresa de manufactura”, presentada en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México, consideró lo siguiente:

Como objetivo general señaló su implementación al piso operativo buscando desarrollar características que debe de tener un equipo para que la implementación sea exitosa, así como también los indicadores de producción. Para esto se pretende definir tales características e indicadores; trabajó con una población de 13 líneas de

producción, de las cuales trabajó con una muestra de 1 línea de producción; así mismo utilizó como instrumento el entrenamiento; el enfoque metodológico fue bajo el enfoque cuantitativo, con una investigación de tipo aplicada.

Arribó a las siguientes conclusiones:

1. Las principales mejoras se dieron en la calidad, desempeño, rentabilidad, tiempos de respuesta y la permanencia a través del tiempo de la empresa. Las variables analizadas fueron la resolución de problemas, intuición, tolerancia al cambio, autonomía, habilidades y conocimiento, involucramiento y procesos de equipo. Todas las proposiciones fueron aceptadas a excepción de la tolerancia al cambio. El resto de las variables aumentaron después de la implementación del Lean, con una previa capacitación. La tolerancia al cambio fue la única variable que disminuyó con respecto al tiempo, el cual puede explicar que los operadores ahora estaban más conscientes de lo que implica implementar cambios en la rutina diaria de trabajo, por lo que antes cuando no percibían cambios, no habrían experimentado el esfuerzo que requería. Aunado a estos cambios, esta investigación sugiere que el compromiso de la gerencia juega un papel muy importante para que el Lean sea lo más exitoso posible.
2. Las gerencias y jefaturas tienen una participación clave pues son ellos los líderes de llevar a cabo los cambios que se puedan implementar para mejorar en los aspectos anteriormente mencionados. Para esto según lo investigado la gerencia no sólo debe de estar comprometida con la implementación del modelo, sino que también debe de estar bien alineada y tener conocimiento de Lean Manufacturing, para lograr esto se debe diseñar y planear un entrenamiento para la gerencia
3. Las diversas mejoras que se obtienen del Lean Manufacturing no son solo a nivel de procesos o actividades sino también a nivel de trabajadores y son estas personas la base de una aplicación exitosa de esta metodología, por lo que su participación e interés auténtico en este proyecto de mejora es fundamental.

En esta tesis se ha identificado que en el proceso de implementación de Lean Manufacturing se ha utilizado la premiación y reconocimiento de la gerencia y los cuestionarios de diagnóstico, que son herramientas interesantes que pueden ser tomadas en cuenta en nuestra investigación.

Según Muñoz, K. (2017) en su tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Civil Industrial “Implementación de herramientas de Lean Manufacturing en el área

de Control de Calidad de la empresa Maderas Arauco”, presentada en la Universidad Austral de Chile, Puerto Montt, Chile, consideró lo siguiente:

Como objetivo general, elaborar una propuesta de mejora para la gestión del Área de Control de Calidad de la Empresa Maderas Arauco, Planta San José de la Mariquina, mediante la integración de herramientas de Lean Manufacturing con el fin de lograr un mejor uso de los recursos disponibles; utilizó como instrumento las entrevistas, toma de tiempos y flujo de inspecciones; el diseño metodológico fue bajo el enfoque cuantitativo, con una investigación de tipo aplicada.

Arribó a las siguientes conclusiones:

1. La métrica de rechazos del área, a través del análisis de la información, aumenta en promedio un 1 por ciento en los meses de enero, febrero y marzo, lo cual coincide con la época de vacaciones de los trabajadores de planta y el comienzo de los reemplazos. Además de que el volumen de madera rechazada en planta ha aumentado un 26 por ciento en el 2017 en comparación con el año anterior, en los mismos periodos analizados (enero-junio). En tanto que el área que presenta un mayor aumento de rechazos en la planta corresponde al área verde. Mientras que en los rechazos por transferencia muestran un aumento del 142 por ciento en comparación con el año 2016.
2. Se obtuvo como conclusión, luego de analizar las causas de rechazo, que entre los principales problemas se encuentran: la mala clasificación, el espesor variable, la humedad, los problemas de despunte y la mancha azul de patio. Mientras que la causa principal de rechazo por transferencias corresponde a la madera húmeda
3. Luego del análisis de los tiempos, se encuentra un importante porcentaje del tiempo destinado a la movilización y a la digitalización posterior a la inspección, en promedio de 17.1 por ciento y 21.7 por ciento respectivamente. Además, al momento de observar el modo de realización de las inspecciones, se encontraron desperdicios enfocados en el almacenamiento de las herramientas utilizadas en las inspecciones, provocando problemas al momento de la ejecución de la actividad. En esta tesis se ha identificado que en el proceso de implementación de Lean Manufacturing se ha utilizado la lista de desperdicios y tableros de gestión, que son herramientas importantes que pueden ser tomadas en cuenta en nuestra investigación.

Según Barba, D. (2019) en su tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Industrial “Propuesta de implementación de las herramientas Lean para la reducción

de desperdicios en el BBVA” presentada en la Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia, consideró lo siguiente:

Como objetivo general, señaló diseñar una propuesta enfocada a la mejora de los procesos que presentan desperdicios en el área de formación del BBVA sede dirección general, utilizó como instrumento el análisis FODA y análisis Matriz EFI; el diseño metodológico empleado en el estudio fue bajo el enfoque cualitativo, con una investigación de tipo aplicada.

Arribó a las siguientes conclusiones:

1. Los procesos realizados, de acuerdo con el análisis de la información, no se encuentran documentados ya que la práctica es dar la información verbalmente cuando un funcionario lo requiere dificultando la transición de los nuevos colaboradores, el área no cuenta con ninguna estrategia para evitar este inconveniente más que la autogestión y proactividad de sus empleados ventaja evidenciada en el DOFA y MEFI.
2. Los procesos de gestión de la plataforma y logística de eventos, según el análisis de valor agregado, deben cumplir con las tareas descritas para el cumplimiento de las metas del proceso. Así mismo, no existe trazabilidad de los productos que salen o entran de la bodega, lo que genera más movimientos y tiempos para poder ubicar la materia prima, por lo que la implementación de la metodología 5S puede resultar bastante oportuna, buscando aumentar la eficiencia y generar una concientización que traiga una mayor disciplina y compromiso.
3. Al ser proporcionados los recursos materiales, la implementación de la metodología 5S no representa grandes costos en términos monetarios, lo que se necesita es la concientización de los trabajadores para cambiar costumbres que generan desorden, confusión y reducen la eficiencia, para dar paso a mejores prácticas.

En esta tesis se ha identificado que en el proceso de implementación de Lean Manufacturing se ha hecho un análisis de valor agregado y con base a eso la identificación de desperdicios y la recopilación de datos, que son herramientas importantes que pueden ser tomadas en cuenta en nuestra investigación.

2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

Lean manufacturing

Definición

Lean manufacturing consiste en una metodología de gestión con foco en la disminución de los ocho tipos de “desperdicios”, los cuales se refieren al tiempo de espera, exceso de procesado, sobreproducción, transporte, defectos, movimiento e inventario, condiciones humanas subutilizadas en productos fabricados. Una vez eliminado el despilfarro, la condición de la calidad aumenta y el período de fabricación y coste, disminuyen. Las herramientas de “*lean*” (en inglés, “sin grasa” o “ágil”) incorporan diversos procedimientos ininterrumpidos de análisis “Kaizen”, producción “*pull*” (metodología Kanban), y componentes y procesos “a prueba de fallos” (Poka Yoke). (Lazala, N, 2011).

La herramienta “Justo a Tiempo” (Just in Time) obtiene el nombre de “Lean Manufacturing” (manufactura ágil o esbelta) en occidente. Además, se califica como manufactura de nivel internacional y sistema de producción Toyota. Asimismo, se define como “un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos”, dando a entender como exceso toda labor que no genera valor en el proceso, pero sí trabajo y costo. Esta exclusión sistematizada es llevada a cabo a través de trabajo con conjuntos de individuos bien capacitados y organizados. Se entiende que “Lean Manufacturing” es considerado una actividad ininterrumpida e incansable para organizaciones más eficientes, innovadoras y efectivas. La principal característica de Lean Manufacturing reside en identificar constantemente los puntos a mejorar que tiene toda empresa, ya que siempre habrá desperdicios que podrían ser excluidos. Esto ayuda a crear un estilo de vida en la que se podrá reconocer los desperdicios existentes y será un desafío para los que estén dispuestos a hallarlos y eliminarlos. (Socconini, L, 2019).

Beneficios de Lean Manufacturing

A continuación, se listan las principales ventajas de la herramienta Lean Manufacturing

1. Disminución de mano de obra: el personal se convierte en plurivalente, comprendiendo y estando formado en distintas etapas del proceso de manera que se evita tener personal ocioso en determinados momentos por lo que se aumenta la eficiencia del equipo.

2. Reducción de tiempo de entrega: al planificar la producción y fabricar exclusivamente a demanda, permite disminuir el periodo de entrega, logrando cumplir con los plazos comprometidos.
3. Disminución de costos de producción: esto se debe a que se adecua la planificación de la producción de forma más efectiva y así evitar personal obrero desocupado, tiempos sin utilizar la maquinaria y cuellos de botella.
4. Reducción de inventario: se puede tener los inventarios bajos al adquirir solo las materias primas necesarias para cada orden de producción. Aquí es importante el trabajo con los proveedores para que entreguen las materias primas en el momento que se necesiten.
5. Optimización de transporte y movimientos: puesto que la producción se encuentra planificada, se puede programar entregas de forma que se optimicen los fletes e itinerarios de transporte.
6. Mejora de la calidad: el proceso de producción es más controlado debido a que cada operario se vuelve un auditor de calidad.
7. Reducción de desperdicios: se detecta las zonas donde existe despilfarros y/o ineficiencias que generan sobrecostos que deben ser eliminados.
8. Reducción de la sobreproducción: la producción está programada y solo se produce de acuerdo con los pedidos que los clientes han realizado en las cantidades demandadas y de acuerdo al orden de producción. (Romero, A).

Importancia

Para (Rodríguez, 2009) uno de los aspectos más importantes tras la implementación de Lean Manufacturing en una empresa es la reducción de costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad. Lean Manufacturing proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige calidad más alta, entrega más rápida a más bajo precio y en la cantidad requerida.

Herramientas de Lean Manufacturing

Metodología 5 "S"

Se determina como herramienta sistémica a aquella que tiene como características principales a la limpieza y orden en el lugar de trabajo y que, de un método menos formal y estratégico, ya eran parte de los conceptos habituales de la estructura de los

mecanismos de producción. Sus siglas hacen referencia a las letras iniciales en japonés de las 5 palabras que determinan los instrumentos y cuyo sonido o fonética comienza por S: “Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke”, que indican, respectivamente: “deshacerse de lo innecesario, ordenar, limpiar e inspeccionar, estandarizar y crear un hábito”. Este método se refiere a la elaboración y conservación de lugares de trabajo más higiénicos, ordenados y seguros; esta debe ser la herramienta que se implemente primero en toda organización que quiera emplear la manufactura esbelta (Hernández, J y Vizán, A 2013).

Para la implantación de las herramientas lean, las 5S sirven de base fundamental. En las pymes, la mejora continua inicia por un sólido orden y limpieza en los lugares de trabajo, desde la parte de las oficinas hasta la parte de la fábrica. A través de las 5S es necesario seguir con el modelo de cero defectos, disminución de costos y otras labores de perfeccionamiento. Después de la aplicación de mejora, se deben establecer otras metas, tales como “*lay-out*” en sistema pull, o reducción de desperfectos en maquinarias y/o herramientas de trabajo. Con la implementación de indicadores predefinidos para las “5S”, todo operario será capaz de reconocer oportunamente despilfarros o desperfectos en su lugar de trabajo, haciendo que mejore la limpieza y orden del espacio y garantizando un lugar de trabajo adecuadamente acondicionado y seguro. A través de las prácticas adoptadas por la Pyme durante la implementación de las 5S en planta, se podrá obtener mejoras de resultado en función de la rapidez de servicio, reducción de costos y calidad garantizada de los productos. De esa forma la Mype estará sumamente beneficiada, reduciendo eventuales accidentes en el área de trabajo, logrando aumentar el ciclo de vida de las maquinarias y herramientas, evitando costos innecesarios. (Manzano, M y Gisbert, V, 2016).

Objetivos de la metodología 5S:

- Mejorar y mantener las condiciones de organización, orden y limpieza en el lugar de trabajo.
- A través de un entorno de trabajo ordenado y limpio, se crean condiciones de seguridad, de motivación y de eficiencia.
- Eliminar los despilfarros o desperdicios de la organización.
- Mejorar la calidad de la organización. (Salazar, B, 2019).

Pilares de la metodología 5S

Seiri – Organización:

Hirano, H. (1997) refiere lo siguiente sobre el primer pilar Organización:

Al implementar el primer pilar de manera adecuada, se disminuyen los obstáculos y problemas en el flujo de trabajo, mejorando la relación entre trabajadores, haciendo que la calidad del producto aumente y se mejore la productividad.

Un método clave para reconocer componentes innecesarios del almacén o fábrica es la estrategia de tarjetas rojas, el cual evalúa e identifica si son imprescindibles, manejándolos de manera apropiada. Con el fin de aplicar efectivamente la estrategia de tarjetas rojas, debe crearse un área de mantenimiento de tarjetas rojas. Esta es un área que se designa para usarla como almacenaje de elementos con tarjeta roja que necesitan ulterior evaluación. Cuando un elemento se aparta y se observa durante un período de tiempo acordado, las personas tienden a estar más dispuestas a descartarlo. Habitualmente, las organizaciones que empujan campañas de tarjetas rojas necesitan definir un departamento central de mantenimiento de tarjetas rojas para administrar el flujo de elementos que no son descartados por áreas individuales. Además, cada área o departamento participante en la campaña, requiere un área de mantenimiento particular de tarjetas rojas con el fin de administrar el flujo de elementos señalados con tarjetas dentro de sus límites.

Existen siete pasos en el flujo de tarjetas rojas en el área o en toda la organización. El paso 1 se basa en la inclusión del plan de tarjetas rojas en el área o en la organización. El paso 2 consiste en definir los objetivos de las tarjetas rojas, por lo cual, se reconoce los tipos de elementos y las áreas de producción que deben ser evaluadas. El paso 3 está basado en establecer criterios: el uso del elemento para hacer la actividad prevista; la frecuencia con la que va a necesitar el elemento; y la cantidad que se necesita del elemento para ejecutar la actividad. El paso 4 consiste en diseñar las tarjetas rojas. Las tarjetas rojas deben diseñarse para apoyar el proceso de documentación e información de los resultados de las tarjetas rojas.

El paso 5 consiste en adherir tarjetas rojas. El mejor modo para realizar esto es completar el proceso de colocación de tarjetas en el área meta rápidamente, si es posible, en uno o dos días. El paso 6 consiste en evaluar los elementos con tarjeta roja. Aquí se usan los criterios de tarjetas rojas para evaluar lo que debe hacerse con los elementos marcados con tarjeta. Finalmente, en el paso 7, se documentan los resultados de las tarjetas rojas. Cada empresa tendrá sus propias necesidades de

documentación e información del movimiento, uso y valor de equipos, útiles, herramientas y stocks. Como consecuencia de esto, cada empresa necesita crear su propio sistema de registro y seguimiento de la información de tarjetas rojas.

Seiton – Orden:

Para (Ayala, M, 2015) segunda “S” consiste en “establecer el modo en que deben ubicarse e identificarse los materiales necesarios, de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos”. Asimismo, se considera a la acción de disponer en forma ordenada de todos los elementos útiles que quedan luego de ejecutado el Seiri, de modo que se tenga fácil acceso a estos; para lo cual, se designará un lugar conveniente, seguro y ordenado para cada cosa y se garantizará que esté ahí para cuando se la necesite; por ello, después de ser usado, se deberá retornar a su sitio. Es necesario clasificar los diversos elementos por su uso y disponerlos como corresponde; para minimizar el tiempo de búsqueda, se requiere que cada elemento tenga una ubicación y un número máximo de ítems permitidos dentro del Gemba (el lugar real donde se crea el valor). Por eso, todos los elementos que constituyen el Gemba deben ubicarse en un área designada. Además, es preciso que cada pared tenga un código, se pueden utilizar nombres como pared A-1 y pared B-2 de tal modo que las diversas herramientas, suministros y trabajos en proceso deben estar ubicados de acuerdo con las señales o marcas determinadas. (Díaz,B. & Noriega,M., 2007).

Seiso – Limpieza:

El Seiso hace referencia a quitar la basura y el polvo de los componentes. Seiso supone controlar el área mediante el procedimiento de limpieza. Se reconocen inconvenientes de cualquier índole. El aseo está relacionado directamente con el óptimo desempeño del área y la capacidad para hacer un buen trabajo. El aseo supone no primordialmente mantener una estética satisfactoria estable. Seiso supone una filosofía mejor que asear. Demanda que se realice un esfuerzo imaginativo de señalización de la raíz de basura y suciedad con el fin de realizar actividades para su supresión, contrariamente, se imposibilita el mantenimiento de la limpieza y el estado óptimo del sitio de trabajo. Se basa en impedir que el desaseo, la contaminación y la basura se acopien en el sitio de trabajo. Como dice el autor el Seiso lo define: “Mantener todo limpio: herramientas, equipos, dispositivos, pisos, paredes, ventanas y artículos personales. Mantener los objetos de tal manera que se puedan exhibir todas sus funciones.” (Mendez, 2019).

Según (Rajadell & Sanchez, 2010) los beneficios del Seiso se pueden ver reflejados en aspectos como “una reducción del riesgo potencial de accidentes, un incremento de la vida útil de los equipos, una reducción del número de averías y un efecto multiplicador porque la limpieza tiende a la limpieza”.

Seiketsu – Estandarizar:

Según (Reichel, 2010) Seiketsu es mantener lo que se ha logrado y convertirlo en un sistema reglamentado para garantizar su continuidad. Hay que considerar que Seiketsu es también prevención, mantener una constante y adecuada supervisión del trabajo, la organización y el funcionamiento adecuado del equipo y la detección de aquellas anomalías que van surgiendo y su solución.

Para generar esta cultura se pueden utilizar diferentes herramientas, una de ellas es la localización de fotografías del sitio de trabajo en condiciones óptimas, para que pueda ser visto por todos los empleados y así recordarles que ese es el estado en el que debería permanecer, otra es el desarrollo de unas normas en las cuales se especifique lo que debe hacer cada empleado con respecto a su área de trabajo (Rodríguez, 2009).

Shitsuke – Disciplina y hábito

Para (Rodríguez, 2009) Shitsuke evita que desaparezcan los procedimientos establecidos en las anteriores “S”. La disciplina es el canal entre las 5'S y el mejoramiento continuo. Implica control periódico, visitas sorpresa, autocontrol de los empleados, respeto por sí mismo y por los demás y mejor calidad de vida laboral, además:

- El respeto de las normas y estándares establecidos para conservar el sitio de trabajo impecable.
- Realizar un control personal y el respeto por las normas que regulan el funcionamiento de una organización.
- Promover el hábito de autocontrolar o reflexionar sobre el nivel de cumplimiento de las normas establecidas.
- Comprender la importancia del respeto por los demás y por las normas en las que el trabajador seguramente ha participado directa o indirectamente en su elaboración
- Mejorar el respeto de su propio ser y de los demás.

Beneficios de disciplinar

- Se crea una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos de la empresa.
- La disciplina es una forma de cambiar hábitos.
- Se siguen los estándares establecidos y existe una mayor sensibilización y respeto entre personas.
- La moral en el trabajo se incrementa.
- El cliente se sentirá más satisfecho ya que los niveles de calidad serán superiores debido a que se han respetado íntegramente los procedimientos y normas establecidas
- El sitio de trabajo será un lugar donde realmente sea atractivo llegará cada día.

Beneficios de la metodología 5S

Según Ayala, M (2015) La implementación de la metodología 5S es la base para un trabajo en equipo. Una de las características de las “5 S” es que permite involucrar a los trabajadores en el proceso de mejora desde el conocimiento y alcance del puesto de trabajo. Asimismo, cabe mencionar que manteniendo y mejorando asiduamente el nivel de 5S se consiguió una mayor productividad. Esta se ve reflejada en los siguientes ideales:

- Reducción de productos defectuosos.
- Reducir averías.
- Menos existencias o inventarios.
- Reducción de accidentes laborales.
- Tiempo acotado para el cambio de herramientas.

Mediante la organización, el orden y la limpieza se obtiene un mejor lugar de trabajo para todos, ya que se consiguen los siguientes resultados:

- Se obtiene mayor espacio de trabajo.
- Satisfacción del centro de trabajo.
- Aumenta y mejora la imagen de la organización ante los clientes.
- Aumento en la cooperación entre los trabajadores y mejora el trabajo en equipo.
- Mayor desempeño y responsabilidad en las tareas.
- Mayor manejo y conocimiento del puesto.

Hirano, H. (1997) A continuación se mencionan los beneficios de la implantación de la metodología 5 S:

- Diversidad de productos al no haber cambios de útiles.
- Calidad más elevada al no haber defectos.
- Reducción de costos al haber cero despilfarros.
- Entregas más fiables frente al no haber retrasos.
- Se promueve la seguridad al no tener daños.
- Aumento de la disponibilidad del equipo al no haber averías.
- Aumento de fiabilidad y confianza al no haber reclamos.
- Crecimiento corporativo dado que no existen números en rojo.

TPM (Mantenimiento Total Productivo, Total Productive Maintenance)

Según Gonzales, F, (2007) El Mantenimiento Total Productivo es un sistema integro de actividades cuya finalidad es de perfeccionar la capacidad de las áreas a través de la reducción de pérdidas presentadas en el área de trabajo. Es un sistema donde cada uno de los elementos colabora en la búsqueda de la perfección de las operaciones de la planta a través del uso de metodologías específicas y acciones ordenadas.

Pilares del TPM

(Salazar, B. 2019) El mantenimiento productivo total (TPM) se fundamenta sobre seis pilares:

- Mejoras enfocadas.
- Mantenimiento autónomo.
- Mantenimiento planificado.
- Mantenimiento de calidad.
- Educación y entrenamiento.
- Seguridad y medio ambiente.

Mejoras enfocadas

Es encontrar una oportunidad de mejora dentro de la planta, esta oportunidad debe reducir o eliminar un desperdicio, puede encontrarse con las herramientas estratégicas como son el mapa de cadena de valor, análisis de brechas y teoría de restricciones. (Calle, J, 2020).

Mantenimiento autónomo

Sourget, L, (2019) El mantenimiento autónomo se refiere a la realización de tareas de mantenimiento industrial por parte de operadores de máquinas o equipos, no por técnicos de mantenimiento profesionales.

La aplicación del auto mantenimiento cumple varios objetivos:

- Aumentar la disponibilidad de las máquinas;
- Mejorar la apropiación de la máquina por parte de los operadores;
- Reducir los costes de mantenimiento;
- Limitar los riesgos de accidentes.

Mantenimiento planificado

Suzuki, J. (1997) En el TPM, el mantenimiento planificado tiene como base la implementación de dos pilares: el primero, hace referencia al mantenimiento autónomo del departamento de producción y el segundo al especializado departamento de mantenimiento. Asimismo, se debe considerar que, en un plan de mantenimiento planificado, el personal ejecuta dos principales actividades:

- Realizar actividades o acciones que mejoren el equipo.
- Realizar actividades o acciones con el objetivo de mejorar la capacidad del mantenimiento y la tecnología utilizada.

El pilar del mantenimiento planificado se considera sumamente importante para el funcionamiento y vida útil del equipo. Al pasar del tiempo, si no se corrige se corre el riesgo que puede culminar el éxito o quiebre de una línea de productos de la organización. Asimismo, tomando de referencia a otros sectores industriales, los productos que van naciendo en los productos de proceso cambian constantemente en el tiempo y las plantas de producción, deben ser capaces de adaptarse a ello, de manera que logre producir todo producto que logre la satisfacción de las necesidades de la demanda de cada periodo. Las modificaciones en las primeras materias o condiciones de proceso originan inconvenientes no esperados de procesos y equipos, cuya consecuencia puede llegar a la reducción del rendimiento, producción y accidentes en la organización. Por ello, se considera un factor esencial el perfilamiento del mantenimiento planificado de acuerdo con las características de cada producto o equipo.

Mantenimiento de calidad

Para Blanco, J (2018) el mantenimiento de calidad consiste en:

- Implementar actividades de mantenimiento dirigidas al cuidado del equipo con el objetivo que no ocasionar defectos o errores de calidad certificando que la maquinaria obedece las mínimas condiciones para “cero defectos” y que se encuentre dentro de los estándares técnicos.
- Monitorear las variaciones de las características de los equipos con la finalidad de prevenir fallas en el proceso y tomar las medidas necesarias previniendo las situaciones anormales de gran impacto.
- Ejecutar un análisis de ingeniería del equipo con el objetivo de identificar y llevar un control de todo aquel elemento del equipo que presenta un alto índice de defectos en las características de calidad del producto final.

Educación y entrenamiento

Según Salazar, B. (2019) Un factor relevante en la metodología TMP es la participación del personal de la organización, que se encuentre capacitado y sea un recurso que se adapte a los cambios que puedan surgir en el tiempo. Este pilar tiene como propósito el garantizar las competencias del personal y el desarrollo de las competencias de todo el personal de la organización. Asimismo, los principales objetivos de este pilar se detallan a continuación:

- Fomentar el desarrollo de personas expertas en términos de equipamiento: Actividades analíticas destacadas de mantenimiento; instalaciones de centros de entrenamiento en actividades de mantenimiento y generación de especialistas.
- Formar personas idóneas en términos de gestión: Personas que sean capaces de liderar programas de mantenimiento autónomo, alistamiento, pronóstico y prevención.
- Incrementar las habilidades y participación del personal: Fomentar una cultura colaborativa en base al TP, lecciones aprendidas de una actividad, reporte de incidencias o fugas y matriz de habilidades.

Seguridad y medio ambiente

Para Marc, R. (2017) La seguridad y el medio ambiente son dos puntos que parecen los más alejados del proceso productivo, y sin embargo tienen una incidencia más que notable. La seguridad en las condiciones de trabajo evita accidentes y, como es evidente, si no hay accidentes no se detiene el ritmo productivo. Por otro lado, la contaminación en los ambientes de trabajo acelera el deterioro de la maquinaria industrial y de la salud de los operarios, y esto también se consideran factores que lastran el ritmo productivo, la calidad de los productos y, en resumidas cuentas, el rendimiento general de cualquier industria.

Kanban

Para Gonzales, R (2012) Kanban consiste en un conjunto de métodos de comunicarse e intercambiar información entre los diferentes operarios y sistemas de una línea de producción, de una empresa, o entre proveedor y cliente. Su principal propósito es reducir la comunicación, agilizando y evitando errores a causa de la falta de información. Uno de los ejemplos más comunes de “Kanban” son las etiquetas que se les incorporan a los productos mientras son fabricados, esto se realiza con la finalidad que posteriormente se pueda identificar y puedan servir como guía para su identificación y el lugar a donde tienen que ser enviados.

Los “Kanban” también se consideran como órdenes de trabajo, esto quiere decir, que se puede incluir información sobre qué operaciones se deben realizar, con qué producto, mediante qué medios, qué cantidad y como transportarlos.

Actualmente, la gran mayoría de grandes empresas industriales y logísticas han logrado la automatización a través de los métodos Kanban, por ejemplo, se colocan etiquetas con códigos de barras o QR que, de forma informatizada, al presentar los productos por cada punto de control, el sistema logra localizarlos de manera automática y con ello, surgen las órdenes necesarias para que cada ítem llegue al destino correcto.

La herramienta Kanban se basan en reglas y consejos que deben ejecutarse para poder implementarla correctamente:

La primera regla, hace precisión que no se deben enviar productos defectuosos a los procesos siguientes. Esto genera sobrecostos en materiales, mano de obra y equipos.

La segunda regla hace referencia en que los procesos subsecuentes solicitarán solo lo necesario. Esto significa que el proceso subsecuente requerirá el material que necesita al proceso anterior, en la cantidad justa y en el momento idóneo.

La tercera regla menciona que solo se debe producir la cantidad del producto solicitado para el proceso siguiente, motivo por el que se debe restringir la producción a lo indicado y fabricar según llegue el pedido.

La cuarta regla asegura que se debe optimizar adecuadamente la producción, con el propósito de poder producir la cantidad necesaria requerida por los procesos subsecuentes. Asimismo, se considera importante para todos los procesos mantener a los trabajadores y equipos de tal forma que puedan producir materiales en el momento que se necesita y en la cantidad adecuada.

En la quinta regla lo que se procura evitar son las especulaciones. Esto quiere decir que no está permitido comentar si el proceso subsecuente va a requerir más material la siguiente vez. Además, tampoco está permitido que el proceso subsecuente puede preguntar al proceso anterior si habría alguna posibilidad que pueda empezar el siguiente lote más temprano de lo habitual. Esta regla es muy importante para mantener balanceada la producción.

La última regla ayuda a racionalizar y estabilizar los procesos. El trabajo erróneo ocurre cuando el trabajo no se encuentra racionalizado y uniforme, en caso se omita esta regla continuarán los procesos defectuosos.

Poka Yoke

Según Serrano, J (2020) Poka Yoke se considera una herramienta cuyo objetivo es de reducir al máximo los errores humanos que se puedan cometer dentro de una fábrica. A continuación, se presentan los tipos de herramientas Poka Yoke:

- Físicos: se aseguran evitar errores en una operación concreta.
- Secuenciales: evitar los fallos en el momento de implementar una orden en las etapas de fabricación.
- De agrupamiento: consisten en un lote o kit de herramientas o componentes. De esta manera se asegura tener a la mano todo lo necesario para realizar correctamente nuestra labor.
- De información: proporciona información en tiempo real al trabajador para que desempeñe su obligación de forma segura y correctamente.

Single Minute Exchange of Die - SMED

Según Hernández, J y Vizán, A (2013) SMED es una metodología o conjunto de técnicas que tienen como principal objetivo la reducción de tiempos de preparación de máquina. Esta técnica se obtiene estudiando minuciosamente el proceso y añadiendo cambios rigurosos en la máquina, herramientas, utillaje y en el propio producto. Esta técnica implica la exclusión de ajustes y homologación de operaciones a través del establecimiento de mecanismos de alimentación, retirada, ajuste, centrado rápido como plantillas y fondeos funcionales. Asimismo, SMED se considera como una metodología clara, fácil de aplicar y que consigue resultados rápidos y positivos, la implementación de esta metodología usualmente no requiere de mayor inversión, sin embargo, requiere de métodos y constancia para el propósito. La reducción de tiempos de preparación merece una significativa consideración y se considera de mucha importante por varios motivos. Es así como cuando el tiempo de cambio resulta ser alto los lotes de producción son grandes y, por consecuencia la inversión en inventario es elevada. Cuando el tiempo de cambio es irrelevante se puede producir diariamente la cantidad necesaria eliminando prácticamente la necesidad de invertir en inventarios.

Productividad

Definición

La productividad se puede entender como un resultado entre los productos obtenidos en un proceso de producción o servicios y los recursos utilizados para obtener estos productos. De esa manera, la productividad se entiende también como la eficiencia en el manejo de recursos, tales como los materiales, información, trabajo, capital y energía, en la fabricación de variados bienes y servicios.

Una alta productividad se refiere a poder producir más manteniendo el mismo nivel de recursos, o poder incrementar la producción en cantidad y calidad utilizando los mismos inputs.

La operación matemática que puede representar de mejor manera la productividad es:

$$\frac{\textit{Producto}}{\textit{Insumo}}$$

También se puede decir que la productividad es una relación entre los outputs o resultados y el tiempo que se necesitó para obtenerlos. En la mayoría de los casos, el tiempo es un denominador adecuado, ya que es universal y el humano no lo puede controlar. Mientras el tiempo sea menor para alcanzar los outputs anhelados, se puede decir que el sistema es más productivo. Ya sea un sistema político, económico o sistema de producción, el concepto de productividad se mantiene y es perdurable en el tiempo. Por esto mismo, si bien la productividad se acomoda a diferentes situaciones o personas, el concepto más simple siempre será la relación entre el número de productos o servicios producidos y el número de recursos utilizados para producir estos. (Prokopenko, 1989).

La productividad y los resultados que se consiguen en un sistema o proceso están estrechamente relacionados, lo que significa que aumentar la productividad es, a su vez, obtener mejores resultados teniendo en cuenta los insumos utilizados para obtenerlos. De manera general, la productividad se obtiene a través de la división entre los outputs obtenidos y los inputs utilizados. Las metas conseguidas se pueden medir en productos vendidos, unidades producidas o utilidades, y, por otro lado, los insumos utilizados pueden dimensionarse por cantidad de operarios o trabajadores, horas máquina y tiempo total empleado. Por lo cual, cuantificar la productividad es resultado de valorar de manera correcta los insumos utilizados para obtener diversos resultados. (Gutiérrez, 2010).

Importancia

Se puede incrementar la producción de bienes o servicios sin tener que aumentar la cantidad de insumos y aun así poder cumplir con las expectativas de los clientes, o visto de otra forma, también se puede conseguir los mismos resultados u objetivos utilizando menos insumos (tales como, por ejemplo, horas de trabajo), por lo que el correcto análisis y mejora de la productividad en las organizaciones resulta de mucha importancia. De esta manera, los habitantes de los países de primer mundo pueden gozar de un nivel de vida más alto ya que en esos países tienen niveles de productividad más altos. (Martínez, 2020).

Hoy en día, el incremento del bienestar de un país se entiende como un resultado de la productividad y he ahí su importancia. Todas las tareas que realiza el ser humano pueden beneficiarse de una mayor productividad. Así mismo, el incremento del ingreso nacional bruto o una mayor parte de este es consecuencia de la mejora

continua de la eficacia y calidad del trabajo de los operarios y no a través del aumento del trabajo y capital, lo que refuerza la importancia de la productividad. Dicho de otra manera, cuando incrementa la productividad, crece más rápido el ingreso nacional. (Lefcovich, 2005).

La mejora de la capacidad competitiva es resultado de la mejora de la productividad, que se puede definir como el resultado del valor de las unidades producidas y los recursos utilizados. Este resultado, conocido como productividad, da lugar a que las naciones y organizaciones puedan sobrellevar de buena manera la continua y cada vez mayor, competencia internacional, en cualquiera de los entornos. (Bonilla, 2012). Diversos científicos están de acuerdo en que hay una clara relación entre el nivel o calidad de vida de los ciudadanos y la productividad de la nación. Y esto sucede, como varios otros fenómenos económicos, en un largo plazo. Caso contrario es el corto plazo, en el que pueden producirse abaratamientos súbitos de algunos bienes, distorsiones o espejismos y cuando esto sucede, especialmente en contextos donde la inflación es alta, el traspaso del sacrificio de una parte de la economía a otra o de generación a generación es altamente probable. (Carro & Gonzáles, 2012).

Beneficios

El incremento de la capacidad instalada de la fábrica es resultado del aumento de la productividad. Y esto, se puede lograr sin la necesidad de cimentar un nuevo edificio, comprar y poner en marcha nuevos equipos, pedir créditos que podrían perjudicar manera directa o transversal a los estados financieros y utilidades de las organizaciones. Y si en caso es necesario incrementar la fuerza laboral, es decir, la mano de la obra, el aumento de los costos fijos por este concepto sigue siendo menor que la inversión de capital. (Serrano, 2001, párr. 4). Por otro lado, se debe tener en cuenta que la mayoría de los beneficios de un incremento de la productividad pueden ser disfrutados por todos, es decir, son de dominio público ya que se podrá utilizar la misma o menor cantidad de insumos para producir más en un futuro próximo, lo que a su vez elevará la calidad de vida. La repartición económica para todos puede ser mayor mejorando la productividad, lo que significará que cada persona recibirá una mayor retribución económica en esa repartición. Por lo tanto, poder hacer más grande el futuro pastel económico ayudará a evadir problemas entre grupos empresariales u organizaciones privadas o estatales que pelean por pedazos más pequeños de un pastel más chico. (Lefcovich, 2005).

2.4 Definición de términos básicos

Competitividad

Gutiérrez (2010) sostuvo que:

El concepto de competitividad se puede interpretar como la capacidad que tiene una organización para producir un mejor producto o servicio en comparación con sus competidores. Esta capacidad viene a ser clave en un contexto sumamente globalizado, donde los competidores no son solo nacionales sino internacionales lo que hace que los clientes puedan decidir entre diversas opciones. De esta manera, las empresas, sea cual sea su actividad económica y rubro, están en constante competencia por los clientes y recursos. Esto hace que estas mismas organizaciones busquen mejorar sus procesos y la correcta interrelación de sus tareas. (Gutiérrez, 2010).

Desperdicios

Giannasi (2013), sostuvo que:

“Es todo aquello que no agrega valor a un producto o servicio para los clientes. Desperdicio, pérdida o despilfarro, en este contexto, es toda mal utilización de los recursos y / o posibilidades de las empresas”.

Inventario

Según Durán (2012):

El inventario en una empresa manufacturera está conformado por la materia prima, insumos o productos en proceso necesarios para la fabricación y posterior comercialización en productos terminados. En las empresas comerciales está compuesto por el conjunto de mercancía y artículos terminados destinados para la venta. En lo que respecta a las empresas de servicio, el inventario está integrado por todo el suministro necesario para su funcionamiento y prestación de servicio.

Lean

Lean es un conjunto de “Herramientas” que ayudan a la identificación y eliminación o combinación de desperdicios (muda), a la mejora en la calidad y a la reducción del tiempo y del costo de producción. Estas herramientas son la mejora continua (Kaizen), métodos de solución de problemas como 5 porqués y son sistemas a prueba

de errores (Poka Yokes). En un segundo enfoque, se considera el “flujo de Producción” (mura) a través del sistema y no hacia la reducción de desperdicios. Las principales técnicas para mejorar el flujo son la producción nivelada (reducción de muri), Kanban o la tabla de heijunka. (González, 2007).

Mantenimiento planificado

Mancuzo (2020), sostuvo que:

El mantenimiento planificado es una táctica para administrar las tareas planificadas, correctamente documentadas y monitoreadas, con la finalidad de gestionar los inputs de mantenimiento de manera óptima.

Esta táctica indaga en la gestión o programación de los equipos para que puedan alcanzar un buen performance en la ejecución de las tareas relacionadas con la producción, evitando riesgos y alcanzando altos niveles de rapidez y efectividad.

Esto viene a ser un proceso en el cual se debe tener en cuenta y describir las tareas, técnicas, materiales, herramientas y trabajadores necesarios para cumplir con los objetivos del mantenimiento. Se debe saber cuáles son las tareas que deben realizarse con los equipos y sobre todo el cómo. Esta táctica necesita incluir todo lo identificado como necesario para cumplir con las metas de mantenimiento.

Mantenimiento productivo total

Suzuki (2017) sostuvo que:

Como las actividades del Mantenimiento Productivo Total fueron elaboradas en un inicio para las áreas de producción, esta metodología agrupa cinco estrategias o pasos, según el Japan Institute of Plant Maintenance:

Primero, poder optimizar la eficacia global que asegure la vida de todo el equipo. Segundo, implementar un sistema PM que pueda cubrir las vidas de las personas que pertenecen al equipo

Tercero, hacer que todas las áreas que estén involucradas en la planificación y utilicen y realicen mantenimiento a los equipos.

Cuarto, hacer que todos los trabajadores, desde los cargos más altos hasta operarios del área de producción se involucren en esta metodología.

Finalmente, incentivar el PM a través de la motivación del equipo, como por ejemplo promoviendo actividades entre pequeños grupos.

Materia prima

Caballero (2015), sostuvo que:

“Las materias primas son el primer eslabón de una cadena de fabricación, y en las distintas fases del proceso se irán transformando hasta convertirse en un producto apto para el consumo”.

Manufactura

Según Groover, M. (2007) el término de manufactura “tiene origen de las palabras latinas “manus” (mano) y “factus” (hacer), cuyo significado es “hecho a mano”, con ello, se describe el método manual de trabajo que se utilizaba antiguamente”.

Producción

Según Caba, Chamorro & Fontalvo (2006):

La producción consiste en una secuencia de operaciones que transforman los materiales haciendo que pasen de una forma dada a otra que se desea obtener. También se entiende por producción la adición de valor a un bien o servicio, por efectos de una transformación. Producir es extraer, modificar los bienes con el objeto de volverlos aptos para satisfacer las necesidades.

Tiempos muertos

Según Summers (2006) los tiempos muertos se consideran a todo aquel proceso tardío, que genera sobrecostos en las operaciones e inventario de la empresa. Asimismo, considera que las organizaciones deben centrarse en la reducción de estos, ya que esta actividad es tan importante como el de mejorar la calidad de un servicio o producto de la empresa.

2.5 Fundamentos teóricos que sustentan las hipótesis (figuras, mapas conceptuales)

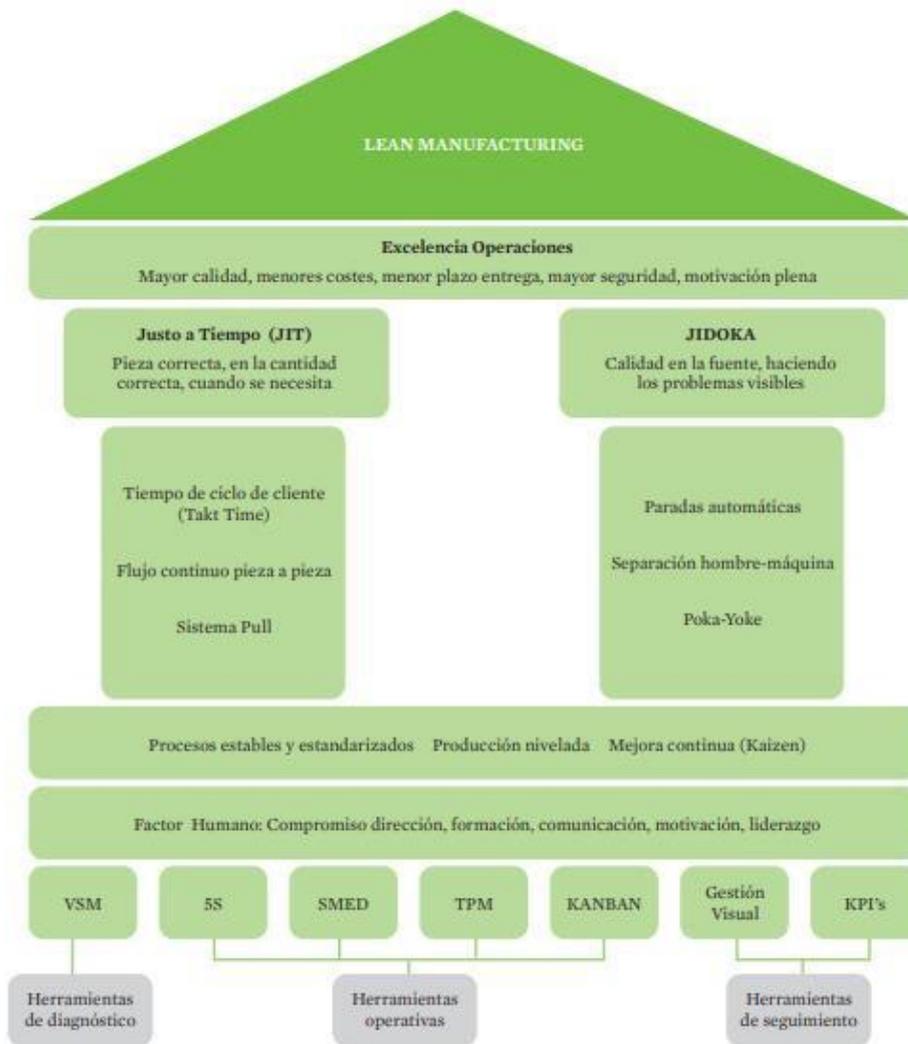


Figura 1: Adaptación actualizada de la casa Toyota
Fuente: Escuela de Organización Industrial (2013)

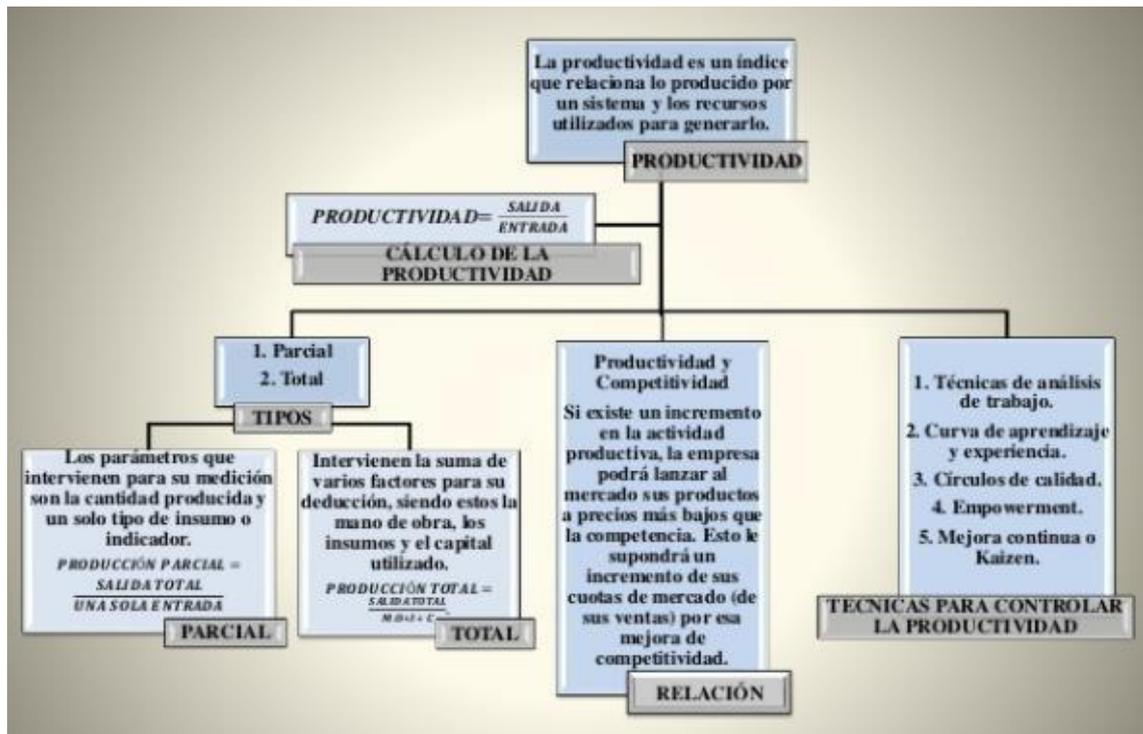


Figura 2: Productividad
Fuente: Figueroa, M (2017)

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis principal

Si se implementa Lean Manufacturing entonces se incrementará la productividad en la empresa estructuras metálicas Cornejo E.I.R.L.

3.1.2 Hipótesis secundarias

- a) Si se implementa el mantenimiento planificado entonces se reducirán las fallas en los equipos del área de producción.
- b) Si se implementa la metodología 5S entonces se aumentará el rendimiento laboral en el área de producción
- c) Si se implementa la metodología Kanban entonces se mejorará el abastecimiento de materia prima.

3.2 Variables

- Independientes
 - Mantenimiento planificado
 - Metodología 5S
 - Kanban
- Dependientes
 - Fallas en los equipos
 - Rendimiento laboral
 - Abastecimiento de materia prima
- Indicadores
 - Nro. de fallas semanales
 - Producción semanal
 - Tiempo de producción

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Enfoque, tipo y nivel

Enfoque

El enfoque de la investigación es cuantitativo porque se recolectó y analizó datos numéricos para su desarrollo y aplicación.

Según Sampieri (2014) “El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías”.

Tipo

La investigación corresponde al tipo aplicada ya que se planteó la implementación de determinadas herramientas del Lean Manufacturing para solucionar los problemas del área de producción.

Según Arias (2021) “La investigación aplicada es aquella que tiene como objetivo resolver problemas concretos y prácticos de la sociedad o las empresas”.

Nivel

El nivel de la investigación es explicativo porque se investigó las causas y efectos que originan los problemas en el área de producción de la empresa.

Según Arias (2012) “La investigación explicativa se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de causas (investigación post facto), como los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos”.

4.2 Diseño de investigación

El diseño de la investigación es cuasi experimental ya que se manipularon variables independientes para observar el efecto en variables dependientes; así mismo, el sujeto de estudio no fue aleatorio, sino que se estableció previamente.

Según Bono (2012) “Los diseños cuasi-experimentales, principales instrumentos de trabajo dentro del ámbito aplicado son esquemas de investigación no aleatorios. Dado la no aleatorización, no es posible establecer de forma exacta la equivalencia inicial de los grupos, como ocurre en los diseños experimentales”.

4.3 Población y muestra

Se tuvo una muestra pre de 2 meses y medio (marzo, abril y mayo), implementación de 1 mes (junio) y muestra post de 2 meses y medio (julio, agosto y setiembre).

- Para la variable: Fallas en los equipos

Población:

La población comprendió al total de equipos de la empresa Estructuras Metálicas Cornejo, conformada por 25 equipos.

Muestra:

La muestra comprendió a los equipos que incurren en fallas en el proceso de producción, conformada por 15 equipos.

- Para la variable: Rendimiento laboral:

Población:

La población comprendió el total de trabajadores de la empresa Estructuras Metálicas Cornejo, conformada por 15 trabajadores.

Muestra:

La muestra comprendió a los trabajadores del área de producción, conformada por 10 trabajadores.

- Para la variable: Abastecimiento de materia prima

Población:

La población comprendió al total de productos de la empresa Estructuras Metálicas Cornejo, conformada por 14 productos.

Muestra:

La muestra comprendió al total de productos de la empresa Estructuras Metálicas Cornejo, conformada por 14 productos; que es igual a la población ya que la metodología se aplica al proceso y por ende a todos los productos.

Tabla 1:
Resumen población y muestra

Variable dependiente	Indicador	Población Pre	Muestra pre	Población post	Muestra post
Fallas en los equipos	Nro. fallas semanales	25 equipos (Mar – May 2021)	15 equipos (Mar – May 2021)	25 equipos (Jul – Set 2021)	15 equipos (Jul – Set 2021)
Rendimiento laboral	Producción semanal	15 trabajadores (Mar – May 2021)	10 trabajadores (Mar – May 2021)	15 trabajadores (Jul – Set 2021)	10 trabajadores (Jul – Set 2021)
Abastecimiento de materia prima	Tiempo de producción	14 productos (Mar – May 2021)	14 productos (Mar – May 2021)	14 productos (Jul – Set 2021)	14 productos (Jul – Set 2021)

Fuente: Elaboración propia

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Técnicas e instrumentos

VD1: Fallas en los equipos – Nro. fallas semanales

Técnicas

Análisis documental

Instrumentos

Registro de contenido de documentos de producción.

VD2: Rendimiento laboral – Producción semanal

Técnicas

Análisis documental

Instrumentos

Registro de contenido de documentos de producción.

VD3: Abastecimiento de materia prima – Tiempo de producción

Técnicas

Observación directa

Instrumentos

Registro de observación directa

En la Tabla 2, se observa el resumen de las técnicas e instrumentos que se utilizaron en el estudio, junto con los indicadores para cada variable dependiente como la cantidad de fallas, producción semanal y el tiempo de fabricación.

Tabla 2:
Resumen técnicas e instrumentos

Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumento
Fallas en los equipos	Nro. de fallas semanales	Análisis documental	Registro de contenido de cantidad de fallas en los equipos
Rendimiento laboral	Producción semanal	Análisis documental	Registro de contenido de la producción semanal
Abastecimiento de materia prima	Tiempo de producción	Observación directa	Registro de observación directa del tiempo de producción

Fuente: Elaboración propia

4.4.2 Criterio de validez y confiabilidad de instrumento

El criterio de validez y confiabilidad de los instrumentos fue la organización Estructuras Metálicas Cornejo que se basó en el análisis documental y observación directa. Para ello, se solicitó a la empresa registros de fallas en equipos y unidades producidas a la semana. Para el tiempo de producción se recabó a través de observación directa en conjunto con el supervisor de producción antes de la aplicación del Lean Manufacturing.

Tabla 3:
Resumen validez y confiabilidad de instrumento

Técnica	Instrumento	Validez	Confiabilidad
Análisis documental	Registro de contenido de los documentos de fallas en equipos y producción semanal	La misma empresa	La misma empresa
Observación directa	Registro de observación directa del tiempo de producción	La misma empresa	La misma empresa

Fuente: Elaboración propia

Según Dulzaides, M. (2004) el análisis documental “es una forma de investigación técnica, un conjunto de operaciones intelectuales, que buscan describir y representar los documentos de forma unificada sistemática para facilitar su recuperación”.

Para Mendez, C. (2019) expresa que “la observación directa es el proceso mediante el cual se reciben deliberadamente ciertos rasgos existentes en la realidad por medio de un esquema conceptual previo y con base a ciertos propósitos definidos generalmente por una conjetura que se quiere investigar”.

Según Orellana, D. y Sánchez, C. (2006) el registro de contenido en la aplicación de técnicas de recolección se considera “un importante aspecto dentro del trabajo de campo, que de esta información depende la construcción, comprensión o interpretación de una determinada situación del estudio. El registro de contenido consiste en asegurar y almacenar la información obtenida” .

Según Torres, M. (2019) “el registro de la observación directa se refiere a la acción del investigador en la que toma de manera directa los datos de la población o muestra, sin la necesidad de realizar cuestionarios o entrevistas”.

4.4.3 Procedimientos para la recolección de datos

En el caso del procesamiento de recolección de datos, se realizó una inspección visual del proceso de producción y reuniones con el supervisor del área de producción para recolectar datos de las fallas, producción y tiempos en un block de notas durante los meses de marzo y setiembre del 2021 para las tres variables y con base a eso completar el Excel de resultados para su posterior análisis en el SPSS.

4.5 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

Con las variables y sus indicadores ya establecidos anteriormente, se permite medir, analizar y verificar los datos, y así obtener la información suficiente y necesaria para el análisis de los resultados de la investigación. Para ello se desarrolló la matriz de análisis de datos que se muestra a continuación.

Tabla 4:
Matriz de análisis de datos

Variable Dependiente	Indicador	Escala de medición	Estadísticos descriptivos	Análisis inferencial
Fallas en los equipos	Nro. de fallas semanales	Escala de razón	Tendencia central y Dispersión	Prueba de Wilcoxon (No paramétrica)
Rendimiento laboral	Producción semanal	Escala de razón	Tendencia central y Dispersión	Prueba de Wilcoxon (No paramétrica)
Abastecimiento de materia prima	Tiempo de producción	Escala de razón	Tendencia central y Dispersión	Prueba T-Student muestras emparejadas (Paramétrica)

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 Presentación de resultados

Generalidades

Estructuras metálicas Cornejo E.I.R.L es una empresa manufacturera con 14 años de participación en el mercado peruano dedicada a la fabricación, venta e instalación de estructuras metálicas. Los principales productos que ofrecen al mercado son puertas, portones, techos metálicos, escaleras, andamios y productos de seguridad.

Historia

Estructuras metálicas Cornejo E.I.R.L inició sus actividades el 07 de mayo del 2007, en la av. Colonial en el Callao con pocos trabajadores y maquinaria, dedicándose a la fabricación, comercio y distribución de diversas estructuras metálicas como puertas, ventanas y escaleras. En el año 2008, debido a decisiones gerenciales, se decide ampliar el portafolio de productos, incluyendo la fabricación de adornos navideños, lo que aumentó los ingresos a fines de año. En el año 2011, debido al crecimiento y mejora de la organización, se logró adquirir nuevas tecnologías, máquinas, personal y se volvió a incrementar el catálogo de productos, incluyendo toldos, estrados y andamios. En el año 2017 la Cámara de Comercio de Lima le otorga a la organización el Primer Puesto en Gestión Empresarial por su buena gestión. De esta manera, ha estado en un constante crecimiento y se ha consolidado como un referente en el Callao.

El rubro de la empresa es el manufacturero, cuenta con 20 trabajadores en planilla, lo que la clasifica en el grupo de pequeñas empresas de acuerdo con la Ley N°30056.

Principales productos

- Puertas
- Ventanas
- Escaleras caracol
- Escaleras rectas
- Cerco de púas
- Andamios

- Puertas enrollables
- Rejas plegadizas

Principales clientes

- Corporación Jebeemsa S.A.C
- I.E.P. Portadores De Luz S.A.C.
- Agropecuaria Valeria S.A.C
- Inversiones Aliaga S.A.
- Coipsa
- Corporación La Noire S.A.C.
- Inmobiliaria Casta S.R.L.
- Neptunia
- Esmetal
- Ikari S.A.C. Norkys
- Mall Aventura Plaza Bellavista
- Centro Comercial Minka

Organigrama

La empresa está conformada por la gerencia general, tres jefaturas, un supervisor y 15 operarios, conforme se muestra en la figura 3.

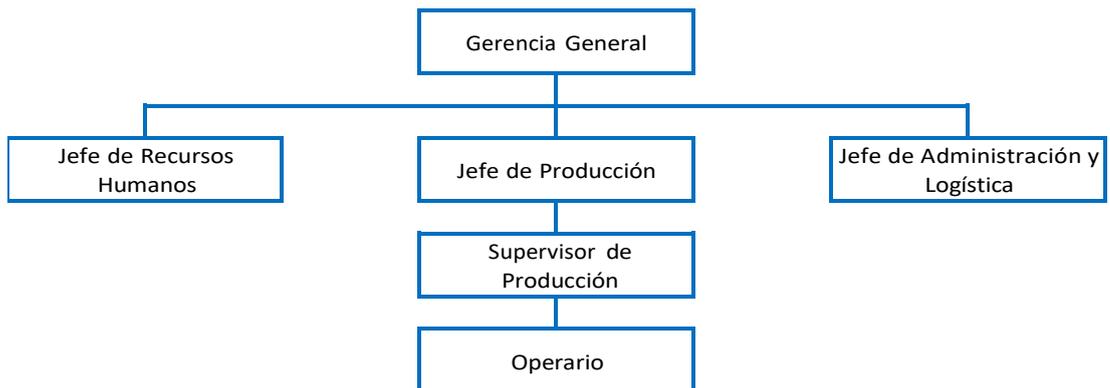


Figura 3: Organigrama de la empresa estructuras metálicas Cornejo
Fuente: Elaboración propia

Análisis FODA

El análisis FODA que se muestra en la tabla 5, se realizó en conjunto con el equipo de trabajo de la empresa estructuras metálicas Cornejo, con la finalidad de identificar las principales características de esta.

Tabla 3:
Diagrama FODA

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none">• Empresa cumple con requisitos legales y administrativos, incluyendo reconocimientos a trabajadores.• Empresa en crecimiento constante, con premios y galardones obtenidos por buena gestión y administración.• Empresa cuenta con más de 10 años de experiencia y aprendizaje en el sector en el que se desempeña.• Trabajadores reciben pagos y gratificaciones oportunas y sin demora.	<ul style="list-style-type: none">• No existe una oportuna capacitación a trabajadores nuevos.• Demoras en el proceso de producción.• Las máquinas y equipos son antiguos por lo que no se encuentran en su mejor condición.• Desorden en el proceso de producción.• Poco conocimiento de herramientas de ingeniería industrial.
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none">• Alianza con empresas mineras para ejecutar proyectos en el Perú.• Apoyo del gobierno nacional para desarrollar proyectos de innovación tecnológica.• Los productos pueden ser importados al extranjero.	<ul style="list-style-type: none">• Incremento de competidores provenientes de países industrializados.• Informalidad en empresas pequeñas.• Contexto político incierto.• Lenta recuperación económica de sectores de manufactura, minería y construcción.

Fuente: Elaboración propia

Descripción del proceso productivo

El proceso de fabricación de estructuras metálicas inicia con la recepción de materia prima (perfiles o planchas metálicas), para que luego el operario inicie con el proceso de corte y ensamble, en el cual se inicia con la elección del diseño de estructura a

fabricar, para ello, se cuenta con un catálogo de diseños, se realizan las tomas de medidas de los perfiles y/o planchas metálicas y se trasladan al área de corte de acuerdo con las medidas de la estructura a fabricar. Luego de ello, se realiza el armado del marco de la estructura metálica a través de apuntalados con la máquina de soldar, como siguiente paso se realiza con segundo soldado para asegurar la unión de las piezas. En el segundo proceso, la estructura se dirige a la zona de limpieza, en ella se realiza el cepillado de esquilas con ayuda de lijas o esmeril, luego se masilla las uniones entre cada perfil metálico, realizan un lijado final de la estructuras y limpieza de estructura metálica con thinner. En el tercer proceso, se realiza el acabado de la estructura, en cual consta del pintado con zincromato y con ayuda del compresor con soplete, luego se deja secar y se realiza el pintado con el color de acuerdo con la elección del cliente. Se deja secar y luego es trasladada al área de productos terminados cubierto de plástico film para conservar el acabado final. Finalmente, se colocan los anclajes y pines metálicos al marco de la estructura para finalizar en la instalación de la estructura a solicitud del cliente.

Descripción de operaciones de procesos

El diagrama de operaciones de proceso (DOP) nos permite visualizar las actividades del proceso a detalle. A continuación, se muestra el flujo del proceso de fabricación de estructuras metálicas, donde los círculos simbolizan una actividad y el cuadrado una inspección, todas estas operaciones están unidas mediante flechas. (Ver figura 4):

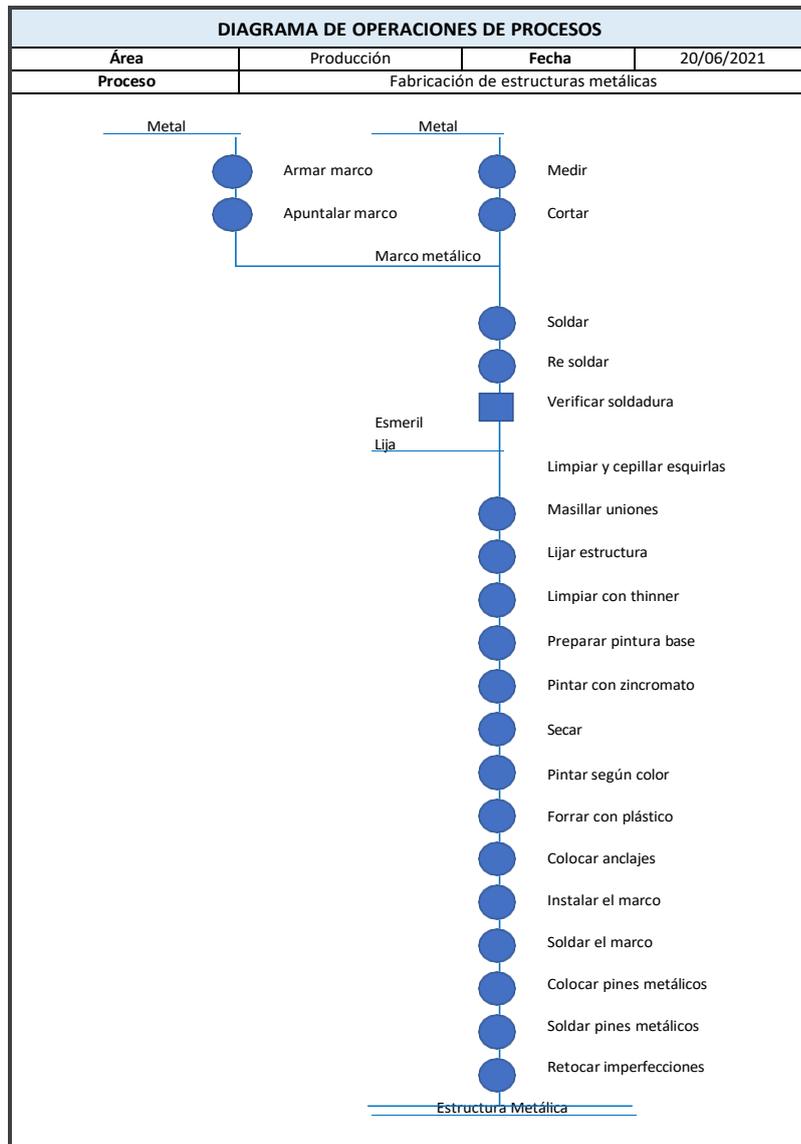


Figura 4: Diagrama de operaciones de procesos (DOP)
Fuente: Elaboración propia.

Análisis del estado actual de la empresa

Actualmente, la empresa presenta diversos problemas en cuanto a la productividad en el área de producción. Esto debido a diversos factores que fueron considerados por el personal de la empresa y también por perspectiva nuestra al momento de realizar la visita a las instalaciones.

A continuación, se presenta el diagrama de Ishikawa en donde se detallan las causas que influyen en la baja productividad:

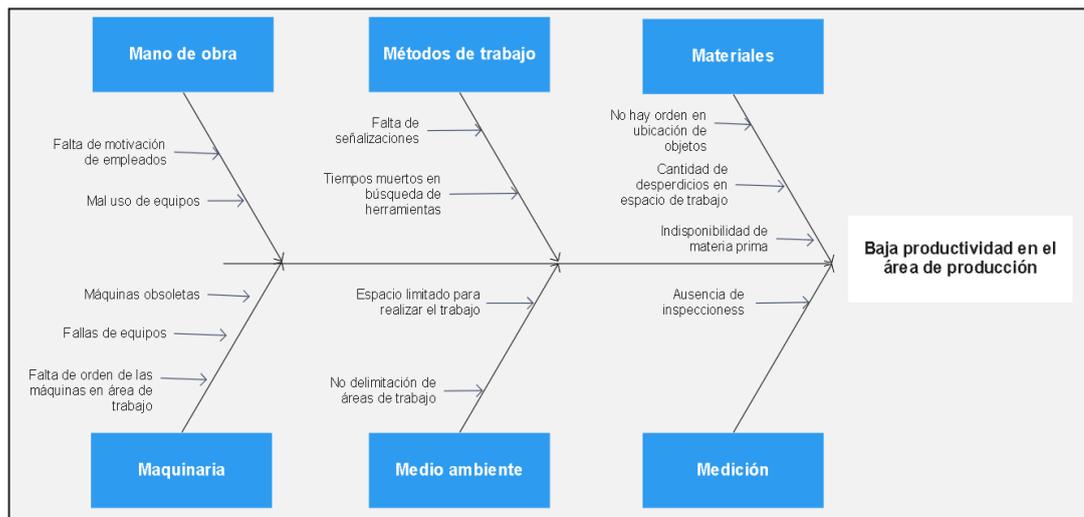


Figura 5: Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con las causas identificadas en el diagrama Ishikawa, se puede determinar la necesidad de elaborar un adecuado plan y programa de mantenimiento para reducir las fallas de equipos. Como también la implementación de la metodología 5S que nos ayudarán a organizar y establecer una condición de trabajo óptimo el cual se vea reflejado en el rendimiento del colaborador. Asimismo, se identificó que una de las causas significativas respecto al tiempo prolongado de producción es debido a la falta de disponibilidad de materia prima para la fabricación de productos.

Objetivo específico 1: Implementar el mantenimiento planificado para reducir las fallas en los equipos del área de producción.

Situación antes – (pre-test)

La empresa estructuras metálicas Cornejo no cuenta con tareas claras y definidas para realizar un mantenimiento planificado adecuado a sus equipos. No existen manuales,

procedimientos y entrenamiento a los empleados, entre otras cosas, por lo que es común que durante la semana los equipos presenten algún desperfecto que afecte a su funcionamiento y por ende cause problemas transversales en el proceso de producción y genere reclamos.

Cuando ocurre alguna falla en los equipos que debe ser resuelto para poder continuar con el proceso productivo, lo que hace el operario es intentar solucionar el problema, pero si no se tiene éxito se reporta el problema al supervisor o jefe del área de producción para contactar a un proveedor o mecánico que pueda corregir la falla y dejar el equipo operativo en caso no se pueda solucionar de manera manual.

Por otro lado, existen ocasiones en las que solucionar los problemas con los equipos toma mucho tiempo por lo que de igual forma se genera un cuello de botella en el proceso de producción y por mientras los operarios deben ir realizando actividades secundarias para ir aprovechando el tiempo de para.

La empresa no busca un responsable en caso los equipos presenten una falla repentina que afecte a su funcionamiento porque se puede afectar negativamente al clima laboral y porque se entiende desde la Jefatura que no es un error humano, sino del equipo, opere quien lo opere. El hecho de ser una empresa pequeña hace que el foco sea la producción y las ventas, dejando de lado el análisis de las tareas de mantenimiento.

Así mismo, no se cuenta con un sistema de información o herramientas digitales que contribuyan a tener visibilidad de las tareas de mantenimiento para facilitar su gestión o mejora continua en caso la empresa adquiera equipos nuevos o modelos de características y requerimientos diferentes a los que se tienen hoy en día.

En la tabla 4 se observa la situación actual con base a conversaciones con el supervisor del área de producción. Se tiene información de tareas de mantenimiento, conocimiento teórico y práctico, buenas prácticas y planes de contingencia. Se obtuvo un puntaje de 25% respecto a aspectos fundamentales referidos al pilar del mantenimiento planificado.

Tabla 4:
Diagnóstico de mantenimiento planificado

Pilar de la filosofía TPM a evaluar	Nro.	Aspecto	Puntaje	Puntaje Máximo
Mantenimiento planificado	1	¿Existen tareas de mantenimiento para los equipos del área de producción?	5	20
	2	¿Los supervisores y jefes tienen conocimiento del mantenimiento planificado?	5	20
	3	¿Los operarios siguen un manual de buenas prácticas a fin de prevenir fallas?	10	20
	4	¿Se conocen las fallas que pueden tener los equipos del área de producción?	5	20
	5	¿Se tiene un plan de contingencia en caso ocurran fallas en los equipos?	0	20
PUNTAJE OBTENIDO			25	
PUNTAJE TOTAL			100	
CUMPLIMIENTO			25%	

Fuente: Área de producción de la empresa estructuras metálicas Cornejo

En la tabla 5 se observan las fallas en los equipos del área de producción antes de la implementación del mantenimiento planificado. Estas fallas son el total semanal y han sido consideradas como las muestras pre test con base a la evaluación de 15 equipos.

Muestra antes (pre-test)

Tabla 5:
Muestra pre-test de fallas en equipos semanales

Semana	Muestra pre-test de falas en equipos
1	6
2	8
3	8
4	7
5	6
6	7
7	8
8	8
9	5
10	4

Fuente: Elaboración propia

Aplicación de teoría (variable independiente: mantenimiento planificado)

La implementación del mantenimiento planificado se basó en trasladar el conocimiento del proveedor y experiencia de la empresa en un conjunto de protocolos que deben ser aplicados en las máquinas y equipos con base a periodos de tiempo e índole de la tarea, que resulta mucho más práctico para los operarios y no se tiene que invertir en evaluaciones de tendencias y servicios en periodos irregulares. Con base a esto, se elaboró en coordinación con el supervisor y proveedor el listado de tareas compuesta de cinco fases, que se deben realizar en las máquinas y equipos para prevenir las fallas antes, durante y después del proceso de producción o cuando el equipo no está en marcha, detallando la frecuencia e índole (mecánico o eléctrica) de la tarea.

A continuación, se muestra en resumen la secuencia de las fases a seguir para la aplicación del pilar del mantenimiento planificado.



Figura 6: Diagrama de aplicación de fases del mantenimiento planificado
Fuente: Elaboración propia

En la primera fase, se realizó una inspección visual de la planta para identificar los equipos del área de producción y la regularidad de las fallas en cada uno, con lo que se elaboró un listado de los equipos con su condición inicial y si se debe aplicar el mantenimiento planificado y por otro lado se coordinó con el supervisor de producción y un proveedor externo las tareas que se deben realizar para que los equipos operen sin problemas.

De la inspección visual de la planta y reunión con el supervisor y proveedor externo, se llegó a identificar un total de veinticinco máquinas y equipos en el área de producción que intervienen en el proceso de ensamblaje, limpieza, acabado e

instalación, de las cuales solo en quince se aplicó tareas de mantenimiento. El listado de todas las máquinas y equipos es el siguiente:

- Tronzadora (3)
- Soldadora (4)
- Compresora de aire (3)
- Taladro (3)
- Taladro de banco (1)
- Rotomartillo (3)
- Esmeril (4)
- Tornillo de banco (3)
- Cizalla (1)

La segunda fase fue el listado de tareas, en el que se identificó las inspecciones sensoriales, lecturas de parámetros de funcionamiento, tareas de lubricación, verificaciones mecánicas, verificaciones eléctricas, mediciones de variables con instrumentos externos, limpiezas, configuraciones, verificaciones del correcto funcionamiento de equipos de medida, calibraciones de instrumentos de medida y chequeos de lazos de control.

La tercera fase fue la descomposición de la planta en sistemas, que en el caso de estructuras metálicas Cornejo, debido a la cantidad de máquinas y equipos, se optó por revisar los cuatro procesos en vez de estaciones o áreas productivas, conforme se indica a continuación:

Proceso 1: Ensamblaje

- Elección del diseño de la estructura a fabricar (catálogo de diseños)
- Toma de medidas (wincha)
- Cortado de perfiles metálicos de acuerdo a las medidas de la estructura a fabricar
- Armado de marco de la estructura metálica
- Apuntalado del marco de la estructura metálica (soldar con pequeños puntos)
- Re-soldado de estructura metálica para asegurar la unión de las piezas
- Soldado de chapa a la estructura metálica.

Proceso 2: Limpieza

- Limpieza y cepillado de esquiras (lija y esmeril).
- Masillar las uniones entre cada perfil metálico (masilla y espátula).

- Lijado final de la estructura metálica (lija).
- Limpieza de estructura metálica con thinner (thinner).

Proceso 3: Acabado

- Preparación de pintura base y thinner.
- Pintado con zincromato (pintura base – compresora con soplete).
- Secado.
- Pintado con pintura de acuerdo al color elegido por el cliente.
- Secado.
- Forrado de estructura metálica con plástico film para conservar la pintura.

Proceso 4: Instalación

- Colocación de anclajes a la pared (rotomartillo o taladro más martillo).
- Instalación del marco de puerta a anclado a la pared.
- Soldado de marco de puerta a los anclajes colocados en la pared.
- Colocación de pines de las bisagras al marco de la puerta.
- Colocación de la puerta.
- Soldado de pines de las bisagras.
- Colocación de la hembra de la chapa de la puerta anclándola a la pared.
- Retoque de imperfecciones (pintura).

La cuarta fase fue el listado y codificación de equipos. La asignación del código a las máquinas y equipos se realizó en coordinación con el supervisor y jefe del área de producción. Se consideró un mix entre letras y números de cada equipo a fin de que este código alfanumérico represente al equipo en el plan de mantenimiento.

Dichos códigos de asignación a los equipos se muestran en la tabla 6.

Tabla 6:
Codificación de equipos

Equipo	Código	Cantidad
Soldadora	S001	4
Esmeril	E001	4
Tronzadora	T001	3
Compresora	C001	3
Taladro	M001	3
Rotomartillo	R001	3
Tornillo de banco	T001	3
Taladro de banco	B001	1
Cizalla	C001	1

Fuente: Elaboración propia

Para la inspección de la soldadora (S001), se trabajó con un técnico mecánico y eléctrico y un operario con el fin de poder desmontar el equipo y realizar los ajustes necesarios así como identificar las tareas que se deben realizar de ahora en adelante como limpiezas y revisiones o comprobaciones de los componentes.

Para la inspección del esmeril (E001), se trabajó con un mecánico y un operario con los que se realizaron pruebas piloto para verificar el funcionamiento, sonido y temperatura de las ruedas y con base a eso identificar las tareas de mantenimiento, como limpieza, ensayos, ajustes de componentes y cambios de grasa.

Para la inspección de la tronzadora (T001), se trabajó con un técnico eléctrico y mecánico con el que se desmontó el equipo para analizar el estado de los componentes del mismo e identificar los repuestos que se deben tener en inventario. Así mismo, se identificaron las tareas de mantenimiento como revisión de componentes, engrasamiento, verificaciones y limpieza.

Para la inspección de la compresora (C001), se trabajó con un técnico mecánico y eléctrico y el supervisor del área para identificar las tareas de mantenimiento y componentes que necesitan repuestos en inventario, como válvulas, pernos y correas. Así mismo, extraer el aire comprimido y revisiones y ajustes de sujetadores. Por otro lado la limpieza también es importante.

La cuarta fase fue la aplicación de los protocolos genéricos a fin de reducir la probabilidad de fallas en el futuro y el tiempo de para. Los protocolos vienen a ser el conjunto de tareas mecánicas o eléctricas para cada equipo según corresponda, para que este rinda y opere sin problemas durante el proceso de producción. Es por esto que la aplicación de los mismos va a servir para reducir en gran medida la cantidad de fallas semanales en los equipos del área de producción. Los protocolos reúnen toda la información técnica disponible y conocimientos del proveedor y supervisor, así como la validación del jefe de área. A continuación, se muestran las figuras 7, 8, 9, 10 y 11 con los correspondientes protocolos aplicados.

 MANTENIMIENTO PLANIFICADO			
SOLDADORA			
PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS			
N.º	PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
1	Marca	Furius	
2	Modelo	FW180mini	
3	Rango de corriente	180A	Amperios
4	Voltaje	220V	Voltios
5	Tipo de trabajo	Trabajo liviano	
OBSERVACIONES			
N.º			
INSTRUCCIÓN TÉCNICA			
N.º	TAREA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	ESPECIALIDAD
1	Revisar porta-electrodos, cables y bornes	Diaria	Eléctrica
2	Limpiar partes metálicas con un cepillo de púas	Semanal	Mecánica
3	Revisar la boquilla de porcelana y la manguera de gas	Diaria	Mecánica
4	Limpiar la boquilla metálica	Diaria	Mecánica
5	Comprobar desplazamiento de la varilla	Diaria	Mecánica
6	Comprobar giro de la bobina de aportación	Diaria	Eléctrica
7	Revisar el conducto de gas	Semanal	Mecánica

Figura 7: Protocolo para soldadoras

Fuente: Elaboración propia

ESTRUCTURAS METÁLICAS CORNEJO		MANTENIMIENTO PLANIFICADO	
ESMERIL			
PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS			
N.º	PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
1	Modelo	KL-033	
2	Marca	Kaili	
3	Potencia	1 HP	HP
4	Revoluciones por minuto	3560 rpm	RPM
5	Diámetro de disco	6"	Pulgadas
OBSERVACIONES			
N.º			
1	En el caso de observar alguna anomalía eléctrica apagar el equipo		
2	Las piezas dañadas o rotas deben sustituirse		
			
INSTRUCCIÓN TÉCNICA			
N.º	TAREA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	ESPECIALIDAD
1	Limpiar con pincel	Diaria	Mecánica
2	Realizar prueba de sonido a la rueda abrasiva	Diaria	Mecánica
3	Cambiar grasa en motor	Semanal	Eléctrica
4	Ajustar portapieza	Diaria	Mecánica

Figura 8: Protocolos para esmeril

Fuente: Elaboración propia

ESTRUCTURAS METÁLICAS CORNEJO		MANTENIMIENTO PLANIFICADO	
TRONZADORA			
PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS			
N.º	PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
1	Modelo	D28730	
2	Marca	Dewalt	
3	Potencia	2300 W	Watts
4	Tamaño de disco	355 mm	Milímetros
5	Peso	10 kg	Kilogramos
OBSERVACIONES			
N.º			
INSTRUCCIÓN TÉCNICA			
N.º	TAREA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	ESPECIALIDAD
1	Engrasar las partes móviles	Semanal	Mecánica
2	Colocar en un cubo de agua la bomba de agua (5 minutos)	Diario	Mecánica
3	Comprobar tuercas, tornillos y soldaduras	Trimestral	Mecánica
4	Comprobar ausencia de holguras que hagan temblar el equipo	Semanal	Mecánica
5	Revisar fusibles de instalación	Diario	Eléctrica
6	Revisar el sentido de rotación del disco	Diario	Mecánica
7	Revisar el voltaje de conexión a la red eléctrica	Diario	Eléctrica
8	Limpiar superficies	Semanal	Mecánica

Figura 9: Protocolos para tronzadora

Fuente: Elaboración propia

 MANTENIMIENTO PLANIFICADO			
COMPRESORA			
PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS			
N.º	PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
1	Modelo	ZBM 25A	
2	Marca	Pitbull	
3	Potencia	2 HP	HP
4	Capacidad	24l	Litros
5	Presión	8 bar	Bar
OBSERVACIONES			
N.º			
1	En caso se haya alcanzado 50 horas de trabajo, es recomendable sustituir el filtro de aire		
2	Un filtro obstruido puede causar menor eficiencia y mayor consumo de electricidad		
			
INSTRUCCIÓN TÉCNICA			
N.º	TAREA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	ESPECIALIDAD
1	Realizar purga de aceite y reemplazarlo completamente	Diaria	Mecánica
2	Remover suciedad del filtro de aire	Diaria	Mecánica
3	Extraer todo el aire comprimido remanente en el calderín	Semanal	Mecánica
4	Realizar alineación entre compresor y motor	Trimestral	Eléctrica
5	Revisar sujetadores y ajustarlos	Semanal	Mecánica
6	Revisar pernos y correa de transmisión	Mensual	Mecánica
7	Limpiar válvula antirretorno	Anual	Mecánica

Figura 10: Protocolos para compresoras
Fuente: Elaboración propia

ESTRUCTURAS METÁLICAS CORNEJO		MANTENIMIENTO PLANIFICADO	
TALADRO DE BANCO			
PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS			
N.º	PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
1	Modelo	BD130	
2	Marca	Bauker	
3	Material	Acero	
4	Potencia taladro	500 W	Watts
5	Peso	39.5 Kg	Kilogramos
OBSERVACIONES			
N.º			
1	En climas húmedos se debe encender en baja velocidad el taladro		
			
INSTRUCCIÓN TÉCNICA			
N.º	TAREA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	ESPECIALIDAD
1	Limpiar el polvo y virutas	Diaria	Mecánica
2	Lubricar el taladro estacionario	Semanal	Mecánica
3	Limpiar la grasa de la columna y aplicar grasa nueva	Mensual	Mecánica
4	Aplicar grasa en partes móviles	Mensual	Mecánica
5	Revisar el sistema eléctrico	Semestral	Eléctrica
6	Pintar el taladro	Anual	Mecánica
7	Limpiar el filtro de la bomba refrigerante	Diaria	Mecánica

Figura 11: Protocolos para taladros de banco
Fuente: Elaboración propia

La sexta fase fue consolidar todas las tareas en un solo listado que se pueda actualizar y sea visible en la planta de producción. El listado completo de tareas agrupa todos los equipos, las tareas de mantenimiento, la frecuencia, la especialidad y si es necesario que el equipo este en marcha o no. Este listado, cuyo contenido se muestra en el anexo 3, se puede mantener en un Excel y ser utilizado según la necesidad del mantenimiento de máquinas y equipos.

Situación después – (post-test)

Luego de la aplicación del mantenimiento planificado, la planta de la empresa estructuras metálicas Cornejo ha logrado planificar un listado de tareas que se deben realizar de manera periódica en las máquinas y equipos para prevenir las fallas antes, durante o después del proceso de producción. La ejecución de este listado de tareas debe ser monitoreado por el supervisor y jefe de la planta.

De esta forma, se tiene visibilidad de las actividades de índole mecánico y eléctrico que se deben realizar de manera diaria, semanal, mensual o anual según sea el caso y si es necesario que el equipo este en marcha o no, para que la persona que realice las tareas de mantenimiento no corra ningún riesgo en la ejecución.

En la tabla 7 se observa información registrada después de la implementación de actividades de mantenimiento en los equipos del área de producción. Se obtuvo un puntaje de 75% respecto a aspectos fundamentales referidos al pilar del mantenimiento planificado, lo que representa una mejora del 50% respecto al 25% inicial antes de la implementación de la metodología.

Tabla 7:
Diagnóstico final del mantenimiento planificado

Pilar de la filosofía TPM a evaluar	Nro.	Aspecto	Puntaje	Puntaje Máximo
Mantenimiento planificado	1	¿Existen tareas de mantenimiento para los equipos del área de producción?	15	20
	2	¿Los supervisores y jefes tienen conocimiento del mantenimiento planificado?	15	20
	3	¿Los operarios siguen un manual de buenas prácticas a fin de prevenir fallas?	15	20
	4	¿Se conocen las fallas que pueden tener los equipos del área de producción?	15	20
	5	¿Se tiene un plan de contingencia en caso ocurran fallas en los equipos?	15	20
PUNTAJE OBTENIDO			75	
PUNTAJE TOTAL			100	
CUMPLIMIENTO			75%	

Fuente: Área de producción de la empresa estructuras metálicas Cornejo

En la tabla 8 se observa el registro de las fallas en los equipos del área de producción después de la implementación del mantenimiento planificado, considerando una muestra de quince equipos, datos que representan la muestra post-test.

Muestra después (post-test)

Tabla 8:
Muestra post-test de fallas en los equipos

Semana	Muestra post-test de fallas en equipos
1	1
2	0
3	0
4	2
5	1
6	1
7	0
8	1
9	1
10	1

Fuente: Elaboración propia

Objetivo específico 2: Implementar la metodología 5S para mejorar el rendimiento laboral en el área de producción.

Situación antes – (pre-test)

Para el diagnóstico inicial se utilizó la observación directa del área de producción ya que la fuente más certera para analizar la situación real de la empresa son las personas que laboran dentro de ella, por lo cual se hace uso en primera instancia de entrevistas y conversaciones informales con los mencionados. Esta visita se realizó el 11 de mayo del 2021, donde se identificaron principalmente las siguientes situaciones:

- Los lugares en donde se colocan los objetos no están diseñados adecuadamente para cumplir con el requisito de ser un lugar específico.
- Las áreas de trabajo no están correctamente identificadas, no utilizan señalización para diferenciar los espacios de trabajo, ubicación de máquinas o muebles.
- Presencia de materiales, herramientas o residuos regados en el área de trabajo.

- No está identificada la responsabilidad por el cuidado de las herramientas, máquinas y materiales de limpieza, tanto de uso personal como de uso común.
- Existen desperdicios de materiales o líquidos en el suelo, las paredes no están bien pintadas ni limpias.
- No existe en cantidad suficiente y en buen estado, implementos para realizar limpieza y aseo personal.
- Deficiencias en el uso de equipos de protección personal y seguridad (EPPS).
- Mal aprovechamiento del espacio, lo cual genera una pérdida de tiempo al momento de llevar a cabo las actividades.
- Las herramientas no se encuentran con rapidez y los operarios tienen que desplazarse de un puesto de trabajo a otro para encontrarlas.
- La ubicación de los residuos dentro de sus instalaciones no es la mejor, por lo que el ambiente visual se vuelve pesado, un punto a resaltar es que la empresa es consciente de la cultura de no utilización de los elementos de seguridad y la falta de higiene en el taller, por lo que en ciertas oportunidades se han presentado accidentes que influyen negativamente en la calidad de vida de los trabajadores y en el crecimiento de la empresa.

Luego de identificar aquellas irregularidades a través de un primer control visual, se procedió a realizar los siguientes análisis con la finalidad de conocer el nivel de cumplimiento de las 5S y la productividad actual del área de producción. Estas mediciones se realizaron a través de dos indicadores:

- a) Porcentaje de nivel de cumplimiento de la metodología 5S.
- b) Cálculo de la productividad en el área de producción.

Para el primer indicador se utilizaron diversos criterios de diagnóstico, detallados en la tabla 10, considerando cada una de las 5S, en el cual se medirá por medio de 5 preguntas sencillas, las cuales serán ponderadas en una escala de 0 a 4, donde 0 representa muy mal, 1 representa mal, 2 representa promedio, 3 representa bien y 4 representa muy Bien. Para el diagnóstico de este indicador se tomarán como base los siguientes criterios:

- Nivel de cumplimiento de Seiri: Clasificación
- Nivel de cumplimiento de Seiton: Orden
- Nivel de cumplimiento de Seiso: Limpieza

- Nivel de cumplimiento de Shitsuke: Estandarización
- Nivel de cumplimiento de Seiketsu: Autodisciplina

Tabla 9:
Evaluación inicial de la metodología 5S

Auditoría inicial 5S CHECK LIST DE EVALUACIÓN			
Empresa:	Estructuras Metálicas Cornejo		Fecha: 20/06/2021
Área:	Producción		
Responsable:	Gerente General		
0=Muy malo, 1=Malo, 2=Regular, 3=Bueno, 4=Muy bueno			
5S	N°	ITEM EVALUADO	CALIFICACIÓN (0-4)
SEPARAR LOS PRODUCTOS INNECESARIOS DE LOS NECESARIOS			
SEIRI: CLASIFICAR	1	Existen maquinarias o equipos innecesarios en el área de producción	1
	2	Existen materiales u objetos innecesarios en el área de producción	1
	3	Todos los objetos del área se encuentran en buen estado para su uso	1
	4	Los pasillos se encuentran libres de obstáculos	0
	5	Se identifican los objetos innecesarios utilizan alguna técnica de identificación	0
Subtotal			3
SEPARAR LOS PRODUCTOS INNECESARIOS DE LOS NECESARIOS			
SEITON: ORDENAR	6	Se utilizan líneas trazadas en el piso para delimitar pasillos, áreas de trabajo o ubicación de máquinas, entre otros equipos.	1
	7	Se utilizan letreros para identificar las áreas de trabajo	0
	8	Se identifica con facilidad la ubicación de herramientas de trabajo	1
	9	Los materiales, herramientas u otros objetos se encuentran almacenados de forma adecuada	1
	10	Se dispone de un sitio establecido para cada producto	1
Subtotal			4
SEPARAR LOS PRODUCTOS INNECESARIOS DE LOS NECESARIOS			
SEISO: LIMPIAR	11	Existe suciedad en las máquinas, muebles o espacios de trabajo	1
	12	Están identificados las fuentes de suciedad	1
	13	Se elaboran cronogramas de limpieza	0
	14	Existe un responsable de mantener limpio las áreas de trabajo	0
	15	Se cuenta con implementos para realizar limpieza en el área	2
Subtotal			4
SEPARAR LOS PRODUCTOS INNECESARIOS DE LOS NECESARIOS			
SEIRI: ESTANDARIZAR	16	Se realizan revisiones periódicas de las condiciones del área de trabajo (1 vez al mes)	0
	17	Se realizan acciones correctivas posterior a las auditorías	0
	18	Existe un método de guía para el orden de equipos, herramientas y útiles de trabajo	1
	19	Se tiene establecido el procedimiento para las auditorías con los formatos correspondientes	1
	20	Se mantienen las primeras 3S (orden, clasificación y limpieza)	1
Subtotal			3
SEPARAR LOS PRODUCTOS INNECESARIOS DE LOS NECESARIOS			
SEIRI: DISCIPLINA	21	Se percibe una cultura de respeto por los estándares establecidos	0
	22	Están involucrados los trabajadores con la metodología 5S	0
	23	Se realizan capacitaciones al personal del área	0
	24	Se toman en cuenta las oportunidades de mejora que puedan surgir para el área	0
	25	Se educa a los colaboradores en las normas y procedimiento de trabajo	0
Subtotal			0
Total			14/100
PUNTUACIÓN TOTAL ESPERADA= 100			

Fuente: Área de producción de la empresa estructuras metálicas Cornejo

De acuerdo con la tabla anterior, se puede analizar que el nivel de conocimiento y aplicación de las 5S en el área de producción de la empresa estructuras metálicas Cornejo es casi nula, ya que se obtuvo un 14% de nivel de cumplimiento respecto a la metodología 5S, ubicándose dentro del nivel “crítico”. Asimismo, en la tabla 12 se visualiza evidentemente que la metodología Seiri (clasificar) y Shitsuke

(disciplina) son consideradas las más críticas, ya que no cuentan con conocimiento de la metodología 5S, carecen de una planificación de actividades y compromisos a cumplir por parte de los trabajadores para colaborar al orden y mantenimiento del área de producción y debido a que poseen lugares definidos para la ubicación de objetos necesarios en el área.

Tabla 10:
Resultados de la evaluación inicial de las 5S

Evaluación 5S	Evaluación inicial de las 5S		
	Resultado obtenido	Resultado esperado	Nivel de cumplimiento
Seiri (Clasificar)	2	20	10%
Seiton (Ordenar)	4	20	20%
Limpieza (Seiso)	4	20	20%
Estandarización (Seiketsu)	3	20	15%
Disciplina (Shitsuke)	0	20	0%
Total	14	100	13%

Fuente: Área de producción de la empresa estructuras metálicas Cornejo

Leyenda:

Nivel de cumplimiento:

- Óptimo (>61%)
- Moderado (31% - 60%)
- Crítico (<=30%)

Asimismo, se definieron indicadores de productividad con la finalidad de medir el rendimiento laboral previo y posterior a la ejecución de la propuesta de mejora y poder contrastar los resultados posteriores a la implementación de la metodología 5S.

Indicadores de productividad

Se realizó la medición de la eficacia y la eficiencia en 10 periodos (semanales) dentro de los meses de mayo a julio 2021. Para el cálculo de la eficacia y eficiencia se utilizaron las siguientes fórmulas:

- $\text{Eficiencia} = \text{TP1} / \text{TP2} \times 100\%$
 TP1: Tiempo programado
 TP2: Tiempo real
- $\text{Eficacia} = \text{CP1} / \text{CP2} \times 100\%$
 CP1: Cantidad Producida
 CP2: Cantidad Programada

Para calcular el tiempo programado y la producción total semanal se tomarán la cantidad total del personal en la fabricación y sus horarios de trabajo.

Tiempo programado = Cantidad de trabajadores x horario de trabajo

La empresa cuenta con 10 trabajadores en el taller cuyos horarios de trabajo son de 8 horas con 1 hora de refrigerio de lunes a viernes, y los sábados de 8 horas.

La cantidad de productos programadas son establecidas por criterio y con una data histórica que lleva el supervisor del área de producción.

En la tabla 11 se observa el registro de tiempos de producción semanales antes de la implementación de la metodología 5S:

Tabla 11:
Cálculo inicial de la productividad

Fecha	Producción real semanal	Producción programada semanal	Eficacia	Tiempo empleado (minutos)	Tiempo programado (minutos)	Eficiencia	Productividad
17-May	8	12	67%	3744	2280	61%	41%
24-May	9	13	69%	4284	2280	53%	37%
31-May	8	11	73%	4032	2280	57%	41%
7-Jun	9	12	75%	3852	2280	59%	44%
14-Jun	7	13	54%	4104	2280	56%	30%
21-Jun	8	12	67%	3924	2280	58%	39%
28-Jun	9	12	75%	3816	2280	60%	45%
5-Jul	7	12	58%	4140	2280	55%	32%
12-Jul	8	11	73%	4212	2280	54%	39%
19-Jul	8	13	62%	4392	2280	52%	32%
Promedio	8.1	12.1	67%	4050	2280	56%	38%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se describe el estado evaluado de la productividad de la empresa antes de la implementación de la metodología. Obteniendo los siguientes resultados promedios: eficacia 67%, eficiencia 56% y productividad 38%. Se observa un índice promedio bajo de productividad dentro del taller antes de la implementación de la metodología 5S.

Ante esta situación se percibe la necesidad de implementación de un programa de 5s que dé respuesta a las carencias existentes dentro de la organización, para ello se realizará un diagnóstico a través de cálculo de indicadores y de una auditoría inicial en cuanto a diversos criterios que muestren el estado actual de la empresa en cuanto a su organización, orden, limpieza, disciplina y hábito, de esa forma tener parámetros

de referencia que permitan visualizar un antes y un después luego de implementar cada uno de los componentes de esta metodología.

Muestra antes (pre-test)

Tabla 12:
Muestra pre-test de la productividad semanal

Semana	Fecha	Producción semanal pre-test	Productividad semanal pre-test
1	15-Mar	8	41%
2	22-Mar	9	37%
3	29-Mar	8	41%
4	5-Abr	9	44%
5	12-Abr	7	30%
6	19-Abr	8	39%
7	26-Abr	9	45%
8	3-May	7	32%
9	10-May	8	39%
10	17-May	8	32%
Promedio		8.1	28%

Fuente: Elaboración propia

Aplicación de teoría (Variable independiente: Metodología 5S)

La presente propuesta se enfoca en implementar la metodología de 5S con el objetivo de mejorar el rendimiento laboral en el área de producción de la empresa en estudio y con ello alcanzar el máximo aprovechamiento de recursos y obtención de resultados favorables para la empresa y el trabajador.

A continuación, se presenta el diagrama y cronograma de aplicación de fases para la implementación de la metodología 5S.

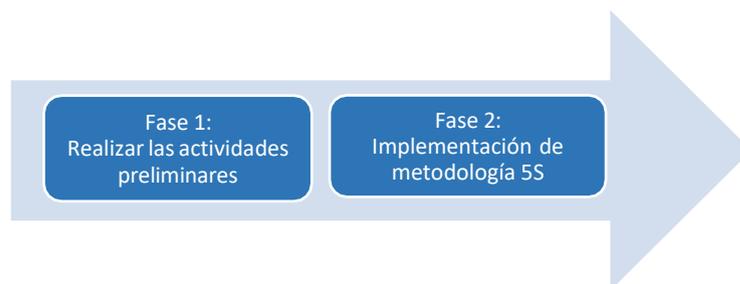


Figura 12: Diagrama de aplicación de fases de la metodología 5S

Fuente: Elaboración propia

El cronograma de actividades está compuesto de una primera fase respecto a la determinación de las actividades preliminares a la implementación, las cuales permitirán obtener un mayor entendimiento e involucramiento de los trabajadores sobre la metodología propuesta y como segunda fase, se encuentran las actividades de la implementación de cada una de las 5S. El tiempo total de implementación fue de 4 semanas y 2 semanas de actividades preliminares.

Tabla 13:
Cronograma de actividades de la implementación de la metodología 5S

Cronograma de la implementación de la metodología 5S	May-21				Jun-21			
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Actividades								
1. Fase 1: Actividades preliminares								
1.1 Formación de equipo de trabajo								
1.2 Definición de responsabilidades								
1.2 Capacitación al líder y equipo de trabajo								
2. Fase 2: Implementación de Seiri (Organizar)								
2.1 Identificar y listar los elementos innecesarios								
2.2 Separar los elementos de los innecesarios y desprenderse de estos últimos								
2.3 Implementación de tarjetas rojas								
3. Fase 3: Implementación de Seiton (Ordenar)								
3.1 Analizar y definir lugar de ubicación								
3.2 Decidir el modo de ubicación								
3.3 Rotular el sitio de colocación								
4. Fase 4: Implementación de Seiso (Limpiar)								
4.1 Determinar el lugar de aplicación								
4.2 Planificar las tareas de limpieza								
4.3 Definir responsables de limpieza								
4.4 Realizar la limpieza								
5. Fase 5: Implementación de Seiketsu (Estandarización)								
5.1 Colocar materiales de identificación visual (señalización de pisos, etiquetas y cintas de seguridad)								
5.2 Definir responsables de inspecciones								
6. Fase 6: Implementación de Shitsuke (Mejora continua)								
6.1 Establecer controles de mantenimiento de las 5S								

Fuente: Elaboración propia

Fase 1: Actividades preliminares

a) Formación de equipo de trabajo

El equipo de trabajo para la implementación de la metodología 5S está conformado por el jefe de producción, supervisor de operaciones y operarios. Asimismo, es importante recalcar que el involucramiento debe ser también de los demás participantes de la empresa. Esto con el objetivo de lograr asegurar el

éxito de la propuesta de mejora para la empresa. A continuación. En la siguiente figura se muestra los integrantes que conforman equipo de trabajo.

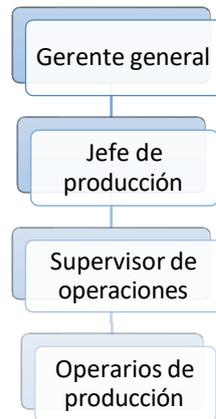


Figura 13: Formación de equipo de trabajo
Fuente: Elaboración propia

b) Definición de responsabilidades

A continuación, se detallan los roles de cada uno de los miembros del equipo de trabajo.

Gerente general	<ul style="list-style-type: none"> • Concientizar a los trabajadores de la empresa sobre la importancia de la implementación del proyecto. • Comunicar a los trabajadores el inicio del proyecto y fin del proyecto. • Comunicar al equipo de trabajo las necesidades para la ejecución del proyecto.
Jefe de producción	<ul style="list-style-type: none"> • Participar en la implementación de la metodología 5S. • Supervisar el cumplimiento de las actividades del proyecto. • Facilitar la ejecución del proyecto. • Supervisar el cumplimiento de las actividades según el cronograma propuesto.
Supervisor de operaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Monitorear el avance del proyecto. • Validar el cumplimiento de las actividades propuestas en cada una de las fases del proyecto. • Reportar los resultados de cada fase de implementación. • Identificar las oportunidades de mejora y planes de acción del proyecto.
Operarios	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar las actividades definidas para cada fase del proyecto. • Reportar incidentes ocurridos en el transcurso del proyecto.

Figura 14: Roles del equipo de trabajo
Fuente: Elaboración propia

c) Capacitación al líder y equipo de trabajo

Se realizaron capacitaciones a todo el personal de la empresa estructuras metálicas Cornejo con el objetivo de hacer conocimiento, concientizar y obtener un mayor involucramiento y compromiso de los colaboradores sobre la implementación de la metodología. En primera capacitación participaron todos los colaboradores de la empresa donde se explicó el alcance del proyecto, definición fases, beneficios, casos aplicados en otras empresas y aspectos generales de la metodología 5S. La segunda capacitación fue dirigida al equipo de trabajo del proyecto, en esta reunión participaron el gerente general, jefe de producción, supervisor de operaciones y operarios del área de producción con el objetivo de presentarles el cronograma de actividades y responsabilidades para iniciar con la ejecución del proyecto.

d) Planificación de evaluaciones de las 5S

Se procedió a planificar las evaluaciones con la participación del gerente general y jefe de producción. Se decidieron realizar 4 evaluaciones con la finalidad de medir el nivel de cumplimiento de cada uno de ellos en el transcurso de la implementación. Estas evaluaciones se realizarán semanalmente.

Fase 2: Implementación de las 5S

Implementación de Seiri (organizar)

La primera S de la metodología de las 5S tiene como significado retirar de nuestro espacio de trabajo todo lo que no es necesario, con el fin de ejecutar nuestras tareas diarias de una mejor manera. Para separar unos de otros, se aplican pasos sencillos que sirven para la toma de decisiones acerca de todos los elementos innecesarios. En la figura 15 se especifica el orden de las actividades a seguir.

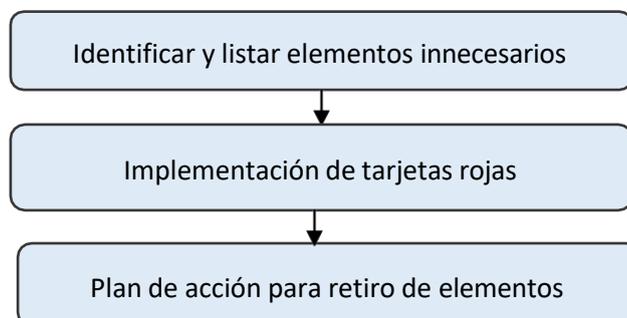


Figura 15: Actividades para implementar Seiri
Fuente: Elaboración propia

La implantación del Seiri, tuvo como actividad inicial identificar y listar los productos que se localizaban en la zona de producción. Asimismo, se procedió a nombrar el estado de cada uno de ellos (necesario o innecesario). Esta actividad fue realizada por los operarios que cuentan con mayor experiencia y tiempo en el área de producción y siendo inspeccionada por el supervisor de operaciones quien estuvo presente en caso de existir incertidumbre sobre la funcionalidad de algún objeto. A continuación, se detalla la lista de productos identificados en la primera “S” de la metodología.

Tabla 14:
Listado de productos en el área de producción

Realizado	Operarios	Identificación de productos en área de producción	
Supervisado	Supervisor del área de producción		
Fecha	07/06/2021		
N°	Área	Producto	Cantidad en unidades
1	Producción	Guantes	10
2	Producción	Máquina de soldar	5
3	Producción	Esmeril	2
4	Producción	Cascos dañados	5
5	Producción	Perfiles metálicos	11
6	Producción	Sierra	8
7	Producción	Bancos	4
8	Producción	Pizarra	2
9	Producción	Broca	6
10	Producción	Planchas de metal	11
11	Producción	Tornillos	50
12	Producción	Zapatos en mal estado	6
13	Producción	Baldes de agua	9
14	Producción	Sogas	15
15	Producción	Andamios	22
16	Producción	Chatarra	21
17	Producción	Residuos de metales	30
18	Producción	Chatarra	23

Fuente: Elaboración propia

Luego de haber realizado la lista de productos, se procede con la clasificación de los elementos necesarios e innecesarios, esto quiere decir que se agrupó todos los productos que son utilizables y los no utilizables (productos rotos, productos

obsoletos, mermas, entre otros). Los productos que fueron identificados como necesarios, se tomó la acción de organizarlo. En la otra sección se encuentran los productos que se identificaron como innecesarios pero que tenían alguna utilidad o que aún servían para la empresa.

Tabla 15:
Listado de productos necesarios en el área de producción

Realizado	Operarios	Identificación de productos necesarios en área de producción		
Supervisado	Supervisor del área de producción			
Fecha	09/06/2021			
Nº	Área	Producto	Cantidad en unidades	Estado
1	Producción	Guantes	10	Necesario
2	Producción	Máquina de soldar	5	Necesario
3	Producción	Esmeril	2	Necesario
5	Producción	Perfiles metálicos	11	Necesario
6	Producción	Sierra	8	Necesario
7	Producción	Bancos	4	Necesario
8	Producción	Pizarra	2	Necesario
9	Producción	Broca	6	Necesario
10	Producción	Planchas de metal	11	Necesario
11	Producción	Tornillos	50	Necesario
14	Producción	Sogas	15	Necesario
18	Producción	Chatarra	23	Necesario

Fuente: Elaboración propia

Los productos que se consideraron innecesarios fueron aquellos que no se usan o que presentan algún tipo de deterioro, esta decisión fue tomada por los operarios y supervisor de operaciones. Para esta actividad se procedió a aplicar el uso de las tarjetas rojas, cuya finalidad es de identificar los objetos innecesarios o que su empleo en el área es indeciso. Una vez identificado la cantidad de objetos innecesarios a través de las tarjetas, estos fueron trasladados a una zona de descarte con la finalidad de tomar las acciones correspondientes (eliminar definitivamente, reparar, reciclar o aplicar otra acción). Estas tarjetas fueron colocadas por tipo objeto (material, herramientas, máquinas, entre otros) y el llenado de la tarjeta roja se realizó según el formato especificado en la figura 16.

TARJETA ROJA 5S	
INFORMACIÓN GENERAL	
Propuesta por: _____	Responsable de área: _____
Área / Departamento: _____	
Nombre del elemento: _____	Cantidad: _____
Fecha de registro: _____	
CATEGORÍA	
<input type="checkbox"/> Máquina / Equipo	<input type="checkbox"/> Productos de limpieza
<input type="checkbox"/> Herramientas	<input type="checkbox"/> Productos terminados
<input type="checkbox"/> Partes mecánicas	<input type="checkbox"/> Librería y papelería
<input type="checkbox"/> Equipo de oficina	<input type="checkbox"/> Otro: _____
RAZÓN DE TARJETA ROJA	
<input type="checkbox"/> Máquina / Equipo	<input type="checkbox"/> Máquina / Equipo
<input type="checkbox"/> Herramientas	<input type="checkbox"/> Herramientas
<input type="checkbox"/> Partes mecánicas	<input type="checkbox"/> Partes mecánicas
	<input type="checkbox"/> Otro: _____
ACCIÓN REQUERIDA	
<input type="checkbox"/> Reparar	<input type="checkbox"/> Eliminar
<input type="checkbox"/> Reciclar	<input type="checkbox"/> Otra acción: _____
COMENTARIOS	

Figura 16: Tarjeta roja 5S

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente se procede a llenar el formato listo de elementos innecesarios (tal como se muestra en la tabla 16), para luego trasladarlos a la zona de descarte y tomar las acciones correspondientes de acuerdo con el destino final.

Tabla 16:
Listado de productos innecesarios en el área de producción

Realizado	Operarios	Identificación de productos en área de producción			
Supervisado	Supervisor del área de producción				
Fecha	09/06/2021				
N°	Área	Producto	Cantidad en unidades	Estado	Plan de acción
1	Producción	Cascos dañados	5	Innecesario	Reparar
2	Producción	Cajas de cartón	10	Innecesario	Eliminar
3	Producción	Planchas de madera	2	Innecesario	Reutilizar
4	Producción	Zapatos en mal estado	5	Innecesario	Eliminar
5	Producción	Baldes de plástico	9	Innecesario	Reutilizar
6	Producción	Sogas	12	Innecesario	Reutilizar
7	Producción	Retazos metálicos	15	Innecesario	Reutilizar
8	Producción	Compresor	3	Innecesario	Reparar
9	Producción	Máquina de soldar	2	Innecesario	Reparar
10	Producción	Residuos de metales	50	Innecesario	Reutilizar
11	Producción	Retazos de vidrio	17	Innecesario	Reutilizar

Fuente: Elaboración propia

Implementación de Seiton (ordenar)

Después de las actividades ejecutadas referentes al Seiri, se prosiguió con agrupar aquellas herramientas que fueron determinadas como útiles o necesarias en un espacio definido que simplifique su obtención, restitución y devolución, lo que favorecerá al momento de la organización de pedidos. A continuación, se muestran las actividades a seguir para su implementación:

- Identificar zonas críticas a ser mejoradas.
- Elaborar listado de artículos, equipos, herramientas y materiales innecesarios, luego proceda a trasladarlos a la zona roja.
- Los artículos innecesarios que han sido separados y que se encuentran ubicados en la zona roja deben de contar con su tarjeta roja respectiva, en la cual debe figurar nombre del artículo, cantidad, fecha máxima para ser retirada de la zona roja.
- La tarjeta roja (ver figura 16) es aplicada a equipos, artículos, herramientas o materiales sobre cuya utilización tenga dudas.
- En caso de inventarios o existencias en exceso (innecesarias), se les aplicará tarjeta roja.
- Fotografiar artículos separados, para luego exhibirlos en panel 5S.

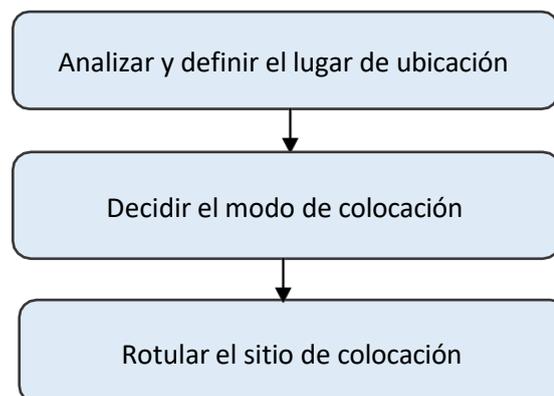


Figura 17: Actividades para implementar Seiton
Fuente: Elaboración propia

Para analizar y definir el lugar de ubicación de los objetos útiles, se tiene que considerar los siguientes aspectos: la disponibilidad del espacio físico, frecuencia de uso, utilidad, dificultad de acceso o retorno al lugar correspondiente según su uso, con ello se minimizó el tiempo que se emplea para la búsqueda de estos.

El paso siguiente en la implantación de Seiton, fue delimitar y etiquetar las ubicaciones de los productos. Al etiquetar los productos, las personas pueden encontrarlos sin el desorden y la pérdida de tiempo buscándolos en el área de producción. Se han colocado señaléticas de seguridad en las paredes del área de producción para reducir el riesgo de accidentes en el lugar de trabajo.

- Establecer un lugar óptimo para cada componente usado en la rutina diaria pues esto facilita su disponibilidad y accesibilidad.
- Establecimiento de lugares identificados para posicionar componentes poco frecuentes.
- Seleccionar puestos para situar los componentes que no se utilizarán en un futuro cercano.
- Permite que los colaboradores posean facilidades visuales que posibiliten el control y seguimiento.

El uso del Seiton procura colocar los componentes imprescindibles en lugares que sean fáciles de encontrar, esto para su utilización y posterior retorno. Los métodos usados en Seiton simplifican los pasos de codificar, reconocer y señalar las áreas con la finalidad de su preservación en un mismo lugar y en óptimas condiciones. En los puestos de trabajo Seiton tiene como finalidad posibilitar los documentos y la búsqueda de ficheros, acrecentar el seguimiento visual de los files y la reducción de la pérdida de tiempo en búsqueda de información.

El orden en el lugar de trabajo es importante para poder desarrollar el servicio de mantenimiento de manera eficiente. Por ello es necesario delimitar el área de trabajo con líneas amarillas en el piso, además de pintar las esquinas de la pata de la mesa. Complementando lo mencionado líneas arriba es importante también rotular e identificar las áreas de trabajo para que los trabajadores sepan dónde desarrollar sus actividades en forma segura y simultáneamente crear conciencia que cada objeto tiene su lugar.

Implementación de Seiso (limpieza)

La primera actividad que realizar en el Seiso, será la identificación de las fuentes de suciedad del área de almacén. Esto con el objetivo de eliminar para así lograr eliminarlas de una manera correcta, y así prever los desperdicios, polvos,

obstrucciones en el área del trabajo. Para ello, se procedió a realizar las siguientes actividades.

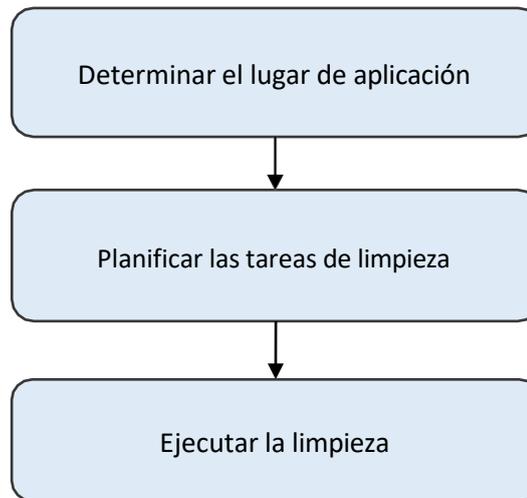


Figura 18: Actividades para implementar Seiso
Fuente: Elaboración propia

Determinar el ámbito de aplicación

Seiso tiene como objetivo mejorar la apariencia física, asimismo, busca prevenir accidentes y pérdidas generadas por la suciedad, debido a que desilusionan a los colaboradores y ocasionan una mala impresión ante las visitas. La aplicación de limpieza e higiene se debe de accionar sobre lo siguiente:

- Zonas físicas: paredes, pisos, áreas verdes, ventanas, alrededores y otros.
- Artículos de trabajo: máquinas, herramientas, inventarios y mobiliario.
- Máquinas y equipos.

Planificar las actividades de limpieza

Las maquinarias, equipos y herramientas de trabajo, son contaminadas por el polvo, aceite y desperdicios de cualquier tipo, esto afecta en la productividad y la eficiencia, lo que significa que, en un corto o mediano plazo, pueden deteriorarlas. Es de gran importancia reconocer las causas posibles que originan la suciedad en una zona de trabajo, caso opuesto, la limpieza sería una tarea muy laboriosa, difícil de realizar y se podría necesitar mayor tiempo.

Asignar responsabilidades de limpieza

Los responsables de conservar limpias las zonas de trabajo son el mismo personal que tiene un espacio de trabajo a su cargo o está asignado su uso, debido a que ellos son los responsables de las herramientas, máquinas, equipos y otros elementos que se utilizan frecuentemente. Las responsabilidades se definen acorde al:

- Plano de asignación de espacios de trabajo.
- Plan semanal o mensual de limpieza: Con especificaciones de qué, cuándo, dónde y quiénes.

Determinar las estrategias para realizar la limpieza

La limpieza debe ser realizada de manera rutinaria, dicha actividad debe estar supervisada periódicamente con el fin de asegurar el correcto funcionamiento de las herramientas y maquinarias para mantener los espacios de trabajo agradables. Esto debe desarrollarse bajo la siguiente manera:

- Tener artículos de limpieza y en suficientes cantidades.
- Establecer un procedimiento para la limpieza, con el fin de generar eficiencia al momento de realizarla.

Dicha labor debe estar indicada por los mismos trabajadores del área, en la cual se señala cómo se hace la limpieza adecuadamente, también, establece responsables con la capacidad de asumir posibles riesgos cuando se realizan las actividades de limpieza, y se toman medidas para evitar algún tipo de inconveniente de cualquier dimensión (por descuido o desconocimiento). Es muy importante que el procedimiento sea comprendido por el personal para su adecuado desarrollo.

- Elaborar un formato de supervisión de limpieza o *checklist*, además de ello, agregar un formato de mantenimiento de las herramientas, maquinaria e instrumentos críticos que demanden una verificación habitual de su estado.

Realizar la limpieza

Para el mantenimiento y conservación de los activos que tiene una empresa, es necesario construir un plan general que aumente la vida útil de dichos recursos, el cual puede ser desarrollado por medio de:

- Limpieza general de las áreas físicas: se comienza por los espacios de trabajo más críticos, después, los espacios restantes.
- Limpieza de artículos de trabajo, maquinarias y otros equipos.

De esta manera se asegura que la maquinaria no presente daños o averías y se logre incrementar la vida útil, mantener el estado óptimo y asegurar un rendimiento alto. Sólo en el caso que el trabajador esté capacitado sobre la reparación de la máquina, puede realizar el mantenimiento, ajuste y/o mejoras que lo ameriten, caso contrario, debe pedir apoyo al personal de mantenimiento o al supervisor. Para tener un buen control del mantenimiento de los activos se recomienda registrar los requerimientos de mantenimiento y llevar un registro de cómo se reparó la maquinaria más difícil, para que en otras situaciones que sean similares se realice de acuerdo con un instructivo establecido. Una medida de prevención debe designar alrededor de diez minutos diarios para la limpieza, al iniciar o finalizar las labores, con la finalidad de generar la práctica de prevención frente a alguna falla. También, se puede incluir cinco minutos adicionales en un tiempo determinado para verificar el mantenimiento de la limpieza a todo nivel.

Por ello, se gestionó con la empresa, planificar una vez al mes la realización de una limpieza general en todas las instalaciones de la empresa, donde se consideró a todos los colaboradores, desde la gerencia general hasta los niveles operativos. Antes de efectuar la limpieza del espacio de trabajo, el gerente general debe planear su ejecución, en el cual se consideran los siguientes puntos: la promoción y difusión de esta actividad para que todos los trabajadores de la empresa estén capacitados e informados sobre la importancia de efectuar esta actividad, adicional a ello, se debe preparar un cronograma y una agenda de trabajo especificando: fecha, horario, actividad y responsable. Las actividades para realizar son las siguientes:

- Eliminar elementos que no sean necesarios, solo en caso de que se hallen.
- Limpiar y/o lavar piso, techos, paredes, ventanas, áreas verdes y alrededores. Todo lo que incluya la zona delimitada a estudiar.
- Limpiar todas las herramientas de trabajo, máquinas y equipo segmentado.

La gerencia general debe asegurarse de realizar la coordinar y distribución de los artículos e insumos con las porciones necesarias para el día que se ejecute la limpieza,

además de ello, debe abastecer con implementos de seguridad (cascos, mascarillas, guantes, botas u otros), además, debe contar con depósitos de basura habilitados en zonas estratégicas, finalmente, debe asegurar los medios de transporte para eliminar los desperdicios y otras cosas que no sean necesarias.

Al finalizar el día, la gerencia general debe evaluar el trabajo ejecutado por el personal en las zonas de trabajo, a través de una verificación general, con el objetivo de conocer el avance. Así mismo, se recomendó a la empresa elaborar una política de incentivos para los trabajadores con la finalidad que realicen a gusto las actividades planificadas. Estos incentivos serían obsequios o reconocimientos que la empresa crea conveniente entregar por el esfuerzo y dedicación del operario en asumir las actividades encomendadas. Así mismo, a modo de retroalimentar a los demás sobre lo realizado, es muy importante que al finalizar el día se reúnan con la alta gerencia para analizar algunos puntos relevantes como: retrasos, opiniones o recomendaciones, experiencias, lecciones aprendidas, anécdotas u otras. La recomendación es que esta actividad sea realizada al menos una vez al mes.

Implementación de Seiketsu (estandarizar)

La estandarización o Seiketsu tiene como principal objetivo mantener lo que se ha logrado en las 3 primeras S. Para ello, el primer paso fue realizar una reunión entre el equipo de trabajo de las 5S y demás colaboradores de la empresa, donde se informó los resultados de los logros alcanzados respecto a las tres primeras S. Se presentó el avance de las tres primeras evaluaciones en el transcurso de la implementación de la metodología. (Ver tabla 17).

Tabla 17:
Nivel de cumplimiento de las 3S

Evaluación de las 3S	Nivel de cumplimiento de las 3S			
	Evaluación inicial	Evaluación 1	Evaluación 2	Evaluación 3
Seiri (clasificar)	10%	35%	55%	65%
Seiton (ordenar)	20%	35%	50%	55%
Seiso (limpieza)	20%	25%	45%	65%

Fuente: Elaboración propia

Leyenda:

Nivel de cumplimiento:

- Óptimo (>61%)
- Moderado (31% - 60%)
- Crítico (<=30%)

El principal objetivo de esta fase es el mantener los resultados alcanzados hasta el momento en la implementación de las tres primeras “S”. Esto se logró brindando las herramientas y retroalimentación necesarias a los trabajadores del área de producción. Para lo cual se realizaron una serie de capacitaciones en las cuales se dio a conocer las actividades y reglas que se implementaron como parte del programa y lo importante de su cumplimiento por parte de todo el personal. Estas actividades son las siguientes:

- Listado de zonas a limpiar.
- Definir método de limpieza a usar.
- Determine equipos y materiales de limpieza a usar.
- Hacer un listado de todas las actividades de limpieza, antes de preparar el programa de limpieza.
- Definir responsables de limpieza de zonas y a los colaboradores del área.
- Se deben programar jornadas de limpieza profunda, por lo menos una (1) vez al año y asignar un responsable para las actividades de limpieza.

Implementación de Shitsuke (disciplina)

El objetivo principal del Shitsuke es el del conservar lo logrado en las primeras 4 S y continuar ejecutándolas mediante la autodisciplina. En esta fase se establecen actividades que deben ejecutarse continuamente, estas son:

- Gestionar reuniones cortas para dialogar sobre temas relacionados al proceso.
- Luego de ejecutar alguna actividad, se debe dejar limpias las zonas de uso común.
- Otorgar premios a los colaboradores que lo ameriten.
- Colocar los productos, según su naturaleza, en los espacios establecidos.
- Desechar los elementos que no sean necesarios.
- Registrar las entradas y salidas de las existencias
- Respetar las políticas y normas instauradas en la empresa.
- Conservar las zonas de trabajo limpias y ordenadas.
- Capacitar y brindar conocimientos periódicamente.

Finalmente, se estableció una etapa post implementación llamada seguimiento y mejora de la implementación de las 5S, cuyo objetivo es reforzar y seguir con las actividades antes detalladas. Esta etapa consta en preparar un plan de seguimiento, el cual detalla las actividades que se realizarán para verificar y medir los resultados alcanzados después de la implementación, así como también, el grado de cumplimiento de las tareas realizadas por los trabajadores y la comparación entre los objetivos planificados y las acciones logradas. Este plan debe realizarse por el comité 5´S con el acompañamiento de la Gerencia.

También, el Comité 5´S con la participación de la Gerencia, debe realizar un sistema de evaluaciones mediante:

- Observaciones y/o inspecciones: Consiste en revisiones visuales que se realizan al recorrer de manera esporádicas las áreas en cuestión.
- Auditorías internas: Se ejecutan auditorías dentro de la empresa con el fin de evaluar el cumplimiento de cada s a través de un formato preestablecido.

Adicionalmente, se contemplan los resultados de las evaluaciones, los cuales, a través de reuniones se darán a conocer al personal para saber la actual situación de la empresa y finalmente, el plan de mejora que consta en perfeccionar los resultados conseguidos, evaluar otra vez la situación actual y definir posibles oportunidades de mejora, perfeccionar las actividades para mejorarlas de forma continua. De existir resultados no favorables, se deben encontrar las causas raíz de los problemas y tomar medidas correctivas en el acto.

Situación después (post-test)

Se observa que tras la implementación de las 5S se incrementó el nivel de cumplimiento de las 5S en el área de producción, dando como resultado un 81% de acuerdo con lo expresado por los operarios de la empresa. Este resultado indica que la empresa se encuentra en un nivel “óptimo” en cuanto a las actividades para fomentar e incrementar la organización, orden, limpieza, disciplina y estandarización en el área de producción. Como se observa en la tabla 18, la mejora de cada uno de los criterios de las 5S se realizó de forma progresiva, ya que esto dependió del involucramiento y disposición de los trabajadores.

Tabla 18:
Nivel de cumplimiento de las 5S

Evaluación 5S	Nivel de cumplimiento				
	Evaluación inicial	Evaluación 1	Evaluación 2	Evaluación 3	Evaluación 4
Seiri (Clasificar)	10%	35%	55%	65%	75%
Seiton (Ordenar)	20%	35%	50%	55%	85%
Seiso (Limpieza)	20%	25%	45%	65%	85%
Seiketsu (Estandarización)	15%	35%	50%	75%	80%
Shitsuke (Disciplina)	0%	20%	40%	75%	80%
Promedio	13%	22%	40%	62%	81%

Fuente: Elaboración propia.

Leyenda:

Nivel de cumplimiento:

- Óptimo (>61%)
- Moderado (31% - 60%)
- Crítico (<=30%)

Tras el resultado positivo de la implementación de las 5S, se vieron reflejados los siguientes resultados respecto al rendimiento laboral como en el aspecto general de la empresa. A continuación, se listan los resultados obtenidos:

- Se evidenció un aprovechamiento del espacio dentro del área de producción, debido a la organización, limpieza, señalización y la eliminación o reciclaje de elemento sin valor en los procesos.
- Se generó una reducción del tiempo total de producción. Esto debido a la eliminación de actividades que no generaban valor a la empresa, como los traslados innecesarios para la búsqueda de herramientas o materiales.
- Se evidenció un mayor compromiso de los colaboradores al mantener su ambiente de trabajo limpio. Esto fue reflejado en el cumplimiento de las tareas asignadas a la limpieza de los espacios de trabajo.
- Se mejoró las condiciones de trabajo de los colaboradores, esto se reflejó a través de las evaluaciones realizadas en donde participaron los colaboradores al finalizar el proyecto, obteniendo un resultado óptimo a comparación del resultado inicial.
- Se obtuvo un incremento del rendimiento laboral de los colaboradores. Esto se vio reflejado en el cálculo de la productividad al finalizar la implementación de las 5S. A continuación, se muestran los resultados del cálculo de productividad posterior a la implementación.

Tabla 19:
Resultados del cálculo de productividad pre-test y post-test

Semana	Fecha	Producción semanal pre-test	Producción semanal post-test
1	07-Jul	8	13
2	14-Jul	9	12
3	21-Jul	8	13
4	28-Jul	9	14
5	5-Ago	7	13
6	12-Ago	8	11
7	19-Ago	9	13
8	26-Ago	7	12
9	2-Set	8	13
10	9-Set	8	13
Promedio		8.1	12.7

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la tabla anterior, se pudo identificar un incremento de la productividad de 8.1 a 12.7 puertas producidas a la semana, esto quiere decir que hubo un aumento de producción de un 57%.

Objetivo específico 3: Implementar la metodología Kanban para mejorar el abastecimiento de materia prima.

Situación antes – (pre-test)

Hoy en día la empresa estructuras metálicas cornejo presenta demoras en el proceso de producción, lo que genera problemas transversales en la satisfacción del cliente debido a los retrasos en las entregas y en la reputación de la organización de cara a clasificaciones nacionales o internacionales, lo que le resta competitividad en un entorno complicado y con diversos competidores.

En el momento en el que los operarios se encuentran realizando sus actividades en el área de producción, sucede de manera frecuente que la materia prima que se necesita para poder realizar estas actividades se ha terminado, por lo que se genera un cuello de botella en el que el producto no puede continuar en el proceso de fabricación hasta que estos suministros se repongan, lo que evidentemente retrasa toda la cadena de producción. Por otro lado, también se pierde la concentración en el trabajo que se está realizando ya que los operarios se quedan en espera hasta tener los materiales

que se necesitan para realizar el ensamblaje y en algunos casos se genera un ambiente tenso por la urgencia de tener que comprar los materiales y el riesgo de no poder conseguir de manera inmediata la materia prima faltante. En estos casos se comunica al supervisor o jefe responsable en caso no haya materia prima para que se pueda realizar la compra de los suministros que se necesitan. Es hasta que se tienen los materiales que se puede continuar con el proceso de producción en la estación que carece de estos. La empresa no cuenta con almacenes intermedios o estantes entre estaciones donde se pueda tener visibilidad de la materia prima. El hecho de ser una empresa pequeña hace que no se tenga control de los inventarios, utilidades de valoración para comprender el costo económico de las existencias disponibles y capacidad de hacer seguimiento y gestionar compras con cuando sean necesarias, entre otras cosas, que luego se pueden traducir en pérdida de clientes en el portafolio de la empresa. Se comprende que una adecuada gestión de los materiales resulta muy beneficiosa para las empresas de este rubro y el Kanban es una excelente herramienta que puede ayudar a mejorar los problemas principales sin incurrir a altos costos como la implementación de un software ERP, que se planea tener cuando el presupuesto le de esta opción a la empresa en un futuro.

En la tabla 20 se observa el registro semanal de los tiempos de producción antes de la implementación de la metodología Kanban.

Muestra antes (pre-test)

Tabla 20:
Muestra pre-test de tiempo de producción

Semana	Tiempo de producción pre-test (horas)
1	10.4
2	11.9
3	11.2
4	10.7
5	11.4
6	10.9
7	10.6
8	11.5
9	11.7
10	12.2
Promedio	11.25

Fuente: Elaboración propia

Aplicación de teoría (variable independiente: Kanban)

Para la implementación de Kanban, se van a realizar las fases detalladas en la siguiente figura, donde se muestra la secuencia de aplicación de Kanban.

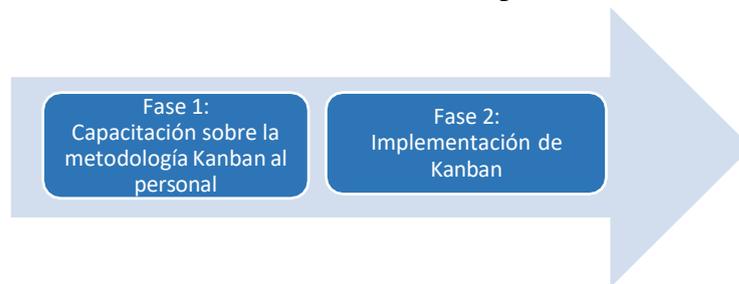


Figura 19: Diagrama de aplicación de fases de Kanban

Fuente: Elaboración propia

Fase 1: corresponde a la capacitación al personal sobre la metodología Kanban, principios y beneficios para mejorar el abastecimiento de materia prima en el área de producción.

Fase 2: Implementación de Kanban

Según lo visualizado en la tabla 21 el tiempo promedio de producción es de 11.25 horas, esto debido a no planificar la cantidad necesaria de materia prima para las órdenes de producción. Estas deficiencias originan tiempos prolongados de producción.

La producción dentro de la empresa se realiza en base al sistema *pull*, el cual determina la producción en base a pedidos. La implementación de la metodología Kanban tiene como propósito controlar la secuencia de los procesos, cantidad de materia prima a utilizar y asegurar que se cumpla las actividades para respaldar el proceso subsecuente, lo que asegurara que la producción se inicie y termine sin retrasos.

Como primer paso, se establecerá un formato para el Kanban de producción, ver tabla 21, las cuales estarán las fases en las que se encuentre la orden para cortar. La primera columna se denominará actividad pendiente donde estarán programadas las órdenes de corte y ensamble, en la segunda, las actividades en proceso que se divide en la sección “trabajando” cuando la orden de trabajo este en proceso y “proceso detenido” cuando el proceso haya sufrido algún percance que no permita que continúe y finalmente la columna de actividad finalizadas para todas las órdenes de trabajo que se hayan culminado.

Tabla 21:
Propuesta de implementación de tablero Kanban

Actividad pendiente	Actividad en proceso		Actividad finalizada
	Trabajando	Proceso detenido	

Fuente: Elaboración propia.

Las tarjetas dentro del tablero deben de tener la información de las especificaciones del prototipo presentado al cliente.

Tabla 22:
Propuesta de modelo para las tarjetas Kanban

TARJETA KANBAN	
Proceso:	
Modelo:	
Cantidad:	
Tipo de material:	
Fecha de entrega:	

Fuente: Elaboración propia

Estas tarjetas son elaboradas en base a los requerimientos del área de producción. Por otra parte, la producción suele detenerse debido a la falta de insumos, por lo que se implementa el Kanban del proveedor. Por lo cual, como primer paso se elaboró una lista con los insumos en base a la experiencia del dueño; se detalló el qué, cuánto y el tiempo de reposición de cada insumo.

Tabla 23:
Tabla de insumos Kanban

Insumos	Unidad	Cantidad por pedir	Periodos de compra	Tiempo de llegada
Perfiles tubulares de acero	Caja	10	1 semana	2 día
Bisagras tubulares	Caja	10	1 semana	1 día
Lámina galvanizada	Unidad	30	1 semana	1 día
Lámina negra calibre	Unidad	30	1 semana	1 día

Fuente: Elaboración propia.

En cada espacio de los insumos, se otorgarán las tarjetas Kanban para que un colaborador encargado (supervisor de operaciones) pueda tener la información necesaria para reabastecer los insumos rotativos y no tener problemas en el abastecimiento. Esto contribuirá a percatarse que los insumos se están agotando y puedan tomar las acciones correspondientes y no incurra a un quiebre en la producción. Se propone la implementación de las siguientes tarjetas Kanban del proveedor con la siguiente información que permitirá contactarse y realizar el abastecimiento en un tiempo adecuado de los insumos (ver figura 19).

TARJETA KANBAN PROVEEDOR	
Materia prima / Materiales / Insumos	
Marca	
Aplicación	
Cantidad por pedir	
Proveedor	
Nombre del proveedor:	
Teléfono de contacto:	
Precio	

Figura 20: Tarjeta Kanban proveedor
Fuente: Elaboración propia

Situación después – (post-test)

Luego de la implementación de la metodología Kanban, el área de producción ha logrado mejorar el suministro de materia prima, lo que hace que ya no falte materiales necesarios para fabricar el producto y que como consecuencia reduce en gran medida el tiempo de producción de los productos que más se venden y asegura la confiabilidad entre la empresa y los clientes al ser una gran opción a futuros pedidos. Asimismo, se ha reducido el tiempo y correcto traslado de materiales hacia la zona de ensamble, ya que anteriormente no se tenía establecido la cantidad de materiales que se necesitaría para la elaboración de puertas de acuerdo con lo solicitado por el cliente, por lo que conllevó a que se incremente el tiempo de producción,

ocasionando a que los mismos operarios del área realicen el traslado a falta de disponibilidad. Sin embargo, con la herramienta Kanban, cada material estará identificado a lo largo del proceso, lo cual permitirá que en el momento de requerirse uno, el operario reconozca inmediatamente el tipo de material que requiere el puesto de ensamble. De la toma de tiempos para la simulación del uso del Kanban, se observó que el tiempo promedio de producción semanal fue de 54.06 minutos, mientras que, sin usar Kanban, el tiempo promedio registrado fue de 67.5 minutos, lo cual muestra una reducción del 25% en el tiempo de producción.

Por otro lado, los operarios solían guardar las puertas producidas en cualquier lugar del puesto de trabajo, no existe un lugar específico en el área y la información del área de producción era suministrada al proceso de armado de manera verbal, lo cual generaba especulaciones y errores en la comunicación que condujeron a la presencia de descoordinaciones y demoras en el proceso de entrega. Tras la implementación de Kanban la información de las características del producto a fabricar se comunicará a través de las tarjetas Kanban y llegarán al área de ensamble a fin llevar la información exacta de la referencia de los productos a producir sin tener que esperar la comunicación verbal del proceso subsecuente que es el pase de raíz.

Así mismo, se ha alcanzado tiempos más reducidos de entrega, lo que hace que se pueda utilizar el tiempo restante en tareas de gestión, como la planificación de actividades para la siguiente semana y en algunos casos el control de calidad de los productos que se tienen en el almacén o mejora del acabado.

Por otro lado, se ha mejorado el clima laboral al evitar situaciones de estrés ocasionadas anteriormente por la necesidad de la compra urgente de materiales, lo que contribuye a que los operarios se desempeñen de una manera más eficaz y eficiente y puedan organizar su puesto de trabajo para eliminar actividades que no generaban valor.

En la tabla 24 se observa el registro de tiempos de producción después de la implementación de la metodología Kanban, considerando una muestra de 14 productos.

Tabla 24:
Muestra (post-test) de tiempos de producción

Semana	Tiempo de producción post-test (horas)
1	8.5
2	9.2
3	8.7
4	9.1
5	9.3
6	8.9
7	8.6
8	9.1
9	9.5
10	9.2

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, a manera de resumen se presentan los resultados obtenidos luego de haber implementado la metodología de Lean Manufacturing. Esto se ve reflejado en las hipótesis planteadas de la presente investigación.

Resumen de resultados

Tabla 26:
Resumen de resultados

Hipótesis	Variable Independiente	Dimensión	Indicador	Pre-test	Post-test	Variación	Diferencia
Si se implementa el mantenimiento planificado entonces se reducirán las fallas en los equipos del área de producción.	Mantenimiento planificado	fallas en los equipos	Nro. De fallas mensuales	6.7	0.8	-5.9	Disminuyó en un 88%
Si se implementa la metodología 5S entonces mejorará el rendimiento laboral en el área de producción.	Metodología 5s	Rendimiento laboral	Producción semanal	8.1	12.7	4.6	Aumento en un 57%
Si se implementa la metodología Kanban entonces se mejorará el abastecimiento de materiales.	Kanban	Abastecimiento de materiales	Tiempo total de producción	11.3	9.01	-2.2	Disminuyó en un 20%

Fuente: Elaboración propia

5.2 Análisis de resultados

Generalidades

En esta sección se presentan los planteamientos y los resultados de las pruebas de normalidad y de las pruebas de hipótesis de esta investigación, donde se expone el detalle de la información levantada de las muestras en situación pre test y en situación post test, de manera que se pueda comprobar y verificar el contraste de las muestras, a través del análisis de la estadística inferencial planteadas en la investigación para cada una de las hipótesis específicas.

Para todos los resultados de las pruebas se ha utilizado el software estadístico SPSS versión 26.

Prueba de normalidad

Para las tres dimensiones se ha trabajado con la misma regla.

Si es mayor a 0.5 es una prueba paramétrica, si es menor no paramétrica.

Para las pruebas de normalidad se plantean las siguientes hipótesis:

H0: Hipótesis Nula – Los datos de la muestra, SI siguen una distribución normal

H1: Hipótesis Alterna – Los datos de la muestra, NO siguen una distribución normal

Nivel de significancia: Sig. = 0.05

Regla de decisión:

Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor mayor o igual al 5,00% (Sig. \geq 0,05), entonces, se acepta la hipótesis nula (H0)

Por lo tanto, los datos de la muestra, SI siguen una distribución normal.

Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor menor al 5,00% (Sig. $<$ 0,05), entonces, se acepta la hipótesis alterna (H1)

Por lo tanto, los datos de la muestra NO siguen una distribución normal.

Prueba de hipótesis

Para la contrastación de hipótesis se plantea la siguiente validez de la hipótesis:

H0: Hipótesis Nula – NO existe diferencia estadística significativa entre la muestra Pre-Test y la muestra Post Tes

H1: Hipótesis Alterna – SI existe diferencia estadística significativa entre la muestra Pre-Test y la muestra Post Test.

Nivel de significancia: Sig. = 0.05

Regla de decisión:

Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor mayor o igual al 5,00% (Sig. \geq 0,05), entonces, se acepta la hipótesis nula (H0), o lo que es lo mismo, se rechaza la hipótesis del investigador.

Por lo tanto: NO se aplica la Variable Independiente (Variable Teórica) del investigador

Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor menor al 5,00% (Sig. $<$ 0,05), entonces, se acepta la hipótesis alterna (H1), o lo que es lo mismo, se acepta la hipótesis del investigador.

Por lo tanto: SI se aplica la Variable Independiente (Variable Teórica) del investigador.

Primera hipótesis específica: Si se implementa el mantenimiento planificado entonces se reducirán las fallas en los equipos del área de producción.

Pruebas de normalidad.

Muestra pre-test y post-test:

De acuerdo con lo descrito en el punto 4.3 la muestra comprende a los equipos que incurrir en fallas a lo largo del proceso de producción, conformada por 10 equipos. En la tabla 27, se pueden apreciar las fallas en los equipos en la planta de producción antes de implementar el mantenimiento planificado y las fallas en los equipos después de la implementación del mantenimiento planificado.

Tabla 27:
Muestra pre-test y post-test de fallas en los equipos

Fallas en los equipos		
Semana	Muestra Pre Test	Muestra Post Test
1	6	1
2	8	0
3	8	0
4	7	2
5	6	1
6	7	1
7	8	0
8	8	1
9	5	1
10	4	1

Fuente: Elaboración propia

Prueba paramétrica pre-test y post-test

En el cuadro de resumen de procesamiento de casos, obtenido mediante el software IBM SPSS Versión 26, se observa que los datos a procesar fueron las fallas en los equipos por diez semanas antes de implementar el mantenimiento planificado y las fallas en los equipos después de la implementación del mantenimiento planificado, el porcentaje de datos válidos fue del 100% tanto para las fallas en los equipos pre y post, el porcentaje de casos perdidos fue de 0% dando un total de casos del 100%. (Ver tabla 25).

Tabla 25:
Resumen de procesamiento de casos

Resumen de procesamiento de casos						
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Muestra Pre Test	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%
Muestra Post Test	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%

Fuente: SPSS

Estadísticos descriptivos

En la tabla 26, se muestra los datos estadísticos descriptivos de las muestras pre-test y post-test de las fallas en los equipos en la planta, como son la media, la mediana y la varianza obtenidos a través del software SPSS versión 26.

Tabla 26:
Estadísticos descriptivos de las muestras pre-test y post-test

Descriptivos			
		Estadístico	Error estándar
Muestra Pre Test	Media	6,70	,448
	Mediana	7,00	
	Varianza	2,011	
	Desviación estándar	1,418	
Muestra Post Test	Media	,80	,200
	Mediana	1,00	
	Varianza	,400	
	Desviación estándar	,632	

Fuente: SPSS.

- Muestra pre-test:
 - Media: 6,70
 - Mediana: 7,00
 - Varianza: 2,011
 - Desviación estándar: 1,418
- Muestra post-test:
 - Media: 0,80
 - Mediana: 1,00
 - Varianza: 0,400
 - Desviación estándar: 0,632

Prueba de normalidad

Los datos que se utilizaron para realizar la prueba de normalidad fueron las fallas en los equipos durante diez semanas antes de implementar el mantenimiento planificado y las fallas en los equipos durante diez semanas después de implementar el mantenimiento planificado, al ser el total de datos una cantidad menor a 50 se decide realizar la prueba de normalidad mediante el test de Shapiro-Wilk. (Ver tabla 30).

Tabla 30:
Pruebas de normalidad

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Muestra Pre Test	,220	10	,185	,865	10	,087
Muestra Post Test	,324	10	,004	,794	10	,012

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: SPSS

De acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk se puede determinar que:

- Para las muestras pre-test y post-test de la producción semanal en el presente estudio, los valores de la Sig son: 0.087 y 0.12, respectivamente
- El valor de la significancia de la muestra pre-test es mayor que el valor de 0,05, de modo que, se acepta la Hipótesis Nula, con lo cual se concluye que los datos de la muestra pre-test SI provienen de una distribución normal.

- El valor de la significancia de la muestra Post Test es menor que el valor 0,05, de modo que, se acepta la Hipótesis Alterna, con lo cual se concluye que los datos de la muestra post-test NO provienen de una distribución normal.

Prueba de Hipótesis

H0: Si se implementa el mantenimiento planificado entonces NO se reducirán las fallas en los equipos del área de producción.

H1: Si se implementa el mantenimiento planificado entonces se reducirán las fallas en los equipos del área de producción.

Prueba de significancia

Dado que los datos son de naturaleza numérica; de muestras relacionadas o emparejadas, debido a que si son el mismo grupo de análisis para la muestra pre-test y post-test; y que además, la muestra Pre Test proviene de una distribución normal, pero, la muestra Post Test no proviene de una distribución normal, se determinó utilizar la prueba de Wilcoxon, la cual es una prueba de hipótesis que permite evaluar si en los resultados hay diferencia estadística de manera significativa respecto a sus medianas.

Prueba no paramétrica de Wilcoxon

En el resumen de contraste de hipótesis, ver tabla 31, se observa en la prueba de Wilcoxon de muestras relacionadas, que la Sig es 0.005, lo cual es menor que 0.05, por lo tanto, se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1)

Tabla 31:
Resumen de contrastes de hipótesis

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig. ^{a,b}	Decisión
1	La mediana de diferencias entre Muestra Pre Test y Muestra Post Test es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	.005	Rechace la hipótesis nula.
a. El nivel de significación es de ,050.				
b. Se muestra la significancia asintótica.				

Fuente: SPSS

De acuerdo con el resultado mostrado, se observa que, las fallas en los equipos antes de la implementación del mantenimiento planificado muestran una diferencia estadística significativa respecto a las fallas en los equipos después de la implementación del mantenimiento planificado.

Con lo cual, para este contraste de muestras acepta la hipótesis alterna o lo que es lo mismo, la hipótesis del investigador:

H1: Si se implementa el mantenimiento planificado entonces se reducirán las fallas en los equipos del área de producción.

Por todo lo antes expuesto, se evidencia claramente que la implementación del mantenimiento planificado tuvo un efecto positivo y significativo en la reducción de las fallas en los equipos en el área de producción.

Segunda hipótesis específica: Si se implementa la metodología 5S entonces mejorará el rendimiento laboral en el área de producción.

Pruebas de normalidad

Muestra pre-test y post-test:

De acuerdo con lo descrito en el punto 4.3 la muestra comprende a los trabajadores del área de producción, conformada por 10 trabajadores.

En la tabla 32, se pueden apreciar las unidades producidas por semana en la planta de producción antes de implementar la metodología 5S y las unidades producidas después de la implementación de la metodología 5S.

Tabla 32:
Muestra pre-test y post-test de producción semanal

Producción semanal		
Semana	Muestra Pre Test	Muestra Post Test
1	8	13
2	9	12
3	8	13
4	9	14
5	7	13
6	8	11
7	9	13
8	7	12
9	8	13
10	8	13

Fuente: Elaboración propia

Prueba paramétrica pre-test y post-test

En el cuadro de resumen de procesamiento de casos, obtenido mediante el software IBM SPSS versión 26, se observa que los datos a procesar fueron la producción semanal por diez semanas antes de implementar la metodología 5S y la producción semanal por diez semanas después de la implementación de la metodología 5S, el porcentaje de datos válidos fue del 100% tanto para las unidades producidas pre y post, el porcentaje de casos perdidos fue de 0% dando un total de casos del 100%. (Ver tabla 33).

Tabla 33:
Resumen de procesamiento de casos

Resumen de procesamiento de casos						
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Producción Pre Test	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%
Producción Post Test	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%

Fuente: SPSS

Estadísticos descriptivos

En la tabla 34, se muestra los datos estadísticos descriptivos de las muestras pre-test y post-test de la producción semanal en la planta, como son la media, la mediana y la varianza obtenidos a través del software SPSS versión 26 .

Tabla 34:
Estadísticos descriptivos de las muestras pre-test y post-test

Descriptivos			
		Estadístico	Error estándar
Muestra Pre Test	Media	8,10	,233
	Mediana	8,00	
	Varianza	,544	
	Desviación estándar	,738	
Muestra Post Test	Media	12,70	,260
	Mediana	13,00	
	Varianza	,678	
	Desviación estándar	,823	

Fuente: SPSS.

- Muestra pre-test:
 - Media: 8,10
 - Mediana: 8,00
 - Varianza: 0,544
 - Desviación estándar: 0,738

- Muestra post-test:
 - Media: 12,70
 - Mediana: 13,00
 - Varianza: 0,678
 - Desviación estándar: 0,823

Prueba de normalidad

Los datos que se utilizaron para realizar la prueba de normalidad fueron la producción semanal durante diez semanas antes de implementar la metodología 5S y la producción semanal durante diez semanas después de implementar la metodología 5S, al ser el total de datos una cantidad menor a 50 se decide realizar la prueba de normalidad mediante el test de Shapiro-Wilk. (Ver tabla 35).

Tabla 35:
Pruebas de normalidad

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Muestra Pre Test	,254	10	,067	,833	10	,036
Muestra Post Test	,342	10	,002	,841	10	,045
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: SPSS

De acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk se puede determinar que:

- Para las muestras pre-test y post-test de la producción semanal en el presente estudio, los valores de la Sig son: 0,036 y 0,045 respectivamente.

- El valor de la significancia de la muestra pre-test es mayor que el valor de 0,05, de modo que, se acepta la Hipótesis Nula, con lo cual se concluye que los datos de la muestra pre-test SI provienen de una distribución normal.
- El valor de la significancia de la muestra post-test es mayor que el valor 0,05, de modo que, se acepta la Hipótesis Nula, con lo cual se concluye que los datos de la muestra Post Test SI provienen de una distribución normal.

Prueba de hipótesis

H0: Si se implementa la metodología 5S entonces NO mejorará el rendimiento laboral en el área de producción.

H1: Si se implementa la metodología 5S entonces mejorará el rendimiento laboral en el área de producción.

Prueba de significancia

Dado que los datos son de naturaleza numérica; de muestras relacionadas o emparejadas, debido a que si son el mismo grupo de análisis para la muestra pre-test y post-test; y que además, la muestra pre-test y post-test provienen de una distribución normal, se determinó utilizar la prueba de Wilcoxon, la cual es una prueba de hipótesis que permite evaluar si en los resultados hay diferencia estadística de manera significativa respecto a sus medianas.

Prueba no paramétrica de Wilcoxon

En el resumen de contraste de hipótesis, ver tabla 36, se observa en la prueba de Wilcoxon de muestras relacionadas, que la Sig es 0.004, lo cual es menor que 0.05, por lo tanto, se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1).

Tabla 36:
Resumen de contrastes de hipótesis

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig. ^{a,b}	Decisión
1	La mediana de diferencias entre Muestra Pre Test y Muestra Post Test es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	.004	Rechace la hipótesis nula.
a. El nivel de significación es de ,050.				
b. Se muestra la significancia asintótica.				

Fuente: SPSS

De acuerdo con el resultado mostrado, se observa que, la producción semanal antes de la implementación de la metodología 5S muestra una diferencia estadística significativa respecto a la producción semanal después de la implementación de la metodología 5S.

Con lo cual, para este contraste de muestras acepta la hipótesis alterna o lo que es lo mismo, la hipótesis del investigador:

H1: Si se implementa la metodología 5S entonces mejorará el rendimiento laboral en el área de producción.

Por todo lo antes expuesto, se evidencia claramente que la implementación de la metodología 5S tuvo un efecto positivo y significativo en la mejora del rendimiento laboral en el área de producción.

Tercera hipótesis específica: Si se implementa la metodología Kanban entonces se mejorará el abastecimiento de materia prima.

Pruebas de Normalidad

Muestra pre-test y post-test:

De acuerdo con lo descrito en el punto 4.3 la muestra comprende a los productos que generan el 80% de los ingresos, el cual está conformada por 5 productos.

Consta de un total de 10 datos referidos al tiempo de producción, en la muestra antes (pre-test) y en la muestra después (post-test), después de aplicar la variable independiente en la investigación para esta tercera hipótesis específica. (Ver tabla 37).

Tabla 37:
Muestra pre-test y post-test de tiempo de producción

Tiempo de producción		
Semana	Muestra Pre Test	Muestra Post Test
1	10.4	8.5
2	11.9	9.2
3	11.2	8.7
4	10.7	9.1
5	11.4	9.3
6	10.9	8.9
7	10.6	8.6
8	11.5	9.1
9	11.7	9.5
10	12.2	9.2

Fuente: Elaboración propia.

Prueba pre-test y post-test

En el cuadro de resumen de procesamiento de casos, obtenido mediante el software IBM SPSS versión 26, se verifica que, del total de 10 muestras procesadas, el 100% han sido validadas, por lo cual, no hubo ningún dato perdido. (Ver tabla 38).

Tabla 38:

Resumen de procesamiento de datos – tiempo de producción muestras pre-test y post-test

Resumen de procesamiento de casos						
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Tiempo Pre Test	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%
Tiempo Post Test	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%

Fuente: SPSS.

Estadísticos descriptivos

Con los estadísticos descriptivos se puede contar con un resumen conciso de los datos para poder analizarlos por tendencia central o por dispersión. (Ver tabla 39).

Tabla 39:

Estadísticas de grupo – muestras pre-test y post- test

Descriptivos			
		Estadístico	Error estándar
Muestra Pre Test	Media	11,250	,1881
	Mediana	11,300	
	Varianza	,354	
	Desviación estándar	,5949	
Muestra Post Test	Media	9,010	,1027
	Mediana	9,100	
	Varianza	,105	
	Desviación estándar	,3247	

Fuente: SPSS.

De la tabla 39, se puede ver que se ha obtenido las medidas de tendencia central, así como, como medidas de dispersión, para las muestras pre-test y post-test.

- Muestra pre-test:
- Media: 11,250
- Mediana: 11,300

- Varianza: 0,354
 - Desviación estándar: 0,5949
- Muestra post-test:
- Media: 9,010
 - Mediana: 9,100
 - Varianza: 0,105
 - Desviación estándar: 0,3247

Prueba de normalidad

Por la cantidad de datos (10 datos) en pre-test y post-test respectivamente, las muestras son sometidas a la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk a través programa software IBM SPSS versión 26, a fin de verificar si la distribución es normal, por lo cual, si es paramétrica. (Ver tabla 40).

Tabla 40:
Pruebas de normalidad para tiempo de producción de las muestras pre-test y post-test

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo Pre Test	,122	10	,200*	,969	10	,877
Tiempo Post Test	,209	10	,200*	,947	10	,633
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: SPSS.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk se puede determinar que:

- Para las muestras pre-test y post-test del tiempo de producción, los valores de la Sig. son: 0.877 y 0.633 respectivamente
- Estos valores son mayores que el valor de la significancia 0,05, de modo que, se acepta la Hipótesis Nula, con lo cual se concluye que los datos de la muestra pre-test y post-test provienen de una distribución normal.

Prueba de hipótesis

H0: Si se implementa la metodología Kanban entonces NO se mejorará el abastecimiento de materia prima.

H1: Si se implementa la metodología Kanban entonces se mejorará el abastecimiento de materia prima.

Prueba de significancia

Dado que los datos son de naturaleza numérica; de muestras relacionadas, debido a que es el mismo grupo de análisis para la muestra pre-test y post-test; y que además, ambas muestras provienen de una distribución normal, se determinó utilizar la Prueba de T de Student de muestra emparejadas, la cual es una prueba de hipótesis que permite evaluar si en los resultados hay diferencia estadística de manera significativa respecto a sus medias.

T de Student de Muestras emparejadas

Para la prueba de T de Student de muestras emparejadas se tiene:

- Estadísticas de muestras emparejadas
- Correlaciones de muestras emparejadas
- Prueba de hipótesis de T de Student de muestras emparejadas

En las estadísticas de muestras emparejadas, se observa que, respecto a la media, la muestra pretest tiene un valor de 11,25 y la muestra post test de 9,010. Respecto a la desv. desviación, la muestra pre test tiene un valor de 0,5949 y la muestra post test de 0,3247. Respecto a la desv. error promedio, la muestra pre test tiene un valor de 0,1881 y la muestra post test de 0,1027. (Ver tabla 41).

Tabla 41:
Estadísticas de muestras emparejadas para el tiempo de producción

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Muestra Pre Test	11,250	10	,5949	,1881
	Muestra Post Test	9,010	10	,3247	,1027

Fuente: SPSS.

En las correlaciones de muestras emparejadas, se observa que el valor de la correlación de las muestras emparejadas toma un valor positivo de 0,745 y una significancia de 0,013. (Ver tabla 42).

Tabla 42:
Correlaciones de muestras emparejadas para tiempo de producción

Correlaciones de muestras emparejadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	Muestra Pre Test & Muestra Post Test	10	,745	,013

Fuente: SPSS.

En la prueba de hipótesis de T de Student de muestras emparejadas (ver tabla 43), se observa que la significancia Sig es de 0,000, lo cual es menor que 0,05, por lo tanto, se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1).

Tabla 43:
Prueba de hipótesis de T de Student de muestras emparejadas para tiempo de producción

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desvia ción	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Tiempo Pre Test - Tiempo Post Test	2,2400	,4142	,1310	1,9437	2,5363	17,102	9	,000

Fuente: SPSS

Dado que la significancia es igual a 0.000, menor que 0,05 y respetando el criterio de evaluación, se rechazó la hipótesis nula H0 y se aceptó la hipótesis alterna H1, afirmando que existe una diferencia estadística significativa entre el tiempo de producción pre test y post test respectivamente.

Por lo tanto, se llegó a concluir que: Si se implementa la metodología Kanban entonces se mejorará el abastecimiento de materia prima.

Con lo cual, además, de todo lo antes expuesto se evidencia claramente que la implementación de la metodología Kanban (variable independiente), tuvo un efecto positivo y significativo en la reducción del tiempo de producción (variable dependiente).

Finalmente, a manera de resumen se presentan los resultados obtenidos luego de haber implementado la metodología de Lean Manufacturing. Esto se ve reflejado en las hipótesis planteadas de la presente investigación.

Resumen de resultados

Tabla 44:
Resumen de resultados

Hipótesis	Variable Independiente	Dimensión	Indicador	Pre-test	Post-test	Variación	Diferencia
Si se implementa el mantenimiento planificado entonces se reducirán las fallas en los equipos del área de producción.	Mantenimiento planificado	fallas en los equipos	Nro. De fallas semanales	6.7	0.8	-5.9	Disminuyó en un 88%
Si se implementa la metodología 5S entonces mejorará el rendimiento laboral en el área de producción.	Metodología 5s	Rendimiento laboral	Producción semanal	8.1	12.7	4.6	Aumento en un 57%
Si se implementa la metodología Kanban entonces se mejorará el abastecimiento de materiales.	Kanban	Abastecimiento de materiales	Tiempo total de producción	11.3	9.01	-2.2	Disminuyó en un 20%

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

1. Se demostró que tras aplicar el pilar de mantenimiento planificado se redujo la cantidad de fallas en los equipos del área de producción, cumpliendo con el primer objetivo específico, logrando una mejora del 88%, de 6.7 fallas semanales a 0.8 fallas semanales.
2. Se comprobó que tras aplicar la metodología 5S se incrementó la producción semanal, cumpliendo con el segundo objetivo específico, logrando una mejora del 57%, de 8.1 productos fabricados por semana a 12.7 productos fabricados por semana.
3. Se evidenció que tras aplicar la metodología Kanban se mejoró el suministro de materiales, cumpliendo con el tercer objetivo específico, logrando una mejora del 24%, de 11.25 horas de fabricación por producto a 9.01 horas de fabricación por producto.
4. Se demostró que tras aplicar la metodología Lean Manufacturing se incrementó la productividad en una empresa del sector metalmecánico, cumpliendo con el objetivo general.

RECOMENDACIONES

1. Verificar de manera periódica el cumplimiento de las tareas de mantenimiento entre los trabajadores y el departamento de Operaciones y tener una lista de proveedores homologados en caso surjan desperfectos de naturaleza desconocida.
2. Establecer reuniones quincenales en el departamento de Operaciones para levantar las principales dificultades durante el proceso de fabricación y los aprendizajes, a fin de inculcar poco a poco una cultura de mejora continua.
3. Colocar afiches visibles de buenas prácticas durante el proceso de producción, para que no se generen desperdicios y actividades de transporte, movimiento y espera, que no generan valor en la cadena de producción.
4. Fomentar que las demás empresas del rubro adopten por lo menos una técnica del Lean Manufacturing para mejorar su productividad y por ende incrementar la competitividad del país.
5. Proseguir desarrollando investigaciones orientadas a conocer las diferentes variables que implican el incremento de la productividad en los diversos sectores empresariales del Perú.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ángeles, M. (2018). *Lean Manufacturing para incrementar la productividad en el proceso de cross docking de un cliente retail*. Lima: Universidad Ricardo Palma. Obtenido de <https://repositorio.urp.edu.pe/>.
- Arias, E. (2021). *Investigación aplicada*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/investigación-aplicada.html>
- Arias, F. (2012). *El proyecto de Investigación*. Caracas: Episteme.
- Barba, D. (2019). *Propuesta de implementación de las herramientas Lean para la reducción de desperdicios en el BBVA*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Blanco, J. (2018). *Pilar “Mantenimiento de la Calidad” TPM*. Obtenido de <https://www.casasauza.com/procesos-tequila-sauza/pilar-mantenimiento-calidad-tpm>.
- Bonilla, E. (2012). *La importancia de la productividad como componente de la competitividad*. Bogotá: Fundación Universidad de América.
- Bono, R. (2012). *Diseños cuasi-experimentales y longitudinales*. Barcelona: Universidad de Barcelona.
- Buzón, J. (2019). *Lean Manufacturing*. Málaga: Elearning S.L.
- Caba, N. &. (2011). *Gestión de la producción y Operaciones*. Barranquilla: Corporación para la Gestión del Conocimiento Asesores del 2000.
- Caballero, F. (2015). *Materia prima*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/materia-prima.html#referencia>.
- Calle, J. (2020). *Los 8 pilares del TPM*. Obtenido de <https://bsginstitute.com/bs-campus/blog/los-8-pilares-del-tpm-1134>.
- Carro, R. &. (2012). *Productividad y Competitividad*. Buenos Aires: Universidad Nacional del Mar de Plata.
- Del Bosque, C. (2014). *Implementación de Lean Manufacturing y su impacto en los equipos operativos de una mediana empresa de manufactura*. Monterrey: Instituto Tecnológico y Estudios Superiores de Monterrey.
- Díaz, B. &. (2007). *Disposición de planta*. Lima: Fondo Editorial.
- Dulzaides, M. (2004). *Análisis documental y de información: dos componentes de un mismo proceso*. Obtenido de *Análisis documental y de información: dos*

componentes de un mismo proceso:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352004000200011

- Durán, Y. (2012). *Administración del inventario: elemento clave para la optimización de las utilidades en las empresas*. Mérida: Visión General.
- Figueroa, K. &. (2019). *Mejora en la fabricación y montaje de líneas criogénicas aplicando la herramienta Lean Manufacturing para reducir los tiempos de instalación de tuberías*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Giannasi, E. (2013). *Desperdicios en la producción*. Buenos aires: Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
- González, F. (2007). Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing). Principales Herramientas. *Revista Panorama Administrativo*, 85-112.
- Gutiérrez, H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. McGraw Hill: México D.F.
- Hernández, J. &. (2013). *Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Escuela de Organización Industrial.
- Hirano, H. (1997). *5S para todos: 5 pilares de la fábrica*. Madrid: TGP Hoshin.
- Lazala, N. (2011). *Lean manufacturing y sus herramientas*. Obtenido de <https://www.eoi.es/blogs/nayellymercedeslazala/2011/12/18/lean-manufacturing-y-sus-herramientas/>.
- Lefcovich, M. (2005). *Gestión total de la productividad*. Córdoba: El Cid Editor.
- Mancuzo, G. (2020). *Mantenimiento Planificado: Guía para su Aplicación*. Obtenido de <https://blog.comparasoftware.com/mantenimiento-planificado/>
- Manzano, M. y. (2016). *Lean Manufacturing : implantación 5S. 3C Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme*. Obtenido de <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2016/12/ART-2-1.pdf>
- Marc, R. (2017). *Los ocho pilares del TPM*. Obtenido de <https://blog.kriptongroup.com/los-ocho-pilares-del-tpm/>
- Martínez, J. (2020). *La productividad y su importancia*. Obtenido de <http://www.econosublime.com/2019/04/que-es-productividad-importancia.html>
- Mendez, A. (2019). *Implementación de las 5'S en una empresa*. Obtenido de <https://www.plandemejora.com/implementacion-de-la-metodologiade-las-5s-en-una-empresa/>
- Mendez, C. (2009). *Diseño y desarrollo del proceso de investigación con énfasis en ciencias empresariales*. Mexico D.F.: Editorial Limusa.

- Mendoza, P. &. (2019). *Mejora de la productividad de una empresa envasadora de GLP en herramientas de Lean Manufacturing*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Morales, C. &. (2014). *La medición de la productividad del valor agregado: una aplicación empírica en una cooperativa agroalimentaria de Costa Rica*. San José: TEC Empresarial.
- Muñoz, K. (2017). *Implementación de herramientas de Lean Manufacturing en el área*. Puerto Montt: Universidad Austral de Chile.
- Nieto, P. (2019). *Lean Manufacturing: Revisión histórica*. Obtenido de <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/37752>.
- Orellana, D. y. (2006). Técnicas de recolección de datos en entornos virtuales más usadas en la investigación cualitativa. *Revista de Investigación Educativa*, 222.
- Padilla, L. (2010). Lean Manufacturing. *Ingeniería Primero*, 64-69.
- Prokopenko, J. (1989). La Gestión de la Productividad. *Organización Internacional del Trabajo*. , Ginebra.
- Rajadell, M. &. (2010). *Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad*. Madrid: Ediciones Diaz de Santos.
- Reichel, L. (2010). *Propuesta de Limpieza y Organización de "Tienda 150"*. Phoenix: Editorial Graphos America.
- Rodriguez, F. (2009). *Lecturas de Ingeniería 6 "la manufactura esbelta"*. Obtenido de http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m4/manufactura%20esbelta.pdf
- Romero, A. (2015). *Ventajas del Lean Manufacturing*. Obtenido de <http://www.angelantonioromero.com/ventajas-del-lean-manufacturing/>
- Salazar, B. (2019). *Mantenimiento Productivo Total (TPM)*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>
- Sampieri, R. (2018). *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGraw Hill. Sascó,
- S. (2019). *Análisis y propuesta de mejora aplicando herramientas de Lean Manufacturing en la línea de acabados de la construcción en una empresa fabricante de productos plásticos*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Serrano, C. (2001). *Los beneficios del aumento de la productividad en una empresa*. Obtenido de <https://www.plastico.com/temas/Los-beneficios-del-aumento-de-productividad-en-una-empresa+3005080>.

- Serrano, J. (2020). *¿Cuáles son las herramientas de Lean Manufacturing?* Obtenido de <https://sixphere.com/blog/herramientas-lean-manufacturing/>
- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing Paso a Paso*. Barcelona: ICG Marge.
- Sourget, L. (2019). *Los 8 pilares del TPM*. Obtenido de <https://mobility-work.com/es/blog/mantenimiento-autonomo-6-pasos/>
- Summers, C. (2006). *Administración de la Calidad*. Mexico D.F.: Pearson Educación.
- Suzuki, T. (1996). *TPM en industria del proceso*. Tokio: Japan Institute of Plant Maintenance.
- Torres, M. (2019). *Métodos de recolección de datos para una investigación*. Obtenido de <http://148.202.167.116:8080/jspui/bitstream/123456789/2817/1/M%c3%a9todos%20de%20recolecci%c3%b3n%20de%20datos%20para%20una%20investigaci%c3%b3n.pdf>
- Touron, J. (2016). *Lean manufacturing: definición, origen y evolución*. Obtenido de <https://www.sistemasoe.com/lean-manufacturing/>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable independiente	Indicador VI	Variable dependiente	Indicador VD
¿Cómo incrementar la productividad mediante la implementación de Lean Manufacturing en la empresa estructuras metálicas Cornejo E.I.R.L.?	Implementar Lean Manufacturing para incrementar la productividad en la empresa estructuras metálicas Cornejo E.I.R.L.	Si se implementa Lean Manufacturing entonces se incrementará la productividad en la empresa estructuras metálicas Cornejo E.I.R.L.	Lean Manufacturing	-	Productividad	-
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Dimensiones	Indicador VI	Dimensiones	Indicador VD
¿Cómo reducir las fallas en los equipos mediante la implementación del Mantenimiento Planificado del área de producción?	Implementar el mantenimiento planificado para reducir las fallas en los equipos del área de producción.	Si se implementa el mantenimiento planificado entonces se reducirán las fallas en los equipos del área de producción.	Mantenimiento planificado	SI/NO	Fallas en los equipos	Nro. de fallas semanales
¿Cómo incrementar el rendimiento laboral mediante la implementación de la metodología 5S en el área de producción?	Implementar la metodología 5S para incrementar el rendimiento laboral en el área de producción.	Si se implementa la metodología 5S entonces incrementará el rendimiento laboral en el área de producción.	Metodología 5s	SI/NO	Rendimiento laboral	Producción semanal
¿En qué medida mejorará el abastecimiento de materia prima mediante la metodología Kanban?	Implementar la metodología Kanban para mejorar el abastecimiento de materia prima.	Si se implementa la metodología Kanban entonces se mejorará el abastecimiento de materia prima.	Kanban	SI/NO	Abastecimiento de materia prima	Tiempo de producción

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables

Variable Independiente	Indicadores	Definición Conceptual	Definición Operacional
Mantenimiento planificado	SI/NO	El mantenimiento planificado normalmente se establece para lograr dos objetivos: mantener el equipo y el proceso en condiciones óptimas y lograr la eficacia y la eficiencia en costes. Suzuki, T. (1994) TPM en industrias de proceso. <i>Productivity Press</i> .	Se realizará teniendo en cuenta el número de fallas en equipos del área de producción
Metodología 5S	SI/NO	Los cinco pilares se definen como Organización, Orden, Limpieza, Limpieza estandarizada y Disciplina. Los dos elementos más importantes son la Organización y el Orden. El éxito de las actividades de mejora depende de ambos. Hirano, H. (1997) 5S para todos: 5 Pilares de la fábrica visual. <i>Productivity Press</i> .	Se realizará teniendo en cuenta la producción semanal
Kanban	SI/NO	Método visual para controlar la producción, formado por un sistema de señales a lo largo de toda la cadena de producción que controla el proceso de reabastecimiento y empieza con el conocimiento de lo que el cliente demanda, hasta que se obtiene el producto final. Castellano, L. (2019). Kanban. Metodología para aumentar la eficiencia de los procesos. 3C Tecnología. Glosa de innovación aplicadas a la pyme, 8(1), pp.30-41. Doi: http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno/2019 .	Se realizará teniendo en cuenta el tiempo de producción semanal

Fuente: Elaboración propia

Dimensiones	Indicadores	Definición Conceptual	Definición Operacional
Fallas en los equipos	Nro. de fallas semanales	<p>Cuando un medio productivo cesa de realizar una o más de sus funciones, mucho antes del fin de su vida útil, se dice que ha fallado. Estas fallas pueden causar pérdidas, paradas imprevistas de planta, incrementos de los costos de mantenimiento y reparación.</p> <p>Yavarone, R. (2019). Mantenimiento Industrial. La importancia del diagnóstico eficiente en el mantenimiento industrial, 11, 27.</p>	Eventos que dificultan el adecuado funcionamiento de los equipos.
Rendimiento laboral	Producción semanal	<p>Cantidad de productos elaborados por unidad de tiempo de trabajo, de acuerdo con los niveles medios de habilidad e intensidad del trabajo.</p> <p>Valdés, C. (2006). Teoría de la productividad laboral y empresarial. Recuperado el 20 de mayo de 2021, de https://www.gestiopolis.com/teoria-de-la-productividad-laboral-y-empresarial/</p>	Relación entre las salidas y entradas en una jornada laboral
Abastecimiento de materia prima	Tiempo de producción	<p>Conjunto de actividades que permite identificar y adquirir los bienes y servicios que la empresa requiere para su operación, ya sea de fuentes internas y externas.</p> <p>Robles, A. & Galicia, C. (2010). Administración de la producción. Recuperado el 20 de mayo de 2021, de https://es.slideshare.net/cynthiagalicia/abastecimiento-materiales</p>	Actividades que permiten adquirir los recursos que necesita el negocio

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3: Tareas de mantenimiento

LISTADO COMPLETO DE TAREAS							
ÁREA DE PRODUCCIÓN							
LÍNEA	SISTEMA	CÓDIGO	EQUIPO	TAREA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	ESPECIALIDAD	MARCHA
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	S001	Soldadora	Revisar porta-electrodos, cables y bornes	Diaria	Eléctrica	No
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	S001	Soldadora	Comprobar giro de la bobina de aportación	Diaria	Eléctrica	Sí
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	T001	Tronzadora	Revisar fusibles de instalación	Diario	Eléctrica	No
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	T001	Tronzadora	Revisar el voltaje de conexión a la red eléctrica	Diario	Eléctrica	Sí
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	E001	Esmeril	Cambiar grasa en motor	Semanal	Eléctrica	No
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	T001	Taladro de ban	Revisar el sistema eléctrico	Semestral	Eléctrica	Sí
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	C001	Compresora	Realizar alineación entre compresor y motor	Trimestral	Eléctrica	Sí
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	C001	Compresora	Limpiar válvula antirretorno	Anual	Mecánica	No
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	T001	Taladro de ban	Pintar el taladro	Anual	Mecánica	No
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	S001	Soldadora	Revisar la boquilla de porcelana y la manguera de gas	Diaria	Mecánica	No
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	S001	Soldadora	Limpiar la boquilla metálica	Diaria	Mecánica	No
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	S001	Soldadora	Comprobar desplazamiento de la varilla	Diaria	Mecánica	Sí
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	E001	Esmeril	Limpiar con pincel	Diaria	Mecánica	No
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	E001	Esmeril	Realizar prueba de sonido a la rueda abrasiva	Diaria	Mecánica	Sí
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	E001	Esmeril	Ajustar portapieza	Diaria	Mecánica	No
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	C001	Compresora	Realizar purga de aceite y reemplazarlo completamente	Diaria	Mecánica	No
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	C001	Compresora	Remover suciedad del filtro de aire	Diaria	Mecánica	No
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	T001	Taladro de ban	Limpiar el polvo y virutas	Diaria	Mecánica	No
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	T001	Taladro de ban	Limpiar el filtro de la bomba refrigerante	Diaria	Mecánica	No
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	T001	Tronzadora	Colocar en un cubo de agua la bomba de agua (5 minutos)	Diario	Mecánica	No
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	T001	Tronzadora	Revisar el sentido de rotación del disco	Diario	Mecánica	Sí
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	C001	Compresora	Revisar pernos y correa de transmisión	Mensual	Mecánica	No
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	T001	Taladro de ban	Limpiar la grasa de la columna y aplicar grasa nueva	Mensual	Mecánica	No
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	T001	Taladro de ban	Aplicar grasa en partes móviles	Mensual	Mecánica	No
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	S001	Soldadora	Limpiar partes metálicas con un cepillo de púas	Semanal	Mecánica	No
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	S001	Soldadora	Revisar el conducto de gas	Semanal	Mecánica	No
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	T001	Tronzadora	Engrasar las partes móviles	Semanal	Mecánica	No
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	T001	Tronzadora	Comprobar ausencia de holguras que hagan temblar el equipo	Semanal	Mecánica	No
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	T001	Tronzadora	Limpiar superficies	Semanal	Mecánica	No
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	C001	Compresora	Extraer todo el aire comprimido remanente en el calderín	Semanal	Mecánica	No
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	C001	Compresora	Revisar sujetadores y ajustarlos	Semanal	Mecánica	No
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	T001	Taladro de ban	Lubricar el taladro estacionario	Semanal	Mecánica	No
PRODUCCIÓN	ENSAMBLAJE	T001	Tronzadora	Comprobar tuercas, tornillos y soldaduras	Trimestral	Mecánica	No

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4: Autorización de la empresa



**CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA EL USO DE INFORMACIÓN DE LA EMPRESA
ESTRUCTURAS METÁLICAS CORNEJO E.I.R.L.**

Callao, 25 de setiembre de 2021

Yo, Rosana Cornejo Yarleque identificado con el número de DNI 25746580 como representante de la empresa Estructuras Metálicas Cornejo E.I.R.L. con RUC N° 20515918109, autorizo a Medalit Córdova Najarro y Raúl Molleapaza Arteaga, alumnos de la Universidad Ricardo Palma, a utilizar información de la empresa para el trabajo de investigación implementación de Lean Manufacturing para incrementar la productividad en la empresa Estructuras Metálicas Cornejo E.I.R.L para optar por el Título profesional de Ingeniero Industrial; la cual será utilizada estrictamente para fines académicos vinculado al trabajo de investigación.

Atentamente,

ESTRUCTURAS METÁLICAS CORNEJO E.I.R.L.
ROSANA CORNEJO YARLEQUE
TITULAR ÚNICA