

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS DE  
LEAN MANUFACTURING EN EL ÁREA DE  
PRODUCCIÓN PARA INCREMENTAR LA  
PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA EUROTUBO  
S.A.C.”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA INDUSTRIAL



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

Autora:

Nelida Gisselle Infantes Perez

Asesor:

Ing. Julio César Cubas Rodríguez

Trujillo - Perú

2021

## DEDICATORIA

Dedico esta tesis dirigiéndome a Dios, quien es el que guía mi camino y me llena de fuerzas para seguir cumpliendo mis objetivos y metas, sin él nada sería posible.

Con todo mi corazón a mi mamá Jessica y a mi papá Luis. A ti mamá por tus consejos, exigencias, valores inculcados hasta el día de hoy, pues tu bendición a diario y a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien, siempre serás mi héroe y ejemplo a seguir, gracias por sostenerme y alentarme cuando no veía salida a mis problemas. A ti papá, por estar en mis mejores y peores momentos, por demostrarme que soy tu prioridad y harías hasta lo imposible por verme feliz, gracias por siempre confiar en mí y acompañarme a lo largo de mi vida.

Con mucho cariño a mis hermanitos, Luciana y Alonso, porque son parte de mi prioridad para poder superarme día a día, quiero que con el ejemplo que puedo darles sean incluso mejor que yo.

Por último, a mi papá Víctor, porque me dio su amor, consejos y apoyo incondicional en vida; ahora que Dios lo tiene en su gloria es mi ángel, sé que celebra conmigo y está muy orgulloso de mi, desde donde está nunca me abandona.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a mis docentes de la Universidad Privada del Norte, por sus conocimientos, paciencia y apoyo los cuales me sirvieron para alcanzar los resultados que buscaba en mi proceso de investigación.

Por último, a familia en general, por confiar en mi y apoyarme siempre en mis decisiones, por ser mi soporte y apoyo incondicional, gracias por siempre estar presente.

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>8</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>28</b>
<b>CAPÍTULO II.RESULTADOS.....</b>	<b>65</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>75</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>85</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Matriz de operacionalización de variables .....	27
Tabla 2: Matriz de operacionalización de variables .....	35
Tabla 3: Registro de kg de material desperdiciados .....	37
Tabla 4: Costo de material.....	37
Tabla 5: Costo por tiempo improductivo por búsqueda de ítems .....	39
Tabla 6: Costo total perdido por errores de mano de obra .....	40
Tabla 7: Costo total perdido por fallas imprevistas de maquinaria .....	41
Tabla 8: Costo total perdido por hora hombre perdido .....	41
Tabla 9: Matriz de indicadores .....	42
Tabla 10: Fallas más comunes en el área de mezclado .....	44
Tabla 11: Descripción de las fallas más comunes en el área de mezclado.....	44
Tabla 12: Registro de kg de material desperdiciados implementando la herramienta Poka Yoke .....	48
Tabla 13: Plan de implementación de la herramienta 5'S .....	50
Tabla 14: Identificación de puntos críticos en las áreas de mejora .....	51
Tabla 15: Elementos necesarios para las áreas de mejora .....	53
Tabla 16: Formato de organización de elementos .....	54
Tabla 17: Formato de limpieza.....	55
Tabla 18: Formato de estandarización.....	57
Tabla 19: Formato de autoevaluación .....	58
Tabla 20: Costo por tiempo improductivo por búsqueda de ítems implementando la herramienta 5'S.....	59
Tabla 21: Formato de programa de capacitación.....	60
Tabla 22: Costo total mejorado implementando la herramienta de Plan de capacitación ...	61

