



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Aplicación de la metodología lean manufacturing para incrementar la productividad de la empresa metalmecánica Paredes, Chepén 2022.

AUTOR:

Castañeda Sánchez, Jaime Alonso (ORCID: 0000-0003-0156-0192)

ASESOR:

Mg. Robles Lora, Marcos Alejandro (ORCID: 0000-0001-6818-6487)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

CHEPÉN – PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedico mi proyecto de tesis a mi madre Carmen Lucila Sánchez Espinoza por influenciarme un camino de valores y brindarme su apoyo incondicional y permitirme desarrollarme como profesional. A mi padre Jaime Manuel Castañeda Mendoza que me enseñó a ser perseverante, valiente, trabajador y sobre todo por brindarme el apoyo económico necesario para llevar una buena educación superior. A mis hermanas Carmen y Gosselin Por no dejar de creer en mí y ser unas personas de bien. A mis sobrinas Danna y Ana por siempre hacerme reír y compartir sus experiencias escolares, lo que me impulsa a inculcarles el valor del estudio.

Agradecimiento

A mi maestro Mg. Robles Lora Marcos por brindarme todos sus conocimientos para poder desarrollar mi proyecto de tesis. A mi familia por ser uno de los pilares que me permitió culminar mi proyecto. A la empresa Metalmecánica Paredes por abrirme las puertas de su empresa. A los estudiantes de previos estudios porque sus tesis me sirvieron como base para concretar mi proyecto .

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	II
Agradecimiento.....	III
Índice de contenidos	IV
Índice de tablas	V
Índice de gráficos y figuras.....	VI
Resumen.....	VII
Abstract.....	VIII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	14
3.2. Variables y operacionalización.....	14
3.3. Población, muestra y muestreo.....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.5. Procedimiento	16
3.6. Método de análisis de datos.....	17
3.7. Aspectos éticos.....	17
IV. RESULTADOS.....	18
V. DISCUSIÓN	43
VI. CONCLUSIONES.....	47
VII. RECOMENDACIONES	48
REFERENCIAS	
ANEXOS	

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Diagrama de Ishikawa	19
Figura 2. Diagrama de Pareto.....	21
Figura 3. Diagrama de flujo de trabajo.....	22
Figura 4. Inventario de la maquinaria y equipo.	25
Figura 5. Criticidad de equipos.	27
Figura 6. Mantenimiento autónomo.....	28
Figura 7. Tarjeta roja.....	34
Figura 8. Diagrama de análisis de operaciones.	37
Figura 9. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk.....	41
Figura 10. Prueba de T-Student.	42

Resumen

La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo de tipo aplicada, con un diseño pre-experimental. La investigación tuvo como objetivo aplicar la metodología lean manufacturing para incrementar la productividad de la empresa metalmecánica Paredes. La población estuvo conformada por el proceso productivo de los protectores de puerta del área de producción del año 2021-2022., utilizando como muestra el proceso productivo de los protectores de puerta de julio-noviembre del 2021 y febrero-junio del año 2022, asimismo, se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia. Las técnicas de recolección de datos utilizadas fueron el análisis documental, la observación y lista de cotejos. Por otro lado, los datos se evaluaron mediante el software SPSS. Se concluyó, que las herramientas lean tienen un efecto positivo en la productividad, quedando demostrado un incremento de la productividad multifactorial de 22%.

Palabras clave: Productividad, calidad, producción.

Abstract

This research had an applied quantitative approach, with a pre-experimental design. The objective of the research was to apply the lean manufacturing methodology to increase the productivity of the Paredes metalworking company. The population was made up of the production process of the door protectors of the production area of the year 2021-2022, using as a sample the production process of the door protectors of July-November 2021 and February-June 2022, likewise, a non-probabilistic convenience sampling was used. The data collection techniques used were documentary analysis, observation and checklist. On the other hand, the data was evaluated using SPSS software. It was concluded that lean tools have a positive effect on productivity, demonstrating an increase in multifactorial productivity of 22%.

Keywords: Productivity, quality, production.

I. INTRODUCCIÓN

La industria metalmecánica es un pilar principal de muchas empresas, ya que gracias a ella los negocios pueden implementar maquinaria y herramientas de calidad, pero hay un grupo de personas que también se han favorecido con los años y son los hogares, ya que la mayoría de cosas que existen son hechas a base de metal; puertas, ventanas, mesas, y muchas otras cosas. Según (Scharff 2020), hizo un estudio en Latinoamérica, donde resalta la importancia de la industria metalmecánica económicamente para un país y para las empresas de manufactura, ya que esta misma les permite tener un valor agregado mayor.

(Rojas 2018), destaca, que la manufactura esbelta es una de las metodologías más utilizadas en la industria metalmecánica de Colombia, al ser una de la industrias principales y trabajar procesos, los problemas que mayormente frecuentan son solucionados por herramientas lean, en ese mismo año, se realizaron varias implementaciones de herramientas lean y las más utilizadas fueron: 36% de SMED, 23% de 5s, 7% de JUST IN TIME y 6% de POKA-YOQUE, logrando con esta herramienta impactar mucho en las productividades de las empresas, mejorando procesos y disminuyendo tiempos improductivos.

Asimismo, en los últimos años se ha notado un crecimiento significativo de la manufactura esbelta o lean manufacturing en muchos sectores industriales, ya que es una herramienta de gestión establecida que ha traído numerosas aplicaciones exitosas. (Vargas y Bautista 2016).

En Perú esta industria juega un rol importante para los demás sectores, ya que gracias a ellos tienen los insumos que necesitan, como también, son proveedores a industrias del mismo sector. Además, es la industria más importante del Perú por su valor agregado e innovación que brinda. Con respecto a la generación de valor agregado, el 2017 este sector representó el 13.6% del total de valor agregado del sector de manufactura y el 1.7% del PBI peruana, además que las exportaciones ascendieron a 534 millones de dólares. Asimismo, al no ser un país completamente desarrollado surgen problemas muy graves, teniendo en cuenta de que muchas empresas metalmecánicas no cuentan con la tecnología y la mano de obra calificada para hacer un trabajo de calidad, muchos ingenieros

aplicaron herramientas para resolver problemas en concreto, entre los métodos más aplicados tenemos el lean manufacturing siendo este el 45% aplicado en muchas investigaciones, y la herramienta más utilizada es las 5s ya que muchos de los dueños de negocio piensan que métodos tan pequeños no pueden hacer grandes cambios. Por otro lado, el impacto que tuvieron estas metodologías en la empresa fue muy notorio ya que su trabajo se volvió más productivo y eficaz, logrando incrementar económicamente y ayudando a suministrar herramientas a más industrias, sobre todo agroindustriales. (Buzko y Morales 2017).

En la localidad de Chepén existen múltiples empresas metalmecánicas, el problema de este sector es la informalidad que existe, ya que la mayoría de ellas no son empresas formales, esto implica a que pocos profesionales empiecen hacer prácticas o ayuden a mejorar los procesos. Cabe resaltar que para muchos es el soporte económico de sus hogares y dependen de ello. Esta investigación será realizada en la empresa metalmecánica Paredes, con 3 años de experiencia en el mercado y con convenios de constructoras, se perfila a ser una de las empresas más sobresalientes en unos años. Gracias a su fuerte participación en el mercado la empresa Paredes ha hecho convenios con muchas constructoras en donde una de sus principales actividades y producto terminado, es la elaboración de protectores de puertas y ventanas para estas inmobiliarias. Dentro de la empresa se hizo un estudio en donde se determinó los problemas con los que cuenta, en donde se encontró: equipos y herramientas fallando y parando la producción constantemente, a esto se le suma la suciedad y el desorden que existe, también existe demora en el área de soldado por no tener un equipo adecuado, por último, en el área de lavado de materia prima existen demoras que deben ser eliminadas al momento de lavar los insumos. Siendo esto los errores, se pasó a aplicar la metodología lean manufacturing y ver el impacto que tienen en su productividad.

Como formulación del problema se tiene, ¿De qué manera la aplicación de lean manufacturing incrementa la productividad de la empresa metalmecánica Paredes, Chepén-2022?

La presente investigación se justifica teóricamente ya que contrastará las teorías ya presentadas por otros autores, dando y mejorando el conocimiento del

personal de la empresa Paredes, esto proporciona un crecimiento exponencial en las personas dándoles posibilidades de crecer profesionalmente, asimismo, se justifica metodológicamente ya que está siguiendo las normativas de la universidad, el modelo lean y la aplicación de los procedimientos adecuados para llegar a obtener resultados óptimos y así contribuir con futuras investigaciones. Por último, se justifica de manera práctica, ya que se aplicarán las herramientas lean para solucionar el problema de investigación.

El objetivo principal de la investigación es aplicar la metodología lean manufacturing para incrementar la productividad de la empresa metalmecánica Paredes, Chepén-2022. Para ello se aplicó los siguientes objetivos específicos: determinar la situación actual de la empresa, diseñar y aplicar la metodología lean manufacturing en la empresa Paredes, medir la productividad y hacer un análisis estadístico.

La hipótesis planteada es que la aplicación de la metodología lean manufacturing incrementa la productividad de la empresa metalmecánica Paredes, Chepén-2022.

II. MARCO TEÓRICO

Los antecedentes son muy importantes en nuestra investigación, ya que nos ayudara a contrastar los resultados obtenidos, por ello como antecedentes internacionales tenemos a (Carpio 2017), cuya tesis se tituló “diseño e Implementación de la manufactura esbelta en la línea de producción de la empresa SEDEMI SCC, cuya finalidad principal es diseñar e implementar herramientas lean adecuadas para mejorar la productividad de la empresa SEDEMI. La investigación fue aplicada teniendo un diseño pre experimental. La población fue el proceso productivo de la empresa SEDEMI SCC. Los resultados que se obtuvieron al aplicar herramientas lean fue estandarizar los tiempos de 414 minutos produciendo 6.4 toneladas de manera diaria a 526 minutos produciendo 8.94 toneladas en el proceso de producción, aumentando la productividad en 29.45% y reduciendo los tiempos muertos en 45.34%. En conclusión, se llegó a que las herramientas lean manufacturing ayuda a las empresas a mejorar los procesos de producción y su eficiencia y eficacia.”

(Canchingre y Simbaña 2017), en su tesis titulada, “Mejoramiento del sistema productivo a través de las herramientas de manufactura esbelta en la línea de producción de puertas enrollables en industrias metálicas vilema, cuyo objetivo principal fue aplicar herramientas lean con la finalidad mejorar la productividad de la empresa vilema. El tipo de investigación es aplicada con un diseño experimental. La población estuvo conformada por el área de producción, siendo la muestra un censo. los resultados más sobresalientes fueron la reducción de las paradas de las máquinas en 25% y los desperdicios se redujeron en un 30% aumentando la productividad en 14.35%. En conclusión, las herramientas lean manufacturing ayuda a que los negocios mejoren sus procesos de producción, sean más rentables y disminuyan los costos.”

Por otro lado, como antecedentes nacionales tenemos a (Paredes 2018), en su tesis ““implementación de herramientas lean manufacturing para mejorar la producción en una empresa metalmecánica, cuyo objetivo es aplicar herramientas lean para mejorar la productividad de las empresas metalmecánica. El método que se empleo fue deductivo con un diseño de investigación experimental, aplicando un antes y después. Asimismo, la población estuvo conformada por los

2 procesos de producción, molienda de maíz y mezclado de alimentos balanceados, con una muestra no probabilística por conveniencia. Los resultados que se obtuvieron son: con las 5s se incrementó el nivel de cumplimiento en 68%, el SMED redujo en un tiempo improductivo en 62.5%, además la productividad total aumento en 16.36%. en conclusión, las herramientas lean ayuda a mejorar cualquier proceso productivo de las empresas.”

(Aznarán 2020), tesis titulada “aplicación de herramientas lean para mejorar la productividad en una empresa metalmecánica de aluminio, cuyo objetivo principal fue aplicar herramientas lean para aumentar la productividad de la empresa metalmecánica de aluminio. Esta investigación cuenta con un tipo aplicada con diseño pre experimental. La población estuvo compuesta por el área de producción de la empresa metalmecánica siendo la muestra igual. Entre los resultados más relevantes se encontró un mejoramiento de los tiempos improductivos de 17.2%, una disminución de paradas de las maquinas en 75.3% y un aumento de la productividad mano de obra de 12.5 protectores/h-h a 15.2 protectores/h-h. Se llegó a la conclusión que aplicar correctamente las herramientas lean mejora mucho los procesos de las empresas y ayudan a disminuir los costos.”

(Calua y Jara 2020), tesis titulada “Propuesta de aplicación de herramientas lean para incrementar la productividad de una empresa metalmecánica, lima. El objetivo principal de la investigación fue aplicaran herramientas lean para mejorar la productividad de la empresa metalmecánica. El tipo de investigación fue aplicada con un diseño experimental. La población estuvo compuesta por el área de producción siendo esta misma la muestra. Como resultados principales se obtuvieron un incremento de productividad de 28.9 unid/hora a 37.4 unid/hora gracias a las herramientas como el POKA YOQUE, SMED y TPM. En conclusión, se logró mejorar la productividad de la empresa gracias a las herramientas lean que se aplicaron, además de tener un mejor personal capacitado.”

(Arcela y Castillo 2019), “Application of Lean Manufacturing Tools to Reduce Downtime in a Small Metalworking Facility, tuvo como objetivo implementar y aplicar herramientas de manufactura esbelta para reducir los tiempos de inactividad en una pequeña instalación metalúrgica. La investigación que se aplico

fue pre experimental. La población estuvo compuesta por el área de ensamblaje de las estructuras metalmecánica, siendo esta la misma muestra. Como resultados, luego de la aplicación de herramientas como 5s y kanban se pudo reducir los tiempos de inactividad en 62%. Se concluyó que una correcta aplicación de las herramientas lean ayuda a disminuir cualquier desperdicio que tenga una industria en su proceso productivo.”

El lean manufacturing o manufactura esbelta como lo llaman en otros países es un proceso de forma continua y sistemática para poder eliminar cualquier desperdicio que existe en los procesos productivos, por desperdicios se entiende cualquier actividad que no añade valor al proceso, la eliminación de desperdicios ayuda a disminuir las demoras que existen en las empresas y por ende mejorar la productividad (Socconini 2019).

Asimismo, Sarria, (Figueroa 2017), el lean manufacturing es una serie de conjuntos y herramientas de gestión, que tiene un solo objetivo, buscar la mejora continua de los procesos y eliminar o minimizar los desperdicios que se encuentre.

Asimismo, (Freitas y Sousa 2015), nos cuenta las herramientas lean han demostrado ser un ejemplo de innovación en los procesos de las empresas, teniendo la mejora continua como uno de sus pilares fundamentales. Estas herramientas lean tiene la intención de reducir el desperdicio en la parte humana, el inventario y el tiempo de comercialización.

Asimismo, Sarria, (Fonseca y Bocanegra 2017), nos dice que esta metodología se ha convertido en una buena alternativa que a lo largo del tiempo ha mostrado versatilidad ya que se adapta a diferentes escenarios del sector industrial.

En la aplicación de herramientas lean, se considera que el LM no se puede aplicar fácilmente a industrias con grandes procesos productivos, a industrias que sus procesos son por lotes, específicamente pueden ser industrias de alimentos o bebidas, ya que estas empresas venden sus productos desde grandes centros de distribución y fabrican según una previsión. También se han identificado falta de

visión, liderazgo y participación de los empleados para llevar a cabo correctamente estas herramientas (Heymans 2015).

Asimismo, (Christina Gay 2016), Uno de los principios que son fundamentales en la metodología lean son la eliminación de los desperdicios, y en cualquier otro negocio, el problema mayor que tienen de rentabilidad es el desperdicio. Este desperdicio puede venir de forma de tiempo, material y mano de obra, pero también puede tener relación con la utilización de diversas habilidades, así como una mala planificación. Una aplicación adecuada de estas herramientas ayuda a mejorar la producción y productividad de los negocios.

Como mudas lean tenemos: La sobreproducción es el problema más recurrente que tienen las empresas, consiste en hacer más de lo necesario, esto se relaciona fuertemente con los inventarios, procesos y defectos, ya que, al producirse más, se agrandará el inventario (Garrido 2017).

La metodología lean utiliza muchas herramientas para erradicar la sobreproducción. Por ejemplo, el tiempo tak se usa mucho para balancear las tasas de producción entre departamentos y celdas. Los trabajos que son mapeados por procesos dan un resultado con un tiempo reducido, esto ayuda a mejorar los flujos de lotes pequeños (Christina gay 2016)

Los inventarios o este tipo de desperdicios son ocasionados por tener más producción de lo que necesitan, si se acumula mucha producción, quiere decir que el flujo de producción no es constante (Hernández, Bautista y Castillo 2016).

El desperdicio de transporte es por el movimiento o manipulación de un material innecesario. Esto se debe a que las maquinas o líneas de producciones están muy alejadas de cada estación de trabajo y esto genera colas en inventario (Hernández, Bautista y Castillo 2016).

Los movimientos innecesarios son cualquier movimiento que realice las personas innecesariamente para poder llevar a cabo una operación o actividad, estos movimientos pueden ser cuando una persona se estira, se inclina o se desplaza para buscar herramientas de uso cotidiano (Hernández, Bautista y Castillo 2016).

Los tiempos de esperas se refieren a los tiempos perdidos como resultado de una serie de actividades o un proceso ineficiente. También los procesos que tienen un diseño incorrecto provocan que los trabajadores estén parados mientras que los demás están saturados de trabajo (Hernández, Bautista y Castillo 2016).

Los procesos es un tipo de muda cuando un producto o servicio se le hace más trabajoso de lo necesario, es decir no es una actividad normal dentro del proceso y que no agrega valor a la producción. (Hernández, Bautista y Castillo 2016).

El ultimo desperdicios hace referencia a los defectos, estos son todos los desperdicios de un proceso productivo, una de las industrias con mayor porcentaje de esta muda, es el sector manufacturero. Cada uno de las herramientas lean ayuda a mejorar significativamente la productividad de las empresas” (Hernández, Bautista y Castillo 2016).

Asimismo, se aplicó la herramienta del TPM o mantenimiento productivo total, según (Gómez 2016), esta herramienta fue desarrollada en Japón a partir del concepto de mantenimiento preventivo, esta herramienta es una estrategia muy bien consolidada que busca desarrollar actividades de forma ordenada, que al momento de implantarlo en cualquier industria incrementa la competitividad del negocio y mejora la disponibilidad de los equipos.

El OEE es el indicador para medir exactamente el TPM, este indicador te ayuda a determinar el tiempo productivo neto de la producción, en donde es multiplicado por su disponibilidad, rendimiento y calidad (Gómez, 2016).

La disponibilidad de un equipo o máquina, se refiera a una probabilidad de que la maquina u equipo se encuentre apto para la operación sin ninguna parada no programada (Contreras 2020).

El rendimiento está relacionado al número de piezas o productos que se producen sobre la cantidad real que se quiso producir (Contreras 2020).

Por otro lado, se desarrolló la herramienta Poka Yoque, la herramienta Poka Yoque o herramienta cero defectos ya que elimina los errores, es una metodología con la única finalidad de erradicar actividades donde exista un fallo, este fallo puede ser por una maquina o hombre (Posada 2017).

El uso de técnicas y herramientas de manufactura esbelta como son la mejora continua y los dispositivos aprueba de errores, ofrecen ventajas para eliminar completamente los desperdicios en una empresa, detectar las fallas antes de que aparezcan, mejorando así la calidad de los productos (Corral 2016)

Esta metodología consiste en detectar y buscar errores durante el proceso y antes de que este termine y buscar soluciones, mediante mecanismos o nuevos métodos, este método ayuda principalmente a disminuir los costos que se dan en los reprocesos y eliminar errores funcionales (Posada 2017).

Esta herramienta ayuda a mejorar satisfactoriamente la seguridad de las personas y operarios de la empresa, además de tener un mejor cuidado de las máquinas y mejorar procesos y la calidad del producto terminado, también es una herramienta que previene accidentes de menores a mayores, mejorando el ambiente laboral” (Tejeda 2015).

Para poder desarrollar esta herramienta se debe de seguir los siguientes pasos: primero debemos detectar cuál de todos los defectos es el potencial, es decir, se debe analizar el área donde están la mayoría de problemas y determinar las causas de este, ya se ocasionado por algún trabajado, producto o procesos, aquí se hacen preguntas como ¿Cada que tiempo se da el problema?, ¿qué está causando?, entre otras (Tejeda 2015).

Después debemos identificar el factor principal que está ocasionando el defecto, cabe resaltar que se debe de saber el error con exactitud y que factores son los que los están causando. Luego, se decide qué tipo de poka yoque se aplicará, y estos pueden ser entre procedimientos nuevos o dispositivos que puedan ayudar a mejorar los procesos productivos. Seguido de esto se prueba el método, aquí se determinar todo lo que se va a utilizar para llevarlo a cabo. El penúltimo paso es capacitar al personal para que no se vuelvan a cometer estos errores y, por último, se analiza el desempeño de método o dispositivo implantado. (Tejeda 2015).

Por otro lado, se aplicó las 5s, esta herramienta es muy fácil de entender y aplicar, ya que requiere de pocos conocimientos particularmente matemáticas ni mucho menos gastos financiadas. Sin embargo, el error más común que tiene

toda persona al aplicar esta herramienta es que se confían y piensan que es una herramienta muy básica que no traerá muchos cambios, cuando en verdad el beneficio que te da si es aplicada correctamente es enorme. (Ramírez y Soler 2016).

La metodología 5s es una forma sistemática de gestión visual que utiliza todo, desde una cinta puesta en el suelo hasta manuales de operaciones. Muchos piensan que es solo limpieza u orden; pero también se trata de maximizar la eficiencia y los beneficios. 5s utiliza mucho la mentalidad de las personas y herramientas útiles para crear valor y eficiencia. (Mike Ross 2017)

Asimismo, para (Verba 2017) nos dice, el método de las 5s está hecha para alcanzar mejoras en la organización del área que se aplica, mediante hábitos de orden y limpieza.

En la primera etapa vamos a clasificar los artículos que se encontraran en el área de trabajo, esto se hace a través de tarjetas rojas que ayudaran a facilitar el trabajo y así a tomar mejores decisiones y sobre todo saber ordenar los artículos y separar lo que no sirve (Piñero y Vivas 2018).

La segunda etapa es ordenar los artículos u objetos que se encuentren, en donde se pueden seguir diferentes factores para poder ordenar los objetos correctamente, como el peso u tamaño de estos (Piñero y Vivas 2018).

La tercera etapa es limpiar las áreas de trabajo, con limpiar nos referimos a absolutamente todo, desde las máquinas, hasta las áreas de trabajo, esto ayudara a mejorar el clima laboral y evitar algún accidente (Piñero y Vivas 2018).

El penúltimo paso es estandarizar todos los procesos implantados anteriormente, establecer nuevas normas para proceder de una manera correcta las cosas y ya no cometer los mismos errores. (Piñero y Vivas 2018).

Las 5s ha sido por años subestimada y mal aplicada, muchos profesionales piensan que por ser una metodología simple no puedes generar grandes cambios, todos sabemos que el cambio en la productividad depende de muchos factores, pero aplicar correctamente esta herramienta te ayudará enormemente a tener un cambio significativo en tus indicadores (Ramírez y Soler 2016).

Y el último es la disciplina, en donde mediante capacitaciones haremos de esta herramienta un hábito en los trabajadores (Piñero y Vivas 2018).

Cuando hablamos de 5s nos referimos a 5 procedimientos, pero para (Creative safety supply 2017), nos dice que hay una sexta s la cual es: “Seguridad, algunas o muchas empresas optan por agregar este paso para garantizar y mejorar la seguridad, ya que es un componente clave para las prácticas laborales. Por otro lado, las empresas creen que la seguridad debe ser parte de todos los pasos y no un paso aparte, de alguna forma la seguridad es un factor clave en toda empresa.”

Por último, se aplicó capacitaciones, según (Gonzales 2015), “Las capacitaciones son un conjunto de actividades que ayudan a que una empresa u organización mejore sus procesos y no se cometan más errores, además de tener un personal altamente calificado.”

El factor de las capacitaciones en un mundo donde la economía del saber aumenta su importancia como ventaja competitiva, es demasiado fundamental para que una organización tenga éxito (Medina 2021).

Para (Carrillo 2015), nos dice que el principal motor de la formación para los empleados de una empresa es mejorar la productividad y el rendimiento, y si es ejecutado bien, hace correctamente eso. Estas capacitaciones ayudan a que los empleados ganen experiencias que van a necesitar para cumplir su función y tener un mejor impacto.

En términos económicos, las capacitaciones a los empleados es una inversión para las empresas a largo plazo, las mypes desarrollan actividades que exigen tiempos demasiados cortos ocasionando que los gastos entren a un puesto menor (Gonzales 2015)

Sabiendo que el único propósito que tienen las capacitaciones es conseguir el cumplimiento del propósito de la organización o empresa, es obligatorio que las capacitaciones formen parte de todos los niveles organizacionales y áreas de la empresa. (Gonzales 2015).

Por otro lado, en lo que respecta a la productividad, según (Prokopenko 2015), la productividad está relacionada entre la producción que se realiza y los insumos que se utilizan.

La productividad es el uso correcto de los recursos que se utilizan para obtener un producto terminado, esta se puede medir en cualquier tipo de organización (Prokopenko 2015).

Asimismo, para (Krugman 2015), la productividad es una relación entre el volumen de salida y el volumen de insumos que entran para tener tu producto. Es decir, mide la eficiencia con que los insumos son utilizados, como la mano de obra y el capital.

La productividad en una visión más amplia, establece el nivel de competencia que existe entre los productos de un país con otro. Imaginemos que la productividad de un país reduce en comparación de otros se genera un desequilibrio competitivo. (Prokopenko 2015).

Además, para (Fernández 2018) nos dice, la productividad es muy importante ya que es un objetivo de las empresas, ya que sin ella no alcanzaría los distintos productos o servicios un nivel de competitividad necesario en el mundo globalizado.

Asimismo, (Herrera 2017), debido a la importancia que tiene la productividad, se debe contar con herramientas que permitan tener una medición y gestión exacta. De esta forma todos tendrán conocimiento del desarrollo de cada uno de los procesos y podrán tomar las decisiones pertinentes.

La comprobación de la productividad es muy directa, por ejemplo, cuando medimos las horas trabajadas de las maquinas por lotes de una línea de producción o la ver cuánto KW de electricidad genera un producto, en todos los casos existen problemas para poder medir, y mayormente estas dificultades se debe a los cambios que puede haber mediante la producción (Carro y Gonzales 2015).

El diagrama de Pareto es uno de los diagramas más conocidos para diagnosticar los problemas que tiene una empresa, este diagrama nos permite solucionar los

problemas más críticos de la empresa y así solucionar el 80% de la empresa. (Chase 2015).

El DAP o diagrama de análisis de proceso, es la descripción gráfica de todas las operaciones, inspecciones o almacenamientos que halla en un proceso productivo, ya sea en materia prima o producto final. Además de ellos es un diagrama que sirve para el diagnóstico de los problemas de la empresa y tomar decisiones con más claridad (Domenech 2018).

III. METODOLOGÍA

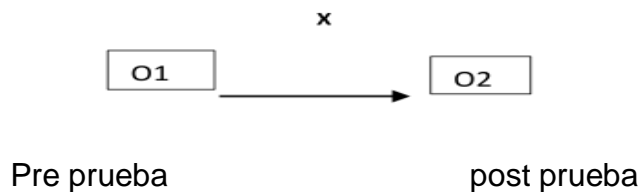
3.1. Tipo y diseño de investigación.

3.1.1. Tipo de investigación.

El tipo de investigación fue aplicada, según (Murillo 2015), este tipo de investigación se caracteriza por utilizar las teorías y estudios de otras personas para poder buscar soluciones a los problemas encontrados”. Esta investigación fue aplicada ya que se basó en analizar nuestras variables utilizando teorías para poder solucionar los problemas encontrados en la empresa.

3.1.2. Diseño de investigación

Asimismo, esta investigación tuvo un diseño experimental de tipo pre-experimental, según (Sampieri 2015), este diseño se trabaja con un solo grupo para tener un mayor control de los datos, esto ayudará para tener un acercamiento a nuestros problemas”. Pre experimental ya que solo se manipulo nuestra variable independiente para determinar el efecto sobre la variable dependiente.



G: Grupo o muestra

O1: Productividad antes de la aplicación del método lean manufacturing.

O2: Productividad después de la aplicación del método lean manufacturing.

3.2. Variables y operacionalización.

3.2.1. Definición conceptual

Nuestra variable dependiente la cual es productividad, tiene como definición conceptual, según (Krugman 2015), la productividad es una relación entre el volumen de salida y el volumen de insumos que entran para tener tu producto. Es decir, mide la eficiencia con que los insumos son utilizados, como la mano de obra y el capital.

Por otro lado, la variable independiente tenemos a la metodología lean manufacturing en donde (Christina Gay 2016), nos dice las herramientas lean o manufactura esbelta es una metodología que sirve para eliminar cualquier desperdicio que se presente en la empresa, ya sea temporal o permanente de los materiales o procesos. El propósito de esta herramienta es eliminar todas las actividades que no agregan valor y así hacer más eficaz el sistema productivo y por ende la productividad.

3.2.2. Definición operacional.

Como definición operacional se tuvo, la productividad puede obtenerse de distintas formas, puede medirla parcialmente, multifactorialmente o para algo más complejo y tomar mejores decisiones de manera total (Chase 2015).

Tuvo una escala de medición de razón. Asimismo, el indicador que se utilizará para poder determinar la productividad es productos terminados dividido entre los recursos mano de obra, maquinaria, etc.

La definición operacional del método Lean Manufacturing (Freitas y Souza 2015), “la metodología lean manufacturing se divide entre sus herramientas como son el Poka Yoque, 5s, Andon, TPM, etc.”

Las escalas de medición de las herramientas lean es de razón. Teniendo como indicador de las 5s el % de cumplimiento, del TPM como indicador la disponibilidad multiplicado por el rendimiento multiplicado por la calidad, y por último el PocaYoque cuyo indicador es cantidad de defectos entre número total de protectores producidos.

3.3. Población, muestra y muestreo.

3.3.1. Población.

La población estuvo conformada por el proceso productivo de los protectores de puerta del área de producción del año 2021-2022.

Criterios de inclusión: Se evaluaron y analizaron solo la línea de producción de protectores de puertas.

Criterios de exclusión: Se excluyeron todos los datos que no tengan que ver con la línea de producción de los protectores de puertas.

3.3.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por el proceso productivo de los protectores de puerta de julio-noviembre del 2021 y febrero-junio del año 2022, con la finalidad de obtener un antes y un después de la aplicación de la metodología lean manufacturing.

3.3.3. Muestreo

El muestreo utilizado en la investigación será no probabilístico por conveniencia ya que para la empresa y el autor les conviene realizarlo para esa fecha.

3.3.4. Unidad de Análisis.

La unidad de análisis de la presente investigación fue cada dato del proceso productivo.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Entre las técnicas e instrumentos se utilizaron el análisis documental con su instrumento la ficha de registro y la técnica de la observación con su instrumento a guía de observación (ANEXO2).

Por otro lado, para el diseño y aplicación de las herramientas lean se utilizó la técnica de la observación con sus instrumentos la guía de observación y la lista de cotejos. (ANEXO 2).

Por último, en nuestro tercer objetivo se utilizó la técnica del análisis documental para poder pasar los datos del mes anterior con el instrumento de la ficha de registro (ANEXO 2).

Nuestros instrumentos fueron recolectados de un proyecto de investigación ya validado, por ende, no se necesita validación.

3.5. Procedimiento

Para nuestro primer objetivo en primer lugar hablamos con el gerente general en donde recaudaremos información sobre el proceso productivo mediante la técnica

de análisis documental, para ello se utilizó la ficha de registro en donde se pasaron todos los datos que se requiere, luego fuimos al proceso productivo para hacer una observación y obtener los datos para realizar el diagrama de operaciones y análisis, todo esto nos ayudó a identificar la situación actual de la empresa.

Por otro lado, se pasó a diseñar y aplicar las herramientas lean, el primer paso es ir al proceso productivo y mediante la observación realizar un check list para evaluar las 5s, esto ayudó a ver el nivel de cumplimiento. El segundo lugar, se realizó un análisis de datos recaudado mediante la observación, esto nos ayudó a recaudar tanto los datos para realizar un plan de mantenimiento y también el PokaYoque, con estos pasos podemos realizar y aplicar las herramientas lean manufacturing.

Por último, se pasó hacer un análisis documental luego de aplicar todas las herramientas, haciendo un antes y después y hacer un análisis estadístico para contrastar la hipótesis.

3.6. Método de análisis de datos.

El método de análisis de datos fue inferencial realizando una prueba de normalidad, donde se obtuvo unos datos normales, luego se realizó la prueba estadística T-Student.

3.7. Aspectos éticos.

Entre los aspectos éticos del proyecto de investigación el investigador se comprometió a no mostrar los datos de la empresa recaudados a su competencia además de no difundir ninguna información. Asimismo, tener un buen comportamiento con los trabajadores y sobre todo compartir conocimientos para mejorar como profesionales.

IV. RESULTADOS

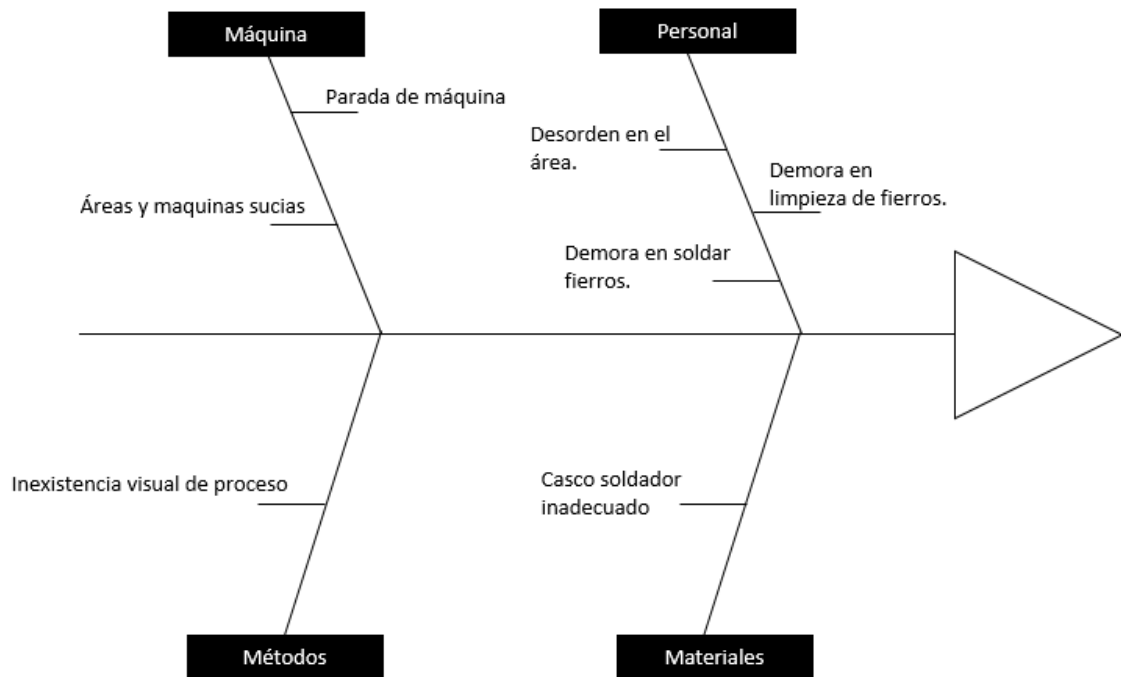
Para obtener los resultados se comenzó de acuerdo a los objetivos plasmados anteriormente, en primer lugar, se analizó el estado situacional de la empresa.

Tabla 1. Problemas actuales de la empresa

N°	Problemas
1	Casco soldador inadecuado
2	Material insuficiente
3	Inexistencia visual de procesos
4	Desorden en el área
5	Áreas y máquinas sucias
6	Supervisión no establecida
7	Demora en soldar fierros
8	Demora en limpieza de fierros de grasa
9	Mala distribución de las máquinas
10	Parada de maquinaria

En la tabla 1, mostramos los distintos problemas encontrados en la empresa, en donde encontramos un total de 10 problemas a evaluar.

Figura 1. Diagrama de Ishikawa.



Fuente. Elaboración propia.

En la figura 1 encontramos un diagrama de Ishikawa donde ponemos los distintos problemas a cada causa que le pertenece, esto nos brinda un mejor orden y ver donde hay más fallas y encontrar la mejor solución posible.

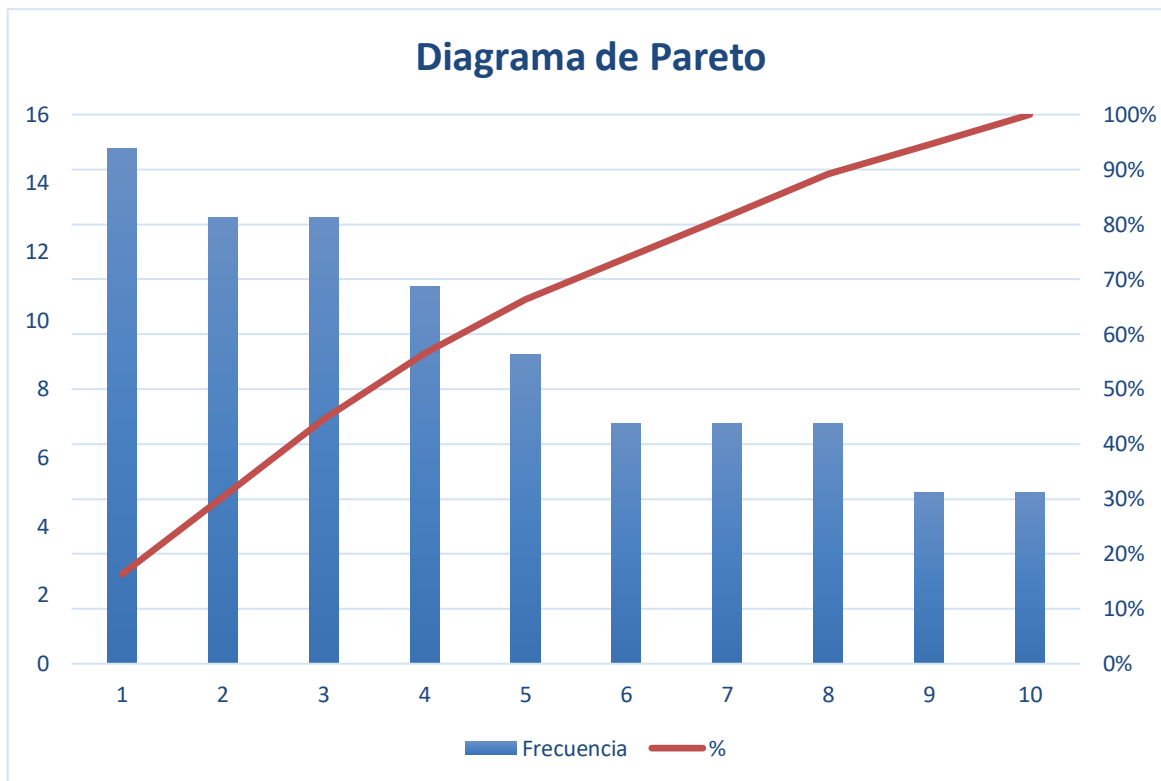
Tabla 2. Criticidad de los problemas encontrados.

N°	Problemas	Frecuencia	Acumulado	%
10	Parada de máquina	15	16%	16%
4	Desorden en el área	13	14%	30%
8	Demora en limpieza de fierros de grasa	13	14%	45%
3	Inexistencia visual de procesos	11	12%	57%
5	Áreas y máquinas sucias	9	10%	66%
7	Demora en soldar fierros	7	8%	74%
1	Casco soldador inadecuado	7	8%	82%
9	Mala distribución de las máquinas	7	8%	89%
2	Material insuficiente	5	5%	95%
6	Supervisión no establecida	5	5%	100%

En la tabla 2, luego de una calificación del gerente, supervisor e ingeniero, se obtuvo los siguientes problemas más críticos: Parada de máquina, desorden en el área, demora en limpieza de fierros, inexistencia visual de procesos, áreas y máquinas sucias, demora en soldar fierros, casco soldador inadecuado.

Asimismo, se realizó el diagrama de Pareto identificando los problemas principales a solucionar.

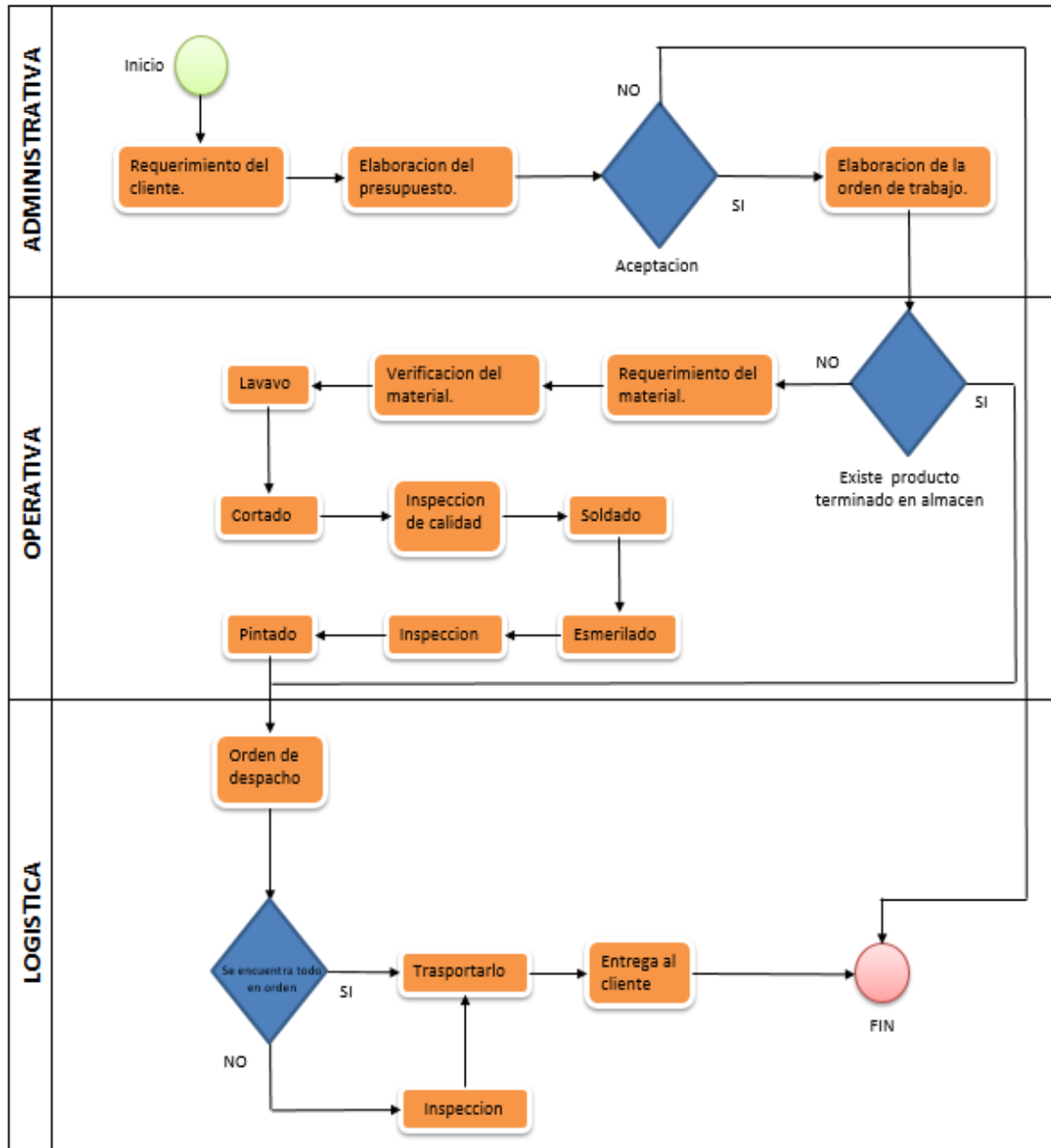
Figura 2. Diagrama de Pareto.



Fuente. Elaboración propia.

En la figura 2 se muestra el diagrama de Pareto, en donde gracias a una previa evaluación por parte del ingeniero, dueño del negocio y encargado del área de producción se destinó puntajes, obteniendo los puntajes que nos ayudaron a saber cuáles son los problemas más críticos que existen actualmente en la empresa.

Figura 3. Diagrama de flujo de trabajo.



Fuente. Elaboración propia.

En la figura 3 se muestra el diagrama de flujo, mostrando el proceso de producción que se realiza para hacer los protectores de puertas, ayudando a tener una mejor visión de lo que pasa en el negocio y detectar los problemas.

Tabla 3. productividad actual de la empresa.

	Producción (Protectores puertas)	Horas hombre	Horas máquinas	Costo H.Hombre	Costo H.Máquina	Productividad mano de obra (protectores*Horas hombre)	Productividad maquinaria (protectores*Horas máquina)	Productividad Multifactorial
Julio	10	40	117	4	6.5	0.25	0.09	0.62
Agosto	7	44	130	4	6.5	0.16	0.05	0.43
Setiembre	8	38	104	4	6.5	0.21	0.08	0.49
Octubre	10	42	110.5	4	6.5	0.24	0.09	0.62
Noviembre	9	36	104	4	6.5	0.25	0.09	0.55
Promedio						0.22	0.08	0.54

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 3 se obtuvo la productividad actual de la empresa, teniendo una productividad mano de obra de 0.22 protectores/horas hombres en promedio al día, una productividad de 0.08 protectores/horas máquina en promedio al día y una productividad multifactorial de 0.54.

Por otro lado, se pasó a realizar el segundo objetivo específico y aplicar las herramientas respectivas. Como primera herramienta se aplicó el mantenimiento preventivo.

Tabla 4. OEE actual de las máquinas.

Maquina	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
Soldadora arco eléctrico	93%	78%	95%	69%
Soldadora eléctrica	90%	87%	95%	75%
Taladro de banco	93%	90%	95%	80%
Taladro manual	93%	79%	95%	71%
Moladora 4"	91%	86%	96%	76%
Moladora 4"	94%	91%	93%	80%
Promedio	92%	85%	95%	75%

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 4 podemos observar la efectividad actual de la maquinaria con un OEE del 75% en promedio al día.

Tabla 5. Costos de mantenimiento al día.

Descripción	Costo
Mano de obra	100
Luz	40
Repuestos	120
Equipos nuevos	230
TOTAL	490

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 5, se muestra el costo de mantenimiento, teniendo 490 soles al día; el cual es un gasto muy elevado para el tamaño de empresa, es por ello que con el mantenimiento preventivo total se buscó en parte reducir estos costos.

Figura 4. Inventario de la maquinaria y equipo.

		INVENTARIO DE MAQUINARIA Y EQUIPOS	
Nombre:	Metalmecanica PAREDES		
Direccion:	Av. Gonzales Caceda - frente al coliseo		
Telefono:	930295101		
Representante:	Juan Francisco Paredes Almengor		
RUC:	10409793482		
Total de articulos			
ARTICULO	MARCA	MODELO	N° identificacion/codigo
Soldadora Arco electrico	BOSCH	MMG185	MS-001
Soldadora electrica	Hobart	-	MS-002
Torno	BOSCH	M1	T-001
Torno	BOSCH	M1	T-002
Taladro radial	BOSCH	Z3032X10(I)	TL-001
Taladro de banco	BOSCH	-	TL-002
Taladro manual	BOSCH	Gsb 21-2 Rct	TL-003
Taladro percutor	Black & becker	HD555K	TL-004
Taladro percutor	Black & becker	HD555K	TL-005
Amoladora "4	Black & becker	G720-AR	AM-001
Amoladora "4	Black & becker	G720-AR	AM-002
Amoladora "4	Black & becker	G720-AR	AM-003
Amoladora "9	BOSCH	DWE4579	AM-004

Fuente. Elaboración propia.

En la figura 4 se muestra el inventario de todas las máquinas que existen dentro de la empresa, esto ayudara a tener un orden y poder realizar el siguiente paso y llevar un procedimiento ordenado.

Asimismo, se realizó un análisis de criticidad para evaluar las máquinas que son más críticas en la empresa y poder realizar el mantenimiento respectivo.

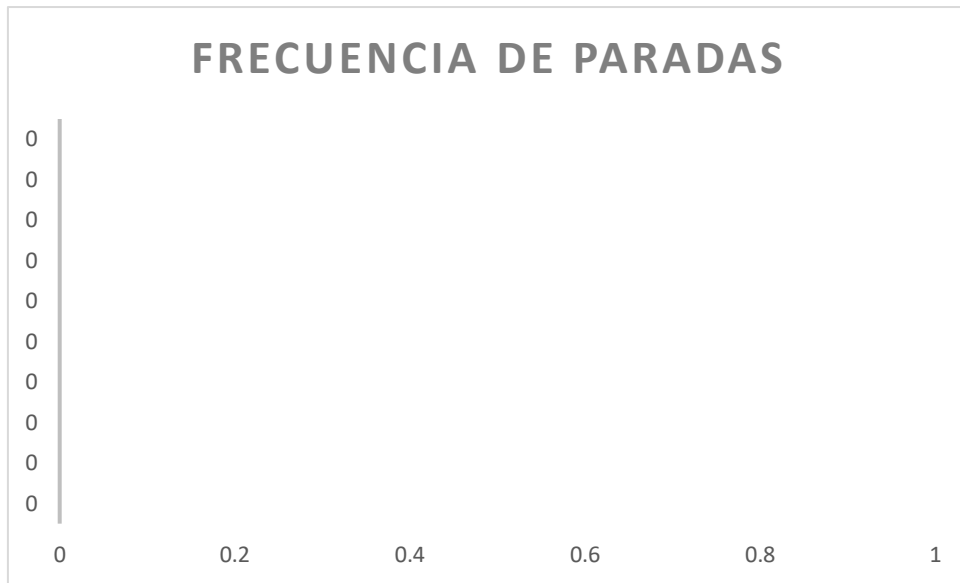
Tabla 6. Criticidad de los equipos.

Equipo y maquinaria	Frecuencia	%	Acumulado	Clasificación
Taladro de banco	4	13%	13%	A
Taladro manual	4	13%	27%	
Amoladora "4	4	13%	40%	
Amoladora "4	4	13%	53%	
Soldadora Arco eléctrico	4	13%	67%	
Soldadora eléctrica	3	10%	77%	
Taladro radial	3	10%	87%	B
Amoladora	2	7%	93%	
Amoladora "9	1	3%	97%	
Taladro percutor	1	3%	100%	C
Taladro percutor	0	0%	100%	
Torno	0	0%	100%	
Torno	0	0%	100%	

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 6, se muestran los equipos más críticos de la empresa en el cual se obtiene un total de 6 equipos dentro de la clasificación A, 3 equipos en la B y 4 equipos en la C.

Figura 5. Criticidad de equipos.



Fuente. Elaboración propia.

En la figura 5 se muestra la frecuencia de fallas que tiene cada máquina, el cual fue esencial para realizar un diagnóstico del estado de cada uno y realizar un plan que ayude a disminuir todas estas fallas.

Luego se pasó a realizar un mantenimiento autónomo, el cual sirvió para que los mismos trabajadores de la empresa puedan realizar tareas básicas de mantenimiento, sin que necesiten alguna intervención de un especialista en algo, ayudando a la empresa a reducir algunos costos y que puedan detectar los problemas ellos mismos.

Para poder realizar un correcto mantenimiento autónomo, primero se realizó un check list en el cual se describió las actividades que los mismos operarios pueden realizar para verificar los estados de las máquinas.

Figura 6. Mantenimiento autónomo.

Mantenimiento autónomo		Nº.....
Actividades	Revisión	Estado
Limpieza general semanal		
Verificar ruidos normales		
Verificar el estado de manguera de gas		
Revisar estado de cable de alimentacion a tierra		
Limpiar regulador de presion		
Verificar el estado del tranformador de la soldadora		
Verificar estado de ejes del taladro		
Verificar tablero de control		
Ajuste y engrase de cremallera		
Revisar estado de prensa y mesa		
Verificar rodamientos del taladro		
Revisar estado de rodamientos		

Observaciones:.....

Trabajador:.....

Fecha:.....

Firma

Fuente. Elaboración propia.

Asimismo, se elabora una tabla en el cual se encuentra los distintos sistemas que tiene cada uno de los equipos críticos, además de cada componente de el que se debe arreglar.

Tabla 7. Sistema y componentes de los equipos y maquinaria.

EQUIPO O MAQUINA	SISTEMA	COMPONENTE	
Soldadora eléctrica	Arco	Mecánico	Ruedas de arrastre, carcasa, pinzas
		Eléctrico	Cableado de alimentación, puesta a tierra, transformador, interruptor
Soldadora eléctrica		Mecánico	Ruedas de arrastre, carcasa, Pistola, pinza a tierra
		Eléctrico	Cableado de alimentación, puesta a tierra, transformador, interruptor
Taladro de banco		Mecánico	Carcasa de motor, Manivela de accionamiento vertical, mandril
		Eléctrico	Motor , Switch, Cable de alimentación
Taladro manual		Mecánico	Motores , Switch, Tablero de mando
Amoladora "4		Mecánico	Carcasa, rodamientos internos, brida
		Eléctrico	Switch, carbones, rotor eléctrico, Cable de alimentación
		Eléctrico	Motores , Switch, Tablero de mando
Taladro radial		Mecánico	Carcasa de motor, manivelas de mando y ajuste, columna guía, mandril

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 7, se muestra cada una de las maquinarias junto al tipo de sistema que tienen y sus componentes de cada una, esto ayudo a detectar mejor de donde proviene las fallas que hacen que la maquinaria tenga paradas inesperadas.

Tabla 8. Costos de mantenimiento post aplicación.

Descripción	Costo
Mano de obra	60
Luz	32
Repuestos	80
Equipos nuevos	150
TOTAL	322

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 8, se muestra el costo de mantenimiento, teniendo 322 soles al día. Luego de aplicar el TPM se redujo el costo de mantenimiento considerablemente, pero esto debe ser monitoreado para que no incremente en un futuro.

Tabla 9. Variación de los costos

Ítems	Número
Costos antes	490
Costos nuevos	322
Variación	34%

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 9, se muestra una variación de los costos en 34%, siendo esto un cambio significativo en beneficio de la rentabilidad de la empresa metalmecánica Paredes.

Además, las hojas de vida de las maquinarias se encuentran en el anexo (ANEXO 3), como los respectivos formatos de controles (ANEXO 4).

Luego de haber realizado la planeación de mantenimiento y aplicado estas medidas, se pasó a calcular la nueva disponibilidad de las máquinas críticas.

Tabla 10. Disponibilidad post aplicación.

Maquina	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
Soldadora arco eléctrico	97%	98%	95%	90%
Soldadora eléctrica	96%	97%	97%	90%
Taladro de banco	95%	99%	100%	94%
Taladro manual	96%	98%	95%	89%
Moladora 4"	98%	97%	96%	91%
Moladora 4"	96%	97%	100%	93%
Promedio	92%	85%	95%	91%

En la tabla 10 podemos observar la nueva disponibilidad de las máquinas, teniendo un 91% en promedio al día. Esto quiere decir que ya las maquinas están funcionando en óptimas condiciones, pero se debe estar constantemente supervisando ya que es un método de mejora continua y así hacer que las maquinas funcionen a su 100%.

Como segunda herramienta se aplicó las herramientas 5s para complementar nuestro TPM y solucionar nuestros problemas críticos.

Tabla 11. Porcentaje de cumplimiento de las 5s ante de la aplicación.

Ítem	TOTAL	%
SI	8	35%
NO	15	65%
TOTAL	23	100%

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 11 se puede observar un resumen del check-list (ANEXO 2) realizado para determinar el cumplimiento de las 5s antes de implementarla, el cual nos da un resultado de 65% de incumplimiento y 35% de cumplimiento de las 5s.

Clasificar

Para aplicar el método de las 5s comenzamos por clasificar los objetos que se han encontrado alrededor del área de producción, con la finalidad de determinar su grado de utilidad si sirven o no.

Tabla 12. Clasificación de los objetos encontrados.

ARTICULO	CLASIFICACION	INSERVIBLE	SERVIBLE
Piezas de fierros	Materia prima		x
Fierros desperdicios	Material	x	
Moledora	Herramienta		x
Soldadura	Materia prima		x
Discos de corte	Herramienta		x
Clavos	Material	x	
Llaves	Herramienta		x
Vasos descartables	Accesorios	x	
Botellas de gasolina	Accesorios		x
Martillo	Herramienta		x
Trapos	Artículo de limpieza		x

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 12 se ha clasificado los distintos objetos encontrados en el área de acuerdo a su tipo, asimismo si es útil o no en la producción de los protectores.

Figura 7. Tarjeta roja.

TARJETA ROJA		
NOMBRE DEL ARTICULO		
CATEGORIA	1. Maquinaria 2. Accesorios y herramienta 3. instrumento de medicion 4. Materia Prima	6. Inventario en proceso 7. Producto terminado 8. Equipo de oficina 9. Librería y papelería 10. Limpieza o pesticidas
FECHA	LOCALIZACION	TIPO DE COORDENADA
CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR
RAZON	1. No se necesita 2. Defectuoso 3. No se necesita pronto 4. Material de desperdicio 5. Uso desconocido	6. Contaminante 7. Otro _____ _____
Consideraciones especiales de almacenaje		
<input type="checkbox"/> ventilacion especial <input type="checkbox"/> en cama de _____ <input type="checkbox"/> fragil <input type="checkbox"/> maxima altura _____ cajas <input type="checkbox"/> explosivo <input type="checkbox"/> ambiente _____ °C		
ELABORADO POR	Departamento o seccion	
FORMA DE DESECHO	1. Tirar 2. Vender 3. Otros 4. Mover areas de tarjetas rojas 5. Mover otro almacen 6. Regresar proveedor interno o externo	Desecho completo firma autorizada
FECHA DE DESECHO	Firma de autorizacio	FECHA DE DESPACHO
Nombre:	Nº0001:	Logo
Fecha:		

Fuente. Elaboración propia.

Por otro lado, se uso también una tarjeta roja el cual ayuda a que los operarios aprendan a identificar los objetos que sirven y que no sirven y donde deberían estar. Esto es muy importante en la empresa ya que te ayudara a ser un poco más específico para ordenar las cosas.

Ordenar

En la segunda etapa se ordenarán los objetos encontrados, según sea su utilización, para ello se hará uso de estantes y algunos otros objetos según sea el caso.

Tabla 13. Orden de los objetos.

Artículo	Frecuencia de uso	Acciones correctivas
Piezas de fierros	Siempre	Ubicarlas en un andamio de acceso rápido
Fierros desperdicios	A veces	Ubicar en una caja de desperdicios metálicos
Moladora	Siempre	Ubicarlas en una mesa solo para herramientas
Soldadura	Siempre	Ubicarlas en una repisa solo de soldaduras
Discos de corte	Siempre	Ubicarlas en una mesa solo para herramientas
Clavos	Nunca	Ponerlos en un pomo
Llaves	A veces	Comprar una caja de herramientas chicas
Vasos descartables	Nunca	Botar a la basura
Botellas de gasolina	A veces	Ordenarlas en un lugar de fácil acceso
Martillo	Siempre	Ubicarlos en una caja de herramientas
Trapos	A veces	Ponerlos en una caja

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 13 se puede observar la acción correctiva de cada uno de las piezas encontradas, buscando un mejor orden, para ellos se llevará a cabo la compra de una caja de herramientas para guardar herramientas como llaves, alicates entre otros, asimismo, se usará un espacio distribuido para poner las distintas herramientas pesadas o los fierros a utilizar para la producción.

Es importante realizar esta etapa ya que evita que los operarios sufran algún accidente, ya que existen muchos objetos punzantes los cuales se encuentran regados en el área, esto pueden ser peligrosos ya que el operario puede sufrir alguna caída y lastimarse con ellos.

Limpiar

Luego de tener los objetos ordenados, cada uno en el lugar que corresponde llega la tercera etapa de limpiar, el área ya está mejor despejada y se puede pasar a realizar la limpieza correspondiente, teniendo en cuenta que en una empresa metalmecánica existe muchos desperdicios mucha basura. Este paso es importante dejar las herramientas limpias y todo lo demás para evitar algún virus que pueda traerles problemas a nuestros operarios.

Estandarizar

La cuarta etapa consta en estandarizar los puntos anteriores, para ellos se tendrá la elaboración de un diagrama de flujo (ANEXO 6), en el cual se mostrará las formas correctas de hacer las cosas para tener un mejor trabajo y ser más productivo.

Disciplina

Por ultimo viene la etapa de disciplina, en esta fase se pasará a realizar un plan de capacitaciones al personal de la empresa (ANEXO 3), para que así sepan la forma correcta de realizar las actividades anteriores y eviten tener errores, asimismo cada día se realizará un check list de las 5s (ANEXO 2), el cual servirá para realizar los informes y ver si se está cumpliendo o no.

Tabla 14. Check-list de las 5s.






Ítem	TOTAL	%
SI	20	87
NO	3	13
TOTAL	23	100

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 14, se observa un nivel de cumplimiento luego de haber aplicado la herramienta de las 5s varias veces en un 87%.

Por último, se aplicó un PokaYoque para reducir errores que hacía el procedimiento más lento.

Figura 8. Diagrama de análisis de operaciones

N°	Actividades	Símbolos					Distancia (metros)	Tiempo
								
1	Requerir material	x						5
2	Elaborar orden de trabajo	x						5
3	Ingreso de material	x						10
4	Control de calidad de los fierros.		x					15
5	Llenado de baldes de agua	x						20
6	Lavado de los fierros	x						60
7	Traslado al área de corte				x		10	5
8	Medir los cortes	x						60
9	Realizar cortes de material	x						75
10	Inspección de calidad		x					15
11	Llamar a operario para sujetar uniones			x				35
12	Taparse los ojos para soldar	x						65
13	Soldado de uniones	x						90
14	Esmerilizar uniones soldados	x						35
15	Mojar uniones soldadas	x						30
16	Control de calidad		x					20
17	Transportar a almacén				x		10	25
18	Despachar.	x						30
	Total	12	3	1	2	0	20	600

Fuente. Elaboración propia.

Luego de realizar el diagrama de análisis, se realizó una causa y efecto de los errores más comunes que existen en el sistema productivo, para buscar soluciones y disminuir los tiempos muertos.

Principales errores y defectos de los accesorios que se utilizan para el acabado de las puertas.

Tabla 15. Errores y efectos de los problemas.

Nº	Actividades	Descripción	Error	accesorio
1	Lavado de fierros	Lavado de los fierros que llegan de almacén demasiado lento.	Se usa baldes de agua y cada llenado hace que demore más	Hidro lavadora alta presión
2	Soldado	Se llama a operarios al momento de soldar para sujetar las uniones y puedan hacer un perfecto soldado de fierros.	Llamar a los operarios que están haciendo otras labores.	Falta de sujetadores hidráulicos
3	soldado	Los operarios al momento de soldar deben taparse los ojos para evitar que la luz dañe sus ojos. Además, muchas veces solo cuentan con lunas que también son sujetadas por ellos	Usar las manos como medio de protección	Falta de casco soldador última generación

Fuente. Elaboración propia.

Como tercer paso se analiza cada error para buscar opciones de minimizar o eliminar los erros, entre esas opciones están:

- Erradicar la etapa de causa - error.

En este ocasión no se puede suprimir, ya que es una operación fundamental en el proceso del negocio.

- Reemplazar la etapa con un medio a prueba de error.

En este caso para lavar los fierros ya no se utilizarán los baldes, si no mangueras hidráulicas a presión, el cual ayudarán a que el operario no se esté desplazando frecuentemente y evitar algún accidente por resbalo o electricidad.

Por otro lado, se adquirirán sujetadores mecánicos para poder sujetar con firmeza los fierros para poder soldar correctamente, ya que como el área de soldado está al lado de área de torno, la vibración que se genera es demasiado fuerte.

Por último, se agregó cascos soldadores, ya que actualmente se cubren con la mano ocasionando demoras y accidentes por las chispas que saltan hacia su cara.

Por otro lado, si no se puede eliminar el error o lograr que sea imposible de hacerlo, se debe volver a indagar y buscar la raíz del error y descubrir cuál es y tratar de erradicarlo para que sus efectos no influyeran en el sistema productivo. Se toma en cuenta: métodos de inspecciones y establecer funciones: Ajuste o normativas.

En esta etapa se puede encontrar más información que se detalla a continuación:

Las consecuentes categorías de Métodos de Inspección proporcionan una breve retroalimentación: Inspección sucesiva.

Cada vez que otro colaborador siga con el proceso se tendrá en cuenta la comprobación del anterior paso realizado para evitar proceder con errores acumulativos.

Auto inspección, expresa que los colaboradores realicen un trabajo de verificación de la situación del trabajo y que puedan dar un diagnóstico al instante luego de hacerlo. Constatando así que el trabajo sea el correcto y se pueda continuar con el proceso. Inspección en la fuente.

Antes de iniciar el paso en el cual se causa el fallo en el proceso, se tiene que comprobar que el ambiente sea correcto dentro de todo el conocimiento que se tenga del proceso. Mucho más, en los errores que más se repiten, debe tener procesos estandarizados, por medio de informes que esté al alcance de todos los encargados, ya sea que cuenten con experiencia o no, debe ser parte de la guía de procesos.

Por último, paso, se realizó la estandarización y capacitaciones del personal para que no se vuelva a repetir los errores y enseñar a utilizar los mecanismos a prueba de errores agregados. En este caso, fue fácil la implementación ya que los mecanismos agregados no fueron muchas complicaciones para los operarios porque eran equipos que ellos conocían un poco y con un poco de supervisiones se pudo estandarizar e implementar correctamente todo.

Tabla 16. Productividad post lean manufacturing.

	Producción (Protectores puertas)	Horas hombre	Horas máquinas	Costo H.Hombre	Costo H.Máquina	Productividad mano de obra (protectores*Horas hombre)	Productividad maquinaria (protectores*Horas máquina)	Productividad Multifactorial
Febrero	10	30	91	4	6.5	0.33	0.11	0.80
Marzo	7	32	91	4	6.5	0.22	0.08	0.56
Abril	8	32	78	4	6.5	0.25	0.10	0.64
Mayo	10	28	84.5	4	6.5	0.36	0.12	0.80
Junio	9	28	78	4	6.5	0.32	0.12	0.72
Promedio						0.30	0.10	0.70

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 16 se obtuvo la productividad actual de la empresa, teniendo una productividad mano de obra de 0.30 protectores/horas hombres en promedio al día, una productividad de 0.10 protectores/horas máquina en promedio al día y una productividad multifactorial de 0.70.

Tabla 17. Antes y después de la productividad.

	Antes	Después	Variación
Productividad mano de obra	0.22	0.30	25%
Productividad maquinaria	0.08	0.10	20%
Productividad multifactorial	0.54	0.70	22%

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 17 se muestra la variación de la productividad, teniendo una variación del 25% en la productividad mano de obra, un 20% en la productividad maquinaria y un 22% en la productividad multifactorial.

Prueba de hipótesis

Para poder contrastar y evaluar la hipótesis se pasó a realizar una prueba de normalidad de Shapiro-Wilk ya que los datos obtenidos son menores a 30, entonces se aplicó la prueba T-Student.

Las hipótesis para la prueba de normalidad fueron:

H0: La productividad de la empresa metalmecánica Paredes sigue una distribución normal.

H1: La productividad de la empresa metalmecánica Paredes no sigue una distribución normal.

Los datos obtenidos a través de la prueba de normalidad son los siguientes.

Figura 9. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
VAR00001	.221	5	.200 ^a	.902	5	.421

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente. Software SPSS.

En la figura 16, se observa el nivel de significancia en la prueba estadística Shapiro-Wilk, los cuales son superiores a 0.05, por lo tanto, se admite la hipótesis nula; es decir que los datos de la productividad presentan una distribución normal. Por lo tanto, se llevó a cabo la prueba estadística de la T-Student.

H0: La aplicación de la metodología lean manufacturing no incrementa la productividad de la empresa metalmecánica Paredes, Chepén-2022.

H1: La aplicación de la metodología lean manufacturing incrementa la productividad de la empresa metalmecánica Paredes, Chepén-2022.

Los resultados encontrados en la prueba T-Student fueron:

Figura 10. Prueba de T-Student.

		Prueba de muestras relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Diferencias relacionadas							
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	para la diferencia				
Par 1	VAR00001 - VAR00002	.16200	.02168	.00970	Inferior	Superior	16.709	4	.000
					.13508	.18892			

Fuente. Software SPSS.

Posteriormente a realizar la prueba T-Student, percibimos un nivel de significancia de 0.0000, el cual es menor de 0.05, aprobando la hipótesis alternativa de la investigación, el cual confirma que el método lean manufacturing incrementa la productividad de la empresa metalmecánica Paredes.

V. DISCUSIÓN

La presente investigación se realizó en una empresa dedicada a la elaboración de protectores metálicos para puertas en la ciudad de Chepén, la cual tuvo como objetivo principal aplicar la metodología lean manufacturing para incrementar la productividad de la empresa Paredes.

La empresa Paredes no cuenta con ningún método de mejora continua que ayude a mejorar sus procesos y la calidad de sus productos, tras la aplicación de herramientas lean la empresa disminuyó los tiempos muertos que generaban demoras en la producción; asimismo, influyó en la reducción de los errores cometidos por los colaboradores y otros problemas dándole mejor posicionamiento frente a sus competidores y el rubro industrial a donde pertenece.

Según el primer objetivo específico, donde se determinó la situación de la empresa, se observó los diferentes problemas que tiene la empresa y cuáles son los más críticos para darle solución. Además, se realizó un diagrama de flujo para poder detallar cada uno de los pasos que hay en el proceso productivo y examinar más a detalle los errores. Asimismo, la productividad actual de la empresa fue de 0.54 soles.

Lo anterior mencionado es semejante a Calua y Jara (2020), el cual realizó un diagrama de flujo y Pareto para determinar los problemas que tiene la empresa en el área de producción.

Del mismo modo para Aznarán (2020), en la empresa metalmecánica de aluminio, aplico diagramas de análisis y de operaciones ya que te da una visión más amplia de la empresa u área para poder analizar correctamente.

Lo anterior mencionado está respaldado por Chase (2015), donde nos dice que la herramienta de Pareto es una de las mejores y más utilizadas en el mundo de la investigación para poder determinar los problemas más críticos.

Asimismo, Ríos (2018), nos dice que el diagrama de análisis y operaciones es esencial para conocer el proceso de tu empresa y que no se te escape nada, esto ayudará también a la toma de decisiones.

Por otro lado, respecto a nuestro segundo objetivo, en donde se aplicó el método lean manufacturing, se realizó el mantenimiento preventivo total para reducir las paradas inesperadas de la maquinaria. Asimismo, se obtuvo el OEE de los equipos, teniendo un OEE inicial de 75% y unos costos de mantenimiento en promedio al día de 490 soles. Asimismo, luego de la implementación del TPM se logró un OEE de 91% con unos costos de 322 soles.

Este está relacionado a Canchingre y Simbaña (2017), en donde realizó un mantenimiento preventivo total obteniendo un OEE inicial de 70% con costos de mantenimiento elevado a los 817 soles.

Además, Canchingre y Simbaña (2017) luego de aplicar el mantenimiento preventivo total logró una disminución de las paradas del 25% teniendo un OEE nuevo de 95% similar a nuestra investigación.

Por otro lado, Aznarán (2020) en su empresa metalmecánica de aluminio luego de aplicar el TPM obtuvo una disminución de las paradas de las máquinas en 75.3% siendo esto un valor demasiado alto a lo encontrado, por el motivo de que son procesos distintos y máquinas distintas a las que se usa normalmente.

Lo anteriormente dicho es avalado por Gómez (2016), en donde nos dice que el mantenimiento preventivo total se puede aplicar en cualquier industria que tenga maquinaria y equipos y que gracias a su aplicación ayuda a mejorar la competitividad de la empresa y la disponibilidad de los equipos.

En relación a nuestro segundo objetivo, se llevó a cabo la aplicación de las 5s, teniendo un porcentaje de cumplimiento inicial de 35%, además consecuentemente de haber aplicado todo este método se logró un cumplimiento de 87%.

Este resultado tiene semejanza con Paredes (2018) en cual aplicó esta herramienta en el área de producción de su empresa metalmecánica logrando una variación del nivel de cumplimiento de 68%.

Asimismo, Arcela y Castillo (2019) en una empresa del sector metalúrgico aplicó las 5s pasando de un nivel de 41% a 75%, teniendo una variación de 45%, datos

muy alejados de nuestros resultados. Esto se debe a que la herramienta esta aplicada en industrias muy diferentes a la de nuestra investigación.

Resultados avalados por Mike Ross (2017) el cual nos dice que esta herramienta es una muy simple pero muy eficaz, la cual ayuda a crear habitos en las personas y sobre todo mejorar la eficiencia y eficacia de los procesos.

Asimismo, Ramírez y Soler (2016) nos dice que esta herramienta ha sido mal aplicada por muchos años, y que la productividad depende de muchos factores y esta herramienta ayuda que esta mejore, quizás no significativamente pero que no hay duda que mejora.

Con respecto a nuestro último objetivo específico, el cual es prever los indicadores nuevos de productividad, se logró obtener una productividad multifactorial de 0.70 logrando incrementar un 22%.

Este resultado es similar a Paredes (2018) en donde luego de aplicar las herramientas necesarias para su investigación, logro incrementar la productividad global en 16.36%.

Del mismo modo Carpio (2017) luego de la aplicación de las herramientas lean pudo incrementar la productividad en 29.45% mejorando así la producción y los tiempos improductivos.

Según el objetivo principal, la aplicación del lean manufacturing si ayudó a incrementar la productividad, teniendo una variación de la productividad multifactorial de 22%, pasando de 0.54 a 0.70, reflejando la importancia que tiene este método en este sector.

Resultados similares a Carpio (2017), donde aplicó la manufactura esbelta a una línea de producción que se dedicaba a construir estructuras metálicas, logrando un incremento de 29.45%

Asimismo, en la tesis de Paredes (2018), implementó algunas herramientas lean en su área de producción en su empresa metalmecánica, teniendo un incremento de su productividad multifactorial de 16.36%.

Además, Aznarán (2020), luego de aplicar el método lean manufacturing en su empresa metalmecánica de aluminio, logró incrementar la productividad mano de obra en 17.8% pasando de 12.5 a 15.2 protectores/horas hombre. Datos un poco distintos ya que son productividades diferentes.

Lo anterior es avalado por Hernández, Bautista y Castillo (2016), los cuales nos dice que la aplicación de cada una de las herramientas lean ya sea juntas o separadas ayuda a dar una mejoría en la productividad de los negocios.

Asimismo, para Socconini (2019), nos da a conocer de la importancia que es esta metodología en las industrias, ya que gracias a sus múltiples herramientas que presenta ayuda satisfactoriamente a eliminar o disminuir cualquier desperdicio que presenten las empresas, validando los resultados encontrados.

Del mismo modo Christina Gay (2016), nos dice que el mayor problema que tiene un negocio son los desperdicios y que gracias a una aplicación correcta de cualquiera de estas herramientas es de mucho beneficio para los negocios ya que ayudan a mejorar la producción y la productividad.

Por último, cabe destacar las dificultades que se tuvo respecto a los otros investigadores ya que fue difícil aplicar algunas mejoras debido a la crisis que subsiste en la fecha. Además de tratar de convencer a los dueños de aplicar estas herramientas ya que muchos de ellos están desinformados y tienen un poco de temor.

VI. CONCLUSIONES

Luego de aplicar el método lean manufacturing se concluyó lo siguiente:

1. Se concluyó que en la evaluación de la situación actual de la empresa se encontraron diversos problemas por lo cual se realizó un diagrama de flujo, Pareto e Ishikawa para determinar los problemas más críticos de la empresa, además se encontró una productividad multifactorial actual de 0.54 soles.
2. Se concluyó que la aplicación de la metodología lean mejora la productividad, además se ejecutaron las herramientas como, mantenimiento preventivo total, pasando de un OEE de 75% a 91%, asimismo se aplicó la herramienta de las 5s pasando de un nivel de cumplimiento de 35% a 87%.
3. Posterior se concluyó que la aplicación de la metodología lean manufacturing obtuvo una productividad multifactorial de 0.70, teniendo un incremento del 22%. Se optó por la prueba de Shapiro-Wilk determinando unos datos normales; dando un nivel de significancia de 0.421, continuamente se realizó la prueba T-Student aprobando la hipótesis del proyecto.
4. Por último, se concluyó que la aplicación de la metodología lean manufacturing en la empresa metalmecánica Paredes fue positiva, logrando pasar de una productividad multifactorial de 0.54 a 0.70, teniendo un incremento del 22%.

VII. RECOMENDACIONES

Dar seguimiento a cada una de las herramientas aplicadas, ya que son herramientas de mejora continua constantemente se deben estar mejorando y evitando nuevos desperdicios que puedan surgir.

Realizar un plan de seguridad ya que hay mucho desorden y falta de EPPs en donde los operarios pueden tener algún tipo de accidente y ocasionar costos y mala reputación al negocio.

Tener un control diario de las maquinas e inspeccionar ya que algunas de ellas son muy antiguas y pueden fallar un poco más rápido que las otras a pesar de realizarles un mantenimiento.

Realizar capacitaciones constantes a los operarios sobre la aplicación correcta de cada una de las herramientas, ya que parecen ser fáciles pero un mínimo descuido o una incorrecta aplicación de las herramientas no causaría efecto alguno en mejorar los procesos.

REFERENCIAS

1. Rojas, Italo. Manufactura Esbelta en la industria peruana: una revisión sistemática en documentos científicos de la base de datos Ebsco. Tesis (Bachiller en Ingeniería Industrial). Perú. Universidad Privada del norte. 2018. 114 pp.
2. VARGAS, José y BAUTISTA, Gabriela. Lean manufacturing, una herramienta de mejora en la producción. Revista Redalyc. (5): 17, pp.153-174, 2016 [fecha de consulta: 05 de noviembre de 2021]. DOI: 1856-8327.
3. CARPIO, Juan. Implementación de la manufactura esbelta en la línea de producción de la empresa SEDEMI SCC. Tesis (Ingeniero Industrial). Ecuador: Universidad nacional de chimborazo. Facultad de Ingeniería. 2017. 158 pp.
4. DE LA CRUZ, Arcela y Castillo. CAVES, Richard. Industrial Efficiency in six Nations. China: IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 152-pp, 2019 [fecha de consulta: 01 de octubre de 2021].
5. CANCHINGRE, Luis y SIMBAÑA, Oscar. Mejoramiento del sistema productivo a través de las herramientas de manufactura esbelta en la línea de producción de puertas enrollables en industrias metálicas vilema. Tesis (Ingeniero Industrial). Ecuador: Escuela superior politécnica de chimborazo. Facultad de Ingeniería. 2017. 158 pp.
6. PAREDES, Nelson. implementación de herramientas lean manufacturing para mejorar la producción en una empresa metalmecánica. Tesis (Ingeniero Industrial). Perú: Universidad nacional mayor de San Marcos. Facultad de Ingeniería. 2018. 103 pp.
7. AZNARÁN, Jesús. aplicación de herramientas lean manufacturing para mejorar la productividad en la empresa metalmecánica de aluminio. Tesis (Bachiller en ciencias). Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ingeniería. 2020. 125 pp.

8. CALUA, Alex y JARA, Melissa. Propuesta de aplicación de herramientas lean para incrementar la productividad de una empresa metalmecánica. Tesis (Ingeniería industrial). Perú: Universidad Tecnológica del Perú. Facultad de Ingeniería. 2020. 92 pp.
9. SOCCONINI, Luis. Lean manufacturing paso a paso. 1 .ed. Edita: Marge books. 2019. 311 pp. [fecha de consulta: 05 de octubre de 2021]. DOE: 978-84-17903-04-6.
10. Sarria, M. P., Fonseca, G. A. y Bocanegra. Modelo metodológico de implementación de lean manufacturing. Revista EAN, 83, PP 51 – 71, 2017.
ISBN: 0120-8160
11. SOUSA, Ines y FREITAS, Filipa. Journal of technology management and innovation. Revista Scielo, (10) 3, pp 120-130, 2015.
DOE: 0718-2724
12. León, Maralunda y Gonzáles. Factores claves de éxito en la implementación de lean manufacturing en algunas empresas con sede en colombia. Revista Scielo, (18): 1, 2017.
ISSN: 0124-8693
13. HEYMANS, Brian. Liderando la empresa lean. Revista redalyc, (44): 5, p.28, 2015.
DOE: 0019-8471
14. CHRISTINA, Gay. Wastes of lean manufacturing. Machinometrics. Revista Redalyc, (10): 2, pp.1-145, 2016 [fecha de consulta: 05 de octubre de 2021].
15. HERNANDEZ, José, BAUTISTA Gabriela y CASTILLO, María. Leanmanufacturing una herramienta de mejora de un sistema de producción. Revista redalyc, (5): 17, pp.12-256, 2016.
DOE: 1856-8327
16. GÓMEZ, Carola. Mantenimiento preventivo total una visión global. [en línea]. 1ª edición, pp.98-214, 2016. pp.98. [fecha de consulta: 15 de octubre de 2021].

17. CONTRERAS, Carlos y VARGAS, David. Efectividad global de los equipos ajustados por costos. Revista redalyc, (45): 3, pp.12-95, 2020 [fecha de consulta: 15 de octubre de 2021].
18. POSADA, Juan. Interacciones y conexiones entre las técnicas 5s, SMED Y POKAYOQUE en procesos de mejoramiento continuo. Revista redalyc, (10): 20, 2017. DOE: 0123-921X.
19. TEJEDA, Anne. Mejoras de lean manufacturing en los sistemas productivos. Revista redalyc. (36): 2, pp-458, 2015. DOE: 0378-7680.
20. ROSS, Mike. System 5s. Revista redalyc. (12): 2, pp.125, 2017. DOE: 1794-8347
21. CARRO, Roberto y GONZALES, Daniel. Productividad y competitividad [en línea]. 1ª ed. Marge Books. 2015. 18-pp. [fecha de consulta: 10 de Setiembre de 2021].
22. CHASE, Richard. Administración de operaciones. [en línea]12ª ed. México, pp.25-124, 2015, [fecha de consulta: 18 de setiembre de 2021]. Disponible en: https://www.u-cursos.cl/usuario/b8c892c6139f1d5b9af125a5c6dff4a6/mi_blog/r/Administracion_de_Operaciones_-_Completo.pdf
ISBN: 978-970-10-7027-7.
23. PREKOPENKO Joseph. La gestión de la productividad. 1. ed. Ginebra: oficina internacional del trabajo. 2014. 333 pp.
ISBN: 92-2-305901-1.
24. GONZALES, Alonzo. Efectividad total de los equipos [en línea]. 1.ºed. Cuba: Universidad de Holguín, 2015 [fecha de consulta: 18 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.eumed.net/ce/2009b/hlag.htm>
25. PIÑERO, Edgar y VIVAS, Esperanza. 5S's program for continuous improvement, quality and productivity in the workplaces. Revista redalyc. (6): 20, pp.99-110, 2018.
26. KRUGMAN, Paul. La importancia de la productividad como componente de la competitividad. Revista Scielo (10): 5, pp.14-61, 2015 [fecha de consulta: 10 de abril de 2021].

27. MURILLO, Javier. Métodos de investigación de enfoque experimental. [en línea]. 1ª ed. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, pp.33, 2015, [fecha de consulta: 05 de abril de 2021].
28. SAMPIERI, Roberto. Metodología de la investigación. 6ta ed. Interamericana editores. 736, pp.634. 2015. ISBN: 9781456223960.
29. RAMIREZ, María y SOLER, Víctor. Lean manufacturing aplicación de las 5s. [en línea] Edición 20. España: Universidad politécnica de valencia, pp.11, 2016, [fecha de consulta: 05 de abril de 2021].
30. SCHARFF, Diana. Análisis de la implementación del pensamiento lean en empresas latinoamericanas y diferencias entre lean service y lean manufacturing. Tesis (Bachiller en ciencias con mención en ingeniería industrial). Perú: Pontifica universidad católica del Perú. 2020, p.35.
31. BUCZKO, Christina. Peru la transición hacia la industria verde, perspectiva de la industria manufacturera. Tesis (obtener el título de ingeniero industrial). Perú: Universidad de San Marcos. 2018, p.112.
32. CARRILLO, Luis. Una herramienta de fortalecimiento de las PYMES. Revista redalyc, (16): 33, pp.1-25, 2015. DOE: 2215-2458.
33. VERBA, Marco. Método de las 5s y su aplicación. Revista redalyc, (7): 1, pp.1-54, 2017. DOE: 1390-6968
34. Fernández, Jorge. Modelo integral de productividad, aspectos importantes para su implementación. Revista EAN, (5): 69, pp.110-116, 2018. DOE: 1390-6968
35. HERRERA, Tomás. La productividad y sus factores. Revista Redalyc, (15): 2, pp.47-60, 2017. DOE: 1512-1375
36. MEDINA, Bruno, La capacitación laboral como herramienta de mejoramiento empresarial. Revista Redipe, (10) 6, pp.17-305, 2021.
37. CORRAL, Guadalupe. Implementación de dispositivos a prueba de error para la eliminación de defectos de calidad en máquina de inyección de

- plástico. Tesis (obtener el título de ingeniero industrial). México: Universidad tecnológica de Chihuahua. 2016, p.55.
- 38.FIGUEROA, Ángelo. Implementación de la manufactura esbelta. Revista EAN, 83, PP 51 – 71, 2017.
ISBN: 0120-8160
- 39.GARRIDO, Maario. Manufactura esbelta una herramienta para mejorar la productividad de las empresas. Revista redalyc, (10): 17, pp.156-195, 2017.
DOE: 1856-8742
- 40.DOMENECH, José. Importancia del diagrama de análisis y operaciones. Cuba-Holguín.
Revista científica redalyc, 22(2):1-15, 2015.
ISSN: 1027-2127.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Escala
Variable Independiente: Lean manufacturing	Rueda (2016, p.7), “el lean manufacturing es una metodología con la finalidad de eliminar cualquier perdida, ya sea de forma temporal, material o procesos..”	Rueda (2016, p.7), “el lean manufacturing se puede medir según las herramientas que se emplean para disminuir los desperdicios.”	5s	% de cumplimiento	Razón
			TPM	$OEE = Disponibilidad * calidad * rendimiento$	Razón
			Poka Yoque	$Defectos = \frac{Cantidad\ de\ defectos}{Numero\ de\ protectores\ producidos} \times 100$	Razón
Variable dependiente: productividad	Krugman (2015), “la productividad es una relación entre el volumen de salida y el volumen de insumos que entran para tener tu producto. Es decir, mide la eficiencia con que los insumos son utilizados, como la mano de obra y el capital”.	“La productividad es el uso eficiente de los recursos, trabajo, capital, materiales, energía, información, en la producción de diversos bienes y servicios” (Krugman, 2015)	Productividad Mano de obra	$PMO = \frac{Protectores\ producidos}{Horas\ Hombre}$	Razón
			Productividad Maquinaria	$PM = \frac{Protectores\ producidos}{Horas\ máquinas}$	Razón
			Productividad Multifactorial	$PM = \frac{Protectores\ producidos * precio}{mano\ de\ obra * costo + maquinaria * costo}$	Razón

Matriz de consistencia.

TITULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	POBLACIÓN Y MUESTRA	TIPO DE INVESTIGACIÓN
Aplicación de la metodología lean manufacturing para incrementar la productividad de la empresa metalmeccánica Paredes, Chepén 2022.	¿De qué manera la metodología lean manufacturing mejora la productividad de la empresa metalmeccánica Paredes, Chepén-2022?	Aplicar la metodología lean manufacturing para mejorar la productividad de la empresa metalmeccánica Paredes, Chepén-2022.	<ul style="list-style-type: none"> determinar la situación actual de la empresa. diseñar y aplicar la metodología lean manufacturing en la empresa Paredes. medir la productividad y hacer un análisis estadístico. 	H1: La aplicación de la metodología lean manufacturing incrementará la productividad de la empresa metalmeccánica Paredes, Chepén-2022.	Lean manufacturing	<ul style="list-style-type: none"> 5s Mantenimiento preventivo total PokaYoque 	% de cumplimiento OEE= Disponibilidad*calidad*rendimiento Defectos= cantidad de defectos/n° de protectores producidos	Proceso productivo	Aplicada
				H2: La aplicación de la metodología lean manufacturing no incrementará la productividad de la empresa	Productividad	P. mano de obra P. maquinaria	Protectores producidos/horas hombre. Protectores producidos/hora máquina.		


				metalmecánica Paredes, Chepén-2022.		P. Multifactor ial	Protectores producidos * Precio/ Mano de obra * costo + Maquinaria * costo		
--	--	--	--	--	--	--------------------------	--	--	--

Fases de estudio	Fuentes de información	Técnicas	Instrumentos	Análisis de la información	resultado esperado
	Gerente	análisis documental	ficha de registro	Analizar datos	Determinar el estado actual de la empresa
determinar la situación actual de la empresa	Proceso productivo	Observación	Guía de observación	Analizar datos	
determinar la situación actual de la empresa	Proceso productivo	Observación	Guía de observación	Analizar datos	Determinar el estado actual de la empresa
	Proceso productivo	Observación	Checklist	Analizar datos	Determinar el estado actual de la empresa
manufacturing en la empresa Paredes	Proceso productivo	Observación	Guía de observación	Analizar datos	Aplicar las herramientas lean
diseñar y aplicar la metodología lean manufacturing en la empresa Paredes	Proceso productivo	Observación	Guía de observación	Analizar datos	Aplicar las herramientas lean
diseñar y aplicar la metodología lean manufacturing en la empresa Paredes	Proceso productivo	análisis documental	ficha de registro	comparar los datos	Aplicar las herramientas lean
medir la productividad y hacer un análisis estadístico.	Proceso productivo	análisis documental	ficha de registro	comparar los datos	Aplicar las herramientas lean Medir y analizar la productividad
medir la productividad y hacer un análisis estadístico.	Proceso productivo	análisis documental	ficha de registro	comparar los datos	Medir y analizar la productividad
Aplicar la metodología lean manufacturing para incrementar la productividad de la empresa metalmecánica Paredes, Chepén-2022					productividad

Formato Check list de las 5s


CATEGORIA	CRITERIOS	SI	NO
CLASIFICACIÓN Y DESCARTE			
1º S SEIRI	Se identifican claramente los elementos necesarios de los innecesarios (incluye muebles, equipos, archivo).		
	En carteleras se encuentra únicamente información vigente y/o necesaria.		
	Se observan afiches, publicidad y/o almanaques no institucionales en paredes, ventanas o puertas.		
	Los pasillos, escaleras y esquinas se encuentran libres de cajas, equipos y demás elementos que generen obstáculos.		
	Máximo un objeto personal decorativo (fotos, muñecos, porcelanas), por escritorio.		
	Sobre el escritorio únicamente se deben encontrar documentos de uso diario.		
	En cajones de escritorios y archivadores únicamente deben reposar elementos de oficina y papelería necesaria.		
	Existen canecas suficientes en el área o servicio de acuerdo al código de colores (verde, gris, roja)		
	Si el servicio ó área es asistencial, cuenta con contenedor para elementos cortopunzantes (guardianes) y recipientes para desechos anatomopatológicos y/o biosanitarios (caneca roja).		
	En área administrativa únicamente deben contar con recipientes para residuos ordinarios (caneca verde) y reciclaje (caneca gris).		
	Se encuentran debidamente rotuladas las canecas.		
Se realiza una adecuada segregación de residuos.			
ORGANIZACIÓN			
2º S SEITON	Todos los artículos y elementos tienen una ubicación específica o lugar adecuado.		
	Cajones, armarios, archivos, áreas de almacenamiento están claramente rotulados y organizados		
	Se consumen alimentos en el puesto de trabajo		
	Se ubica claramente un área para consumo de alimentos		
	Cuenta con menos de diez (10) elementos sobre el escritorio		
	Los documentos publicados en carteleras tienen una distribución organizada		
	LOS SIGUIENTE ITEMS SOLO APLICAN PARA ARCHIVO DE HISTORIAS CLINICAS		
	Rotulación adecuada de carpetas.		
	Historias clínicas organizadas cronológicamente.		
Historias clínicas archivadas en orden consecutivo.			
LIMPIEZA			
3º S SEISO	Superficies y equipos de trabajo se encuentran limpios, libres de material particulado (polvo)		
	Se realiza una adecuada segregación de residuos.		
	El correo interno (outlook) se revisa todos los días.		
	Las zonas comunes se encuentran limpias.		
	El área para consumo de alimentos se encuentra en estrictas condiciones de limpieza.		
	Las áreas sanitarias (baños) para personal, se encuentran en óptimas condiciones de limpieza.		
HIGIENE Y VISUALIZACION / COMPROMISO Y DISCIPLINA			
4º S SEIKETSU / 5º S SHITSUKE	El área o servicio cuenta con Gestor, lo identifican plenamente.		
	El personal se encuentra capacitado, entrenado y entiende la herramienta de las 5S y segregación adecuada de residuos		
	Se observa actitud receptiva de cada uno de los funcionarios		
	Se evidencia compromiso para el cumplimiento de tareas asignadas		
	Se hace uso de herramientas visuales que promuevan la cultura de las 5S y segregación adecuada de residuos		
	Se realiza retroalimentación al personal, en cuanto al avance en la implementación y/o mantenimiento de la herramienta de 5S y segregación de residuos.		
Se realizan auditorías regulares por parte de los Gestores.			

Anexo 3. Hojas de vida de las máquinas.

	METALMECANICA PAREDES	
NOMBRE	Maquina soldadora electrica	Codigo: MS-001 - MS-002
DESCRIPCION	Basan su funcionamiento en la creación de un arco eléctrico entre una varilla metálica revestida (electrodo) y la pieza a soldar. El arco genera calor, el cual funde parcialmente el material base y el electrodo, formándose un cordón de soldadura. Su uso es indispensable en el área de ensamble para la unión de diversos elementos. Origen: China.	
CARACTERISTICA	Tipos de electrodos: basicos-rutilicos-celulosicos-inoxidables. Diametro eletrodo: 1.6 mm - 4.0 mm	
CATEGORIA	CRITICO	

	METALMECANICA PAREDES	
NOMBRE	TALADRO DE BANCO	Codigo: TL-001 - TL-002 - TL-003 - TL-004 - TL-005
DESCRIPCION	Se utiliza para realizar perforaciones en distintos tipos de aceros. Su funcionamiento se basa en la rotación de una broca acoplada a un mandril, que es impulsado a través de correas por un motor eléctrico y en un movimiento de avance, que en este caso se realiza de forma manual. ORIGEN :	
CARACTERISTICA	Potencia motor: 2 HP.	
CATEGORIA	CRITICO	

Anexo 4. Formatos de controles de mantenimiento

	Orden de Trabajo de Mantenimiento	Código: OTM-MAZ 01
Máquina:	OT:	Fecha:
Hora de inicio:	Hora de finalización:	
Motivo		
Actividades realizadas		
Observaciones		
Trabajo Autorizado por:		
Trabajo Realizado por:		



Orden de Servicio de

Mantenimiento

Código: OSM-MAZ
01

Código de Máquina:		OS. N°:	Fecha:
Fecha de inicio:		Fecha de finalización:	
Tipo de Servicio		Descripción	
Mantenimiento Correctivo			
Mantenimiento Preventivo			
Mantenimiento Peditivo			
Otro			
Actividades realizadas			
Observaciones			
Servicio Requerido por:			
Servicio Realizado por:			



**Orden de Compra de Material y/o
Repuesto para mantenimiento**

**Código:
OCM-MAZ 01**

Código de Máquina:

OC. N°:

Fecha:

Requerimiento

Material y/o Repuesto

Cantidad

Observaciones

Solicitado por:

Recibido por:

Anexo 5. Imágenes de las 5s

Aplicación de las 5s



Anexo 6. Programa de mantenimiento

ELEMENTO:	SOLDADORA ELECTRICA	FRECUENCIA	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																			
			AGOSTO				SETIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
SISTEMA	Actividades		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
MECANICO	Limpieza General Semanal	SEMANTAL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Revisar estado de carcasa	MENSUAL				X				X				X				X				X
	Revisar el rollo de alambre de soldadura			X				X				X				X				X		
	Verificar ruidos anormales				X				X				X				X				X	
	Revisar estado de pistola de soldadura	TRIMESTRAL	X																X			
	Revisar estado de pinza de puesta a tierra		X																X			
	Verificar estado de manguera de gas Semestral	SEMESTRAL				X																
ELECTRICO	Verificar funcionamiento de interruptor Diario	DIARIO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Limpieza general Semanal	SEMANTAL				X				X				X				X				X
	Verificar ajuste de conexiones eléctricas	TRIMESTRAL			X				X				X				X				X	
	Verificar estado y funcionamiento de pulsadores				X				X				X				X				X	
	Revisar estado de cable de alimentación y tierra				X				X				X				X				X	
	Verificar estado de display	SEMESTRAL				X																
	Limpieza de motor de alimentación de soldadura				X																	
	Verificar estado de transformador Anual	ANUAL	X																			
NEUMATICO	Verifica conexiones de gas a la máquina Semanal	SEMANTAL			X				X				X				X				X	
	Verificar funcionamiento de regulador de presión Mensual	MENSUAL		X				X				X				X				X		
	Limpiar regulador de presión	SEMESTRAL				X																

ELEMENTO:	SOLDADORA ARCO ELECTRICO	FRECUENCIA	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																			
			AGOSTO				SETIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
SISTEMA	Actividades																					
MECANICO	Limpieza General Semanal	SEMANAL	X				X				X				X				X			
	Revisar estado de carcasa	MENSUAL			X				X				X				X				X	
	Revisar estado de ventilador			X				X				X				X				X		
	Verificar ruidos anormales				X				X				X				X				X	
	Revisar estado de pinza porta electrodo			X			X				X				X				X			
	Revisar estado de pinza de puesta a tierra Timestral	TRIMESTRAL	X												X							
ELECTRICO	Verificar funcionamiento de interruptor Diario	DIARIO			X																	
	Verificar ajuste de conexiones eléctricas	TRIMESTRAL		X												X						
	Revisar estado de cable de alimentación y tierra					X												X				
	Limpieza general	SEMESTRAL			X																	
	Llimpiar el sistema de refrigeración																					
	Verificar estado de transformador	ANUAL	X																			

ELEMENTO:	TALADRO DE BANCO	FRECUENCIA	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																			
			AGOSTO				SETIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
SISTEMA	Actividades		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
MECANICO	Limpieza General Semanal	SEMANTAL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Revisión de carcasa	MENSUAL			X				X				X				X				X	
	Revisar estado de ruedas y carcasa en general					X				X				X				X				X
	Revisa estado de mandril	TRIMESTRAL	X												X							
	Revisar si existen ruidos anormales				X												X					
	Revisar estado de mesa y prensa			X											X							
	Verificar estado de manivela de mando	SEMESTRAL	X												X							
	Revisar sistema de transmisión			X																		
	Ajuse y engrase a cremallera				X																	
	Lubricación al sistema de transmisión		X																			
ELECTRICO	Verificar estado de interruptor	MENSUAL		X				X				X				X				X		
	Verificar estado y funcionamiento de motor				X				X				X				X				X	
	Verificar estado de cable de alimentación	TRIMESTRAL		X												X						
	Verificar estado de pulsadores			X												X						

ELEMENTO:	TALADRO MANUAL	FRECUENCIA	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																			
			AGOSTO				SETIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
SISTEMA	Actividades																					
MECANICO	Limpieza general	DIARIO																				
	Verificar ruidos o vibraciones anormales	MENSUAL			X				X				X				X				X	
	Verificar estado de carbones					X			X				X					X				X
	Verificar y Limpiar ventilador	TRIMESTRAL	X												X							
	Verifica rodamientos				X												X					
	Verificar estado de Contactores	MENSUAL		X				X				X				X				X		
	Verificar estado de estator y rotor	TRIMESTRAL	X												X							
	Verificar estado de mandril			X																		

ELEMENTO:	AMOLADORA "4	FRECUENCIA	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																			
			AGOSTO				SETIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
SISTEMA	Actividades																					
MECANICO	Limpieza General Semanal	SEMANAL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Revisión de carcasa Mensual	MENSUAL			X				X				X				X				X	
	Revisar si existen ruidos anormales	TRIMESTRAL				X												X				
	Revisa estado de rodamientos		X											X								
	Lubricación al sistema de transmisión				X												X					
	Cambiar Rodamientos Semestral	SEMESTRAL		X																		
ELECTRICO	Verificar estado de pulsador Semanal	SEMANAL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Verificar estado de carbones Mensual	MENSUAL		X				X				X				X				X		
	Verificar estado de cable de alimentación	SEMESTRAL			X																	

ANEXO 7. Plan de capacitaciones.

		VERSION	1
	CAPACITACIONES	FECHA	OCTUBRE 10-2020
	CAPACITACIONES	PAG	01
	PLAN DE CAPACITACIONES		

Objetivo

Al término del curso cada uno de los participantes:

- Habrá comprendido las ventajas de contar con un Sistema de Calidad orientado a la Prevención en lugar de la Corrección.
- Dominará la Metodología a Prueba de Error y estará capacitado para aplicarla en su ambiente de trabajo generando efectivos dispositivos "poka-yoke" que reduzcan a cero los errores identificados.
- Habrá conocido diversas técnicas, metodologías, ejemplos y aplicaciones de los métodos a Prueba de Error para las industrias de productos y servicios.
- Conocerá la forma de implementar a nivel operativo la Filosofía "Cero Defectos".

Metodología

- Sesiones de teoría con alto grado de participación.
- Exposición audiovisual multimedia asistida por computadora.
- Ejercicios individuales y grupales.

Dirigido:

Personas que tengan o vayan a tener relación con el sistema de calidad de la empresa.

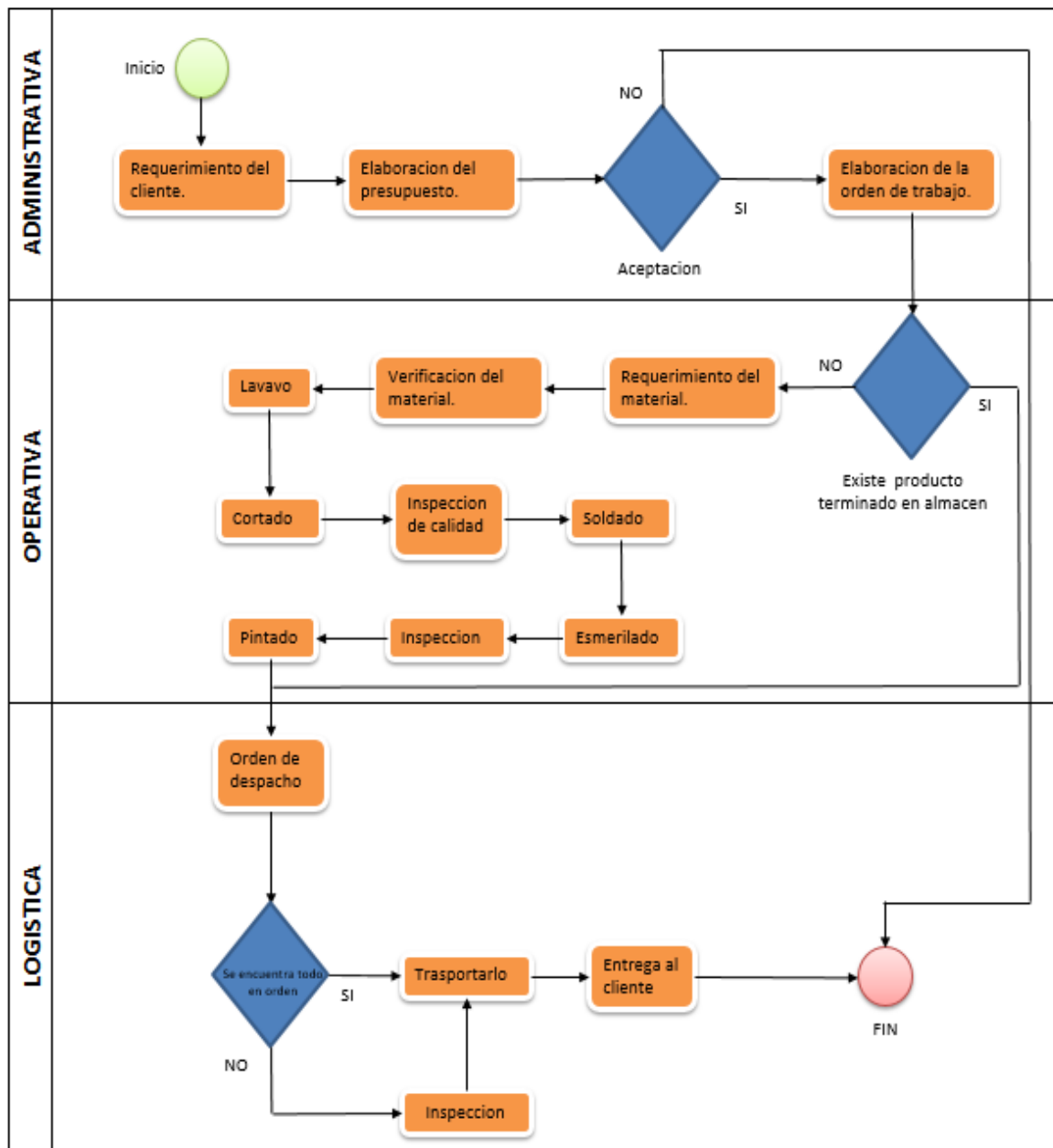
Duración

Quince horas repartidas en dos sesiones.

Temario:

- Introducción al ZQC
- ¿Qué es ZQC?
- ¿Por qué Cero Defectos?
- ¿Qué provoca los defectos?
- Tipos de inspección
- Inspección de juicio
- Inspección informativa
- Inspección de origen
- Generalidades del Poka-Yoke
- Ventajas del Poka-Yoke
- Tipos de Poka-Yokes
- Clasificación por tipo de inspección
- Clasificación por tipo de sistema
- Clasificación por tipo de método
- Métodos de contacto
- Tipos de dispositivos sensibles
- Tipos de sensores: de contacto físico, de energía, de condiciones físicas o ambientales
- Dispositivos asociados con los Poka-Yokes
- Métodos de valor fijo
- Poka-Yoke y TS/16949
- Métodos de paso / movimiento
- Metodología básica
- Matriz costo-tiempo
- Formato típico de un procedimiento
- Ejercicio: Casos de Métodos a Prueba de Error (10 casos)
- 5W + 1H.

Anexo 8. Diagrama de flujo



Anexo 9. Accesorios POKA YOKE