Tabla 23: Pasos para la implementación del TPM .....	62
Tabla 24: Costo total perdido por fallas imprevistas de maquinaria implementado TPM ...	63
Tabla 25: Costo total perdido por hora hombre perdido implementando TPM .....	64
Tabla 26: Productividad de cada causa raíz.....	70
Tabla 27: Inversión para cada causa raíz.....	71
Tabla 28: Costo inicial, valor de salvamento y periodos para la depreciación de equipos .	71
Tabla 29: Depreciación de equipos en un periodo de 5 años .....	71
Tabla 30: Estado de Resultados .....	72
Tabla 31: Flujo de caja .....	73
Tabla 32: Indicadores económicos (VAN, TIR y PRI) .....	73
Tabla 33: Indicadores económicos (VAN ingreso, VAN egreso y B/C).....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Países con mayor cantidad de residuos de plástico en el año 2019 .....	11
Figura 2: Producción industrial de productos de plástico, 2013-2019 .....	12
Figura 3: Metodología de Lean Manufacturing: 5'S .....	20
Figura 4: Organigrama de la empresa Eurotubo S.A.C .....	30
Figura 5: Diagrama del proceso productivo de tubos de PVC .....	32
Figura 6: Diagrama Ishikawa .....	34
Figura 7: Diagrama de Pareto .....	36
Figura 8: Balanza electrónica para la medición del peso exacto del mezclado.....	45
Figura 9: Sensor de agua por flotador para la medición del material ingresado .....	45
Figura 10: Funcionamiento de un sensor de agua por flotador (sensor de nivel).....	46
Figura 11: Batidor industrial para un mezclado homogéneo.....	46
Figura 12: Flujo productivo del área en el mezclado implementando la herramienta Poka Yoke .....	47
Figura 14: Formato de tarjeta roja para elementos no necesarios .....	54
Figura 15: Beneficio económico por implementar Poka Yoke .....	65
Figura 16: Beneficio económico por implementar 5'S.....	66
Figura 17: Beneficio económico por implementar un Plan de Capacitación .....	66
Figura 18: Beneficio económico por implementar TPM.....	67
Figura 19: Pérdidas actuales de la empresa Eurotubo S.A.C. ....	68
Figura 20: Beneficios por implementar herramientas Lean Manufacturing.....	69
Figura 21: Beneficios en la productividad por implementar herramientas Lean Manufacturing. ....	70

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación (1) % personal capacitado.....	27
Ecuación (2) % de tiempos improductivos en el proceso de producción .....	27
Ecuación (3) Errores identificados en los procesos.....	27
Ecuación (4) Mantenimiento Autónomo .....	27
Ecuación (5) Productividad en la producción.....	27

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo general incrementar la productividad a través de una implementación de herramientas de Lean Manufacturing en la empresa Eurotubo SAC, herramientas como la implementación de Poka Yoke, 5'S, Plan de Capacitación y TPM

En primer lugar, se realiza un diagnóstico actual de la empresa en el área de producción para identificar los problemas críticos y los más accesibles a evaluar, dicha evaluación se analiza a través del método del Diagrama de Ishikawa, en el cual se plasma las causas raíces y sus problemas a evaluar.

De acuerdo a los datos obtenidos del Diagrama de Ishikawa, se prioriza las causas raíces más importantes medidas a través de un cuestionario; se escoge por intermedio de prioridades a través del método de Diagrama de Pareto.

Una vez finalizado el diagnóstico inicial de la empresa, las causas raíces presentan una pérdida anual de S/. 47,469.17 por no contar dentro de sus operaciones con las herramientas de Lean Manufacturing, no obstante, al finalizar la implementación de las mismas se genera un beneficio económico de S/. 37,498.33, reduciendo la pérdida inicial en un 79%.

Para solucionar la baja productividad de la empresa, se busca la implementación de herramientas de ingeniería, formatos normalizados que permiten controlar el proceso de producción. Es por ello, que se usaron las herramientas Poka Yoke, 5'S, Plan de Capacitación y TPM con la finalidad de incrementar la productividad en el área de producción, dando como resultado un incremento del 81% de productividad.

Finalmente se realizó una evaluación económica, arrojando un VAN de S/. 37,635.42, un TIR de 74%, un Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) de 2.03 años y un B/C de 2.08 de lo cual concluye que la propuesta de implementación es rentable para la empresa.

**Palabras clave:** "Lean Manufacturing", "Gestión de producción", "Manufactura esbelta"

## 1. CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Realidad problemática

El sector del plástico a nivel mundial, según UNCTAD (2021) menciona que, en términos de volumen, la fabricación de productos en base al plástico primario representa gran aporte del comercio exterior con un equivalente del 56%, consecutivo por productos finales de manufactura en un 21%, por el secundario representado por un 11%, bienes manufacturados al 10%, y finalmente los residuos o desperdicios equivalente a un 2%. Conforme el estudio los datos mencionados anteriormente, se tiene que la producción de los productos como textiles sintéticos y neumáticos de caucho son del 65% a nivel mundial. En el año 2018, la capacidad comercial del sector de plástico genero 350 millones de dólares equivalente a una producción de 196 millones de toneladas métricas, lo que representa un aproximado del 45% a nivel mundial.

De acuerdo al estudio, los países con mayor exportación de plástico son China, Estados Unidos e India. China es el principal país exportador de productos manufacturados derivados del plástico, además de ser el principal importador del mismo producto. Por ejemplo, India se encuentra en tercer lugar entre los 15 principales países generadores de plástico, generado a través de la producción de textiles sintéticos y aditivos que pueden utilizarse en la producción de plásticos. Tal y como se aprecia en la figura 1.

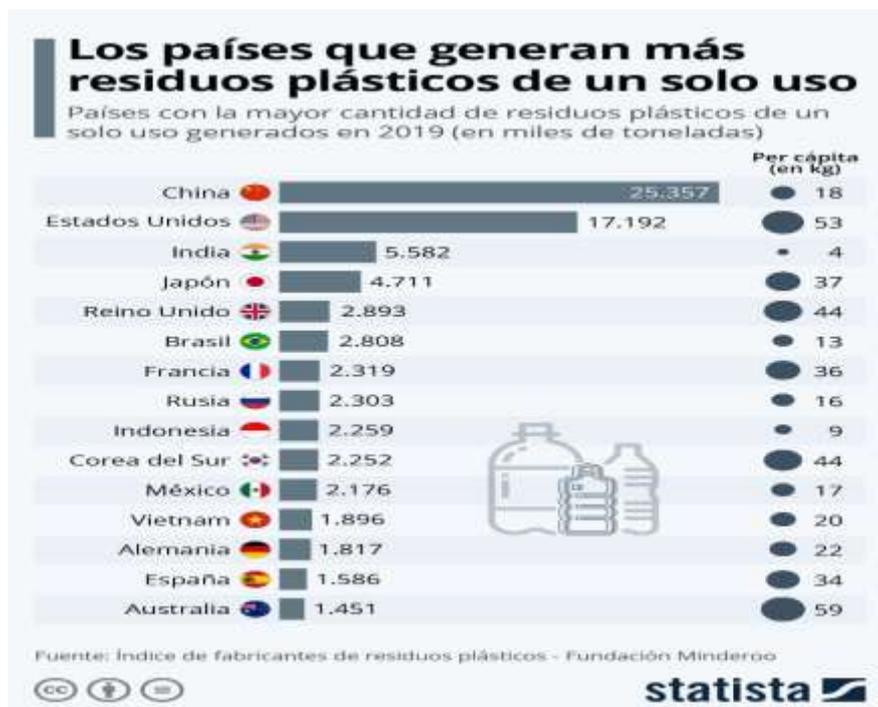


Figura 1: Países con mayor cantidad de residuos de plástico en el año 2019

Fuente: (Statista,2021)

En el ámbito nacional la industria la producción industrial del sector del plástico, tuvo una expansión entre el 4% a 5%, siendo la tasa más alta de crecimiento desde el año 2014. El buen incremento proporcional del sector se debió al crecimiento de otros sectores como el de la construcción, envases y embalaje con el propósito de cumplir con las demandas internas requeridas, de tal manera se puede indicar que fue un crecimiento directamente proporcional a otros sectores.

De igual modo, la demanda externa es otra variable a evaluar, en el año 2019 tuvo un crecimiento de hasta el 16% a comparación del año 2017.

El crecimiento en los meses de abril y mayo el crecimiento industrial fue de 4.2%, debido a un crecimiento exponencial del sector construcción, puesto que el crecimiento interno del sector de plástico se originó por las compras de tubos plásticos, fabricación de láminas de polipropileno, cintas de plásticos y más productos derivados del mismo

material. En la figura 2, se visualiza la producción industrial del sector plástico entre los años 2013 al 2019.

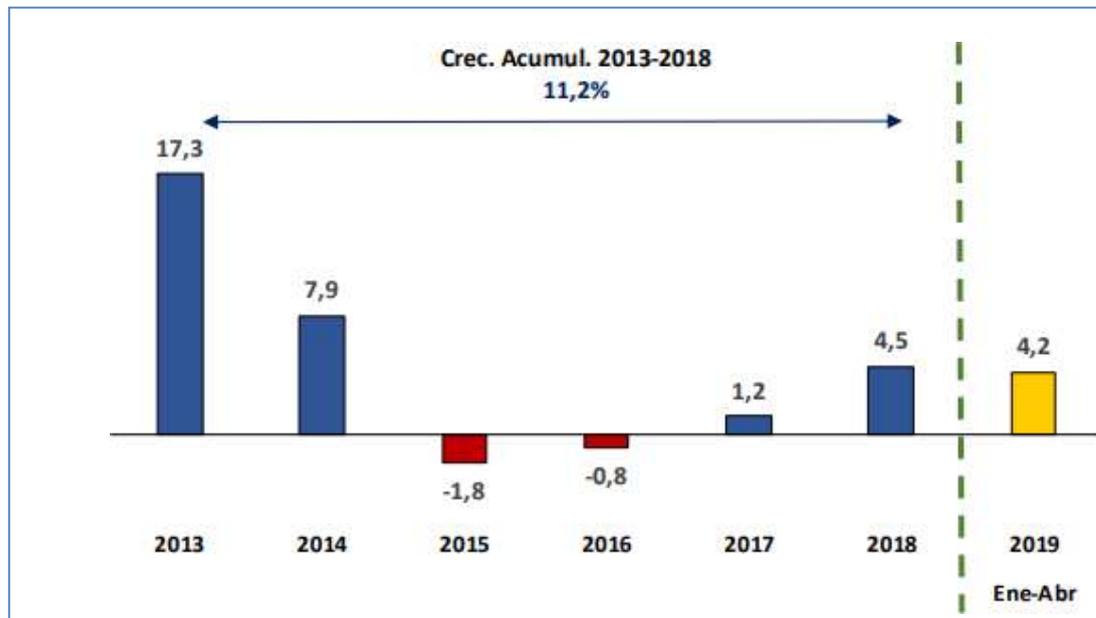


Figura 2: Producción industrial de productos de plástico, 2013-2019

Fuente: (IEES,2019)

En el ambiente local, el crecimiento del sector plástico es indiscutible, ha ido en los últimos años en aumentando conforme las necesidades actuales de nuestro país, de igual forma, gran parte del avance de este sector se debe a la integración del sector minero, proyectos de construcción y saneamiento, generando gran aporte a su tasa de crecimiento.

Actualmente hay muchas empresas dedicadas a la fabricación de tubos de PVC, entre las más destacadas e importantes tenemos la empresa Eurotubo S.A.C, de origen Libertense.

La empresa Eurotubo S.A.C, es una de las principales dentro del mercado para la fabricación de material de PVC, tuberías, accesorios y entre otras variedades de productos, pero a pesar de ser una empresa reconocida y con gran demanda de material, presenta problemas críticos dentro de sus líneas de producción, como es la rotación de personal constante, cada cierto tiempo el personal renuncia y se renueva generando

tiempos improductivos, exceso de merma, mal uso de la maquinas y/o equipos de producción generado por una capacitación paupérrima del personal a cargo, falta de manuales de procedimientos, desorden y falta de limpieza constante en las zonas de trabajos por una falta de supervision del personal operativo, falta de un cronograma de mantenimientos preventivos y falta de estandarización de procesos.

Los puntos criticos previamente descritos, generan una perdida monetaria de S/. 47,469.17 anualmente, distribuidos de la siguiente manera. Inexistencia de procedimientos productivos S/. 9,207.50, falta de orden y limpieza en el area de trabajo S/. 12,340.00, falta de un programa de plan de capacitacion S/. 7,560.00 y falta de un programa de mantenimiento preventivo S/. 18,361.67

El proposito de la presente investigación es aplicar las herramientas de ingenieria necesarias para resolver nuestra problemática fundamental, el cual es el aumento de productividad y el cumplimientos de nuestros objetivos generales y especificos. Implementado dichas herramientas la productividad se mejorara en un 81%.

## **1.2 Antecedentes.**

### **Antecedentes internacionales**

Orozco et al. (2016), en su trabajo de investigación menciona que los resultados obtenidos a través de las herramientas 5's, smed, mejoramiento del layout y un estudio de tiempos, mejoraron en un 65% la productividad, adicionalmente el proyecto genero 85 millones de pesos de ganancia neta, concluyendo la investigación en rentable para la empresa, cumpliendo su objetivo general, el cual fue el aumento de la productividad de su línea de producción ocasionando mejoramiento en el área de trabajo, reducción de tiempos, líneas de producción más eficientes e implementar indicadores de producción para un mejor control.

Martínez, A. (2016), en su trabajo de investigación afirma que la implementación de las herramientas de lean manufacturing como VSM, 5's y mantenimiento autónomo logro cumplir con el objetivo de incrementar la productividad, logrando la reducción de tiempos de producción en 235 minutos, mejorar la calidad de producción, mejorar la eficiencia de la línea de producción en un 53% a través de la herramienta 5's, el OEE incremento en un 12%, concluyendo el estudio en óptimo para su implementación a un futuro, todos los análisis dan como resultado una mejora en la productividad de la empresa.

Guerrero, I. (2016), en su tesis planteó objetivo general diseñar e implementar un sistema Lean Manufacturing para mejorar los procesos productivos de cárnicos, reduciendo los desperdicios y aumentando la productividad en la empresa Meat Pro S.A, en la cual se implementaron las herramientas de VSM, Kanban,5'S, TPM y Kaizen y como herramienta de apoyo para el sistema se usó un plan de capacitación, logrando reducir tiempos productivos de 4021 minutos a 3870minutos, además de que las herramientas lograron aumentar la productividad de 45% a 62% dentro de los procesos productivos.

Pachacama, D. (2016), en su tesis se formuló objetivo general mejorar la productividad de la empresa a través de las herramientas VSM, SMED, TPM, 5's y Kaizen; logrando reducir el tiempo de entrega de 21,2 días a 6,7 días, adicionalmente se implementó un indicador de eficiencia de maquinaria a través del OEE, incrementando su productividad en los procesos de estampado en un 1,05%, en el proceso de corte en 0,27%, proceso de granallado en un 0,18%, proceso de mecanizado en 5,27% y finalmente en el proceso de empaque en un 5,79% de mejora en la productividad.

Gallardo, J. (2016), en su tesis la cual se realizó una investigación sobre la implementación de la metodología Lean Manufacturing en un taller automotriz, permitiéndole obtener mejoras muy significativas en la productividad, reducción de costos y la participación del personal, reducción del tiempo de espera del cliente de 60 minutos a 40 minutos por vehículo, también se pudo disminuir el abastecimiento de stock de 120 minutos a 60 minutos, el cambio de Layout permitió separar en 2 grandes grupos los servicios

del taller, mecánica liviana y mecánica rápida lo que aumentó la eficiencia de toda el área y redujo a 100% los desperdicios de toda índole, y por último la herramienta VSM permitió identificar de forma visual todo el flujo de información y materiales de la empresa, así como procesos que no generaban valor.

#### **Antecedentes nacionales**

Chumbile, L. (2021), en su tesis titulada indica que los resultados fueron los esperados, obteniendo resultados a favor de la implementación de las herramientas, demostrado a través del indicador de productividad de mano de obra, el cual aumento en un 52%, causando un efecto en los costos de mano de obra disminuyendo en un 36%. Además de dicha mejora, el lead time de producción disminuyo en 15% ocasionando una mejora en la línea productiva. Se concluye la investigación en que la propuesta de mejora mediante las herramientas de Lean Manufacturing aumenta la productividad del área productiva de una empresa mobiliaria.

Ormeño, P. (2020), en su tesis menciona que debido a la implementación de herramientas de Lean Manufacturing su productividad incrementara hasta en un 123%, mejorando sus procesos productivos y sus tiempos, como el caso del lead time de producción el cual mejoro en 39% a través de la herramienta Kanban, consecutivo de dicha mejora, el tiempo estándar de producción se redujo en un 56% a través de la

herramienta 5's, finalmente se redujo el exceso de producción en un 10% a través de las herramientas lean aplicadas anteriormente. Concluyendo la investigación, el uso de herramientas Lean reduce el tiempo invertido en traslados en un 72%, generando un incremento de la productividad.

Portugal et al (2018), en su tesis para optar el grado de magister plantea como objetivo principal la implementación de un modelo de gestión para mejorar la eficiencia y productividad en la empresa a través de herramientas Lean como TPM, 5'S, SMED, OEE y la aplicación de indicadores de gestión, al culminar de la implementación de las herramientas, mejoraron los puntos críticos de la empresa, reducción de tiempos en un 60%, eficiencia de equipos aumento a 85% y la productividad de la línea de producción mejoró a un 78%, concluyendo que la implementación de las herramientas Lean fue la mejor opción para mejorar la productividad de la planta de producción.

Hernández, A. (2019), en su tesis teniendo como objetivo general determinar qué impacto genera la implementación de las herramientas Lean Manufacturing frente a la productividad de la empresa, básicamente la tesis se desarrolla en base a una implementación de la herramienta 5'S, creando una cultura de limpieza y orden en la empresa generando disminución de tiempos productivos y un aumento de su productividad hasta un 85%, y para generar mayor valor al estudio se creó métodos de trabajo para evitar accidentes de trabajo, paradas imprevistas, y mejor uso de los materiales.

Cuadros, K. (2020), en su investigación la cual se centra en la implementación de las herramientas para aumentar la productividad desarrollándose en 3 puntos de estudio, tiempo de ciclo el cual se logró disminuir hasta un 19%, los kg rechazados se redujeron hasta un 94% y las horas de falla por máquina se aumentó su eficiencia hasta un 85% de esa manera aumentando la productividad. Se logró dichas mejoras a través del

desarrollo de herramientas como las 5'S y un Mantenimiento Autónomo logrando aumentar la productividad en un 42%.

### **Antecedentes locales**

Marcos, A y Luna, F. (2020), en su tesis la cual tuvo como objetivo general el determinar el impacto de la propuesta de la aplicación de las herramientas de lean manufacturing para incrementar la productividad, lo cual se ve reflejado en los análisis descritos en la investigación a través de herramientas como mapeo de flujo de valor, 5's, Kanban y métodos de mejora. La empresa anualmente tiene una pérdida de S/ 370,159.56, al aplicar dichas herramientas mencionadas le empresa tuvo un beneficio de S/ 129,555,85, teniendo como rentable la implementación del proyecto con los indicadores financieros como el VAN, S/ 103,942.87, TIR, 81% y un beneficio costo de 1.47, indicando que es factible la implementación.

Sucre, D. (2020), en su tesis la cual tuvo como objetivo general determinar el impacto de la propuesta de aplicación de Lean Manufacturing para incrementar laproductividad en la empresa de estudio a través de herramientas como SMED, 5'S y Poka Yoke, teniendo como resultado un ahorro anual de S/2,025.00, S/6,001.15 y S/2,351.00 respectivamente de cada herramienta ya mencionada. Concluyendo la investigación como factible para la aplicación de las herramientas ocasionando una mejora del 74% y con indicadores financieros que abalan dicha investigación dando como resultad el VAN en S/4,830.76, TIR del 39% y un PRI de 3.86 año.

Tolentino, A. (2020), en su tesis la cual plantea como objetivo principal determinar el impacto de la propuesta sobre la variable independiente, se realizó la implementación de las herramientas para mejorar las causas raíces las cuales originaban una pérdida

anual de S/. 189,104.84, la propuesta se desarrolló en base a la aplicación de 5'S, SMED y Poka Yoke, logrando reducir los tiempos de búsqueda en un 77%, reducción de tiempo de cambio de formato a 10.3 minutos y reducción de merma a un 6.05%, evaluando la propuesta a través de indicadores económicos como el VAN, TIR y B/C, que tienen como resultado S/. 55,843.45, 44.16% y 1.19 por cada indicador respectivamente.

Alcántara, R. (2020). Su investigación se desarrolló en la aplicación de las herramientas VSM, 5'S y SMED, las cuales al implementarlas se logró disminuir el tiempo de ciclo de 0.87 a 0.78 minutos, también se logró aumentar la productividad en el área de recepción de material prima en un 76%, en el área de secado en un 79%, en el área de pilado en un 70% y finalmente en el área de envasado en un 66%, y finalmente se logró reducir el cuello de botella en un 96% en el área de secado y en el pilado en un 72%. Concluyendo la investigación que el costo beneficio por la implementación de las herramientas es que, por cada sol invertido, la empresa ganara 4.15 soles, demostrando la viabilidad del proyecto.

Vereau, G. (2020), en su tesis tuvo como objetivo principal la elaboración de la propuesta para aumentar la variable independiente, a través de las herramientas MRP y VSM. El diagnóstico inicial de su proceso da como resultado que hay mucha pérdida de tiempo, en total 480 minutos con una eficiencia del 86%, al proponer la herramienta de mejora y aplicarla, se logra reducir dicho tiempo a 463 minutos y aumentando la eficacia a un 89%, teniendo dicha propuesta mediante un financiamiento con una TEA del 12% y una inversión de S/.4592.

### **1.3. Bases Teóricas.**

#### **1.3.1. Lean Manufacturing**

Según el autor Gisbert, V (2015) indica que, Lean Manufacturing es una metodología orientada a la eliminación, o al menos, reducción de desperdicios en los procesos productivos, es un modelo de gestión que se enfoca en minimizar las pérdidas en el sistema de manufactura mientras maximiza el valor para el cliente final. Para ello, utiliza la menor cantidad de recursos. En resumen, los objetivos del lean manufacturing son mejorar la calidad de los productos, eliminar el desperdicio, reducirlos tiempos de producción y reducir los costos totales.

De igual forma el autor Andreu, I (2021), determina que Lean Manufacturing es “un sistema de organización del trabajo que pone el foco en la mejora del sistema de producción. Para esto se basa en la eliminación de aquellas actividades que no aportan valor al proceso ni al cliente”. Las actividades que se eliminan por no generar valor se les conoce como desperdicios ocasionando trabas dentro de la producción en tiempos altos de producción, incumplimiento del servicio, sobreproducción y entre más factores negativos.

#### **1.3.2. Herramienta 5'S**

López, C (2001). El concepto proviene desde Japón con la orientación de Deming, quien dirigió dicha terminología a la calidad de los procesos o mejoramiento continuo o también conocido como Kaizen. Se centra básicamente en el cuidado y estandarización de procesos, mantener tu área de trabajo ordenada y limpia, segura y organizada, puesto que si se tiene un

ambiente en buen estado incrementara su eficiencia la producción. Las 5's provienen de términos japoneses que ponemos en práctica en nuestras vidas diarias y que no son exclusivamente de la cultura japonesa, si no es algo innato de todos los seres humanos, y que en algún momento hemos aplicado dicha herramienta, sin siquiera tener conocimiento de ella.

La herramienta se divide de 5 pasos, los cuales son descritos en la siguiente figura.



Figura 3: Metodología de Lean Manufacturing: 5'S.

Fuente: (PDCA,2013)

A continuación, se describe cada fase de la metodología 5's:

Seiri: Clasificar

Es la primera etapa de la metodología y consiste en identificar los elementos que no son relevantes dentro del área de trabajo, sea parte operativa o administrativa. Podemos organizar nuestros elementos necesarios en estantes o lugares específicos para su orden, y todo lo que sea irrelevante o desperdicio que generen más acumulación de elementos, sea retirado de la zona de trabajo y almacenado en otra área. La decisión de almacenamiento de los elementos innecesarios se tiene que evaluar si dicho acopio es rentable o no.

Seiton: Ordenar

Sucesivamente después de la clasificación, se ordena el área de trabajo con los elementos que fueron seleccionado como necesarios para el área de trabajo. Se debe colocar en ubicaciones estratégicas para que sea más fácil el acceso a dichos elementos, también se pueden orden etiquetando los elementos para un rápido acceso, de esa manera generar una cultura de orden dentro de la zona de trabajo. Esta fase se debe realizar después de la clasificación y si no se orden correctamente como se requiere, los resultados no serán los esperados.

#### Seiso: Limpieza

El objetivo de esta fase es mantener nuestra zona despejada, limpia y segura ante cualquier elemento que genere alguna posibilidad de accidentes, estorbo, incomodidades y desorden. Después de ordenar, se debe lograr identificar los puntos de limpieza para ser minimizados o eliminados lo antes posible.

#### Seiketsu: Estandarización

En esta etapa lo que se busca es consolidar las etapas anteriores y estandarizar dicha mejora en documentos que avalen el estudio. Lo que la etapa busca es estandarizar los métodos de trabajo en base a procedimientos, manuales o formatos que apoyen dicha estandarización, de esa manera asegurar que el trabajador mantendrá los estándares de trabajo según lo establecido por la empresa.

#### Shitsuke: Disciplina

Una vez establecido las 4's anteriores, lo que se busca en mantener el estado actual de mejora, para ello se requiere ser constantes y disciplinados, y estar en constante supervisión, puesto que sí, se deja de lado suponiendo de que todo se mantendrá estandarizado, todo lo que se trabajó con esfuerzo se ira perdiendo

con el transcurso del tiempo. Se tiene que ir supervisando constantemente para evaluar replantear nuevos ajustes dentro de los procesos operativos.

### **1.3.3. Poka Yoke**

De acuerdo a la Escuela de Administración de Negocios para Egresados, más conocida como ESAN (2018), la herramienta Poka Yoke, tiene como objetivo prevenir y disminuir fallas comunes dentro de los procesos operativos, dentro de sus beneficios se encuentra la mejora de la calidad del servicio o producto, disminuye los costos operativos y aumenta la productividad.

El sistema Poka Yoke se centra en 4 pasos fundamentales:

1. Identificación de los problemas que generan errores en el proceso productivo.
2. Descripción del error.
3. Solución al error aplicando Poka Yoke.
4. Establecer procedimiento para la mejora continua de Poka Yoke.

Tipos de errores causados por el factor humano en las operaciones.

Errores comunes:

1. Olvido de los operarios.
2. Mal entendimiento de los procesos.
3. Falta de identificación de la falla (falta de conocimiento).
4. Colaborador nuevo y sin experiencia.
5. Negligencia por parte del operario al cometer una falla a propósito.
6. Descuido del operario por falta de atención.
7. Falta de manuales de procedimientos o estandarización de los procesos.

8. Laboran de forma empírica y sin ningún tipo de procedimientos.
9. Errores por ignorar las reglas o políticas de la empresa.
10. Mal uso de sus herramientas.

#### **1.3.4. Plan de capacitación**

Conforme al autor Torres, I (s.f.), menciona que un plan de capacitación “se trata de un programa, una planificación de la capacitación que se estima necesario realizar en una empresa”. Básicamente es un proceso que evalúa las necesidades por cumplir y la evaluación de los resultados y objetivos trazados de acuerdo a los estándares del usuario.

Beneficios que trae consigo la implementación de dicha herramienta:

- Mejora los conocimientos técnicos y prácticos de los trabajadores.
- Aumenta la productividad puesto que ayuda a mejorar las habilidades de los colaboradores.
- Reducción de costos operativos
- Disminución de errores dentro de los procesos operativos.

A continuación, se definen 3 pasos para poder elaborar un plan de capacitación de forma correcta.

Paso N° 1: Detectar la necesidad formativa

Este primer paso es una parte importante, porque es el comienzo de este programa de formación. Debe averiguar qué necesidades de capacitación tienen los empleados en función del conocimiento, la educación y las habilidades del trabajo que realizan. Este reconocimiento debe ser preciso porque te etiquetará después de buscar las operaciones de entrenamiento necesarias. Para evaluar las necesidades de capacitación, hágase esta pregunta: ¿Qué conocimientos y/o

habilidades necesita el empleado en el trabajo? Este será el objetivo de la formación, para que el trabajador adquiriera la capacidad que hoy en día no tiene.

Paso N° 2: Búsqueda de acciones formativas o de capacitación que cubran las necesidades

En este paso es cuando tienes que centralizar y enfocar en lo que tu empleado necesita para satisfacer la necesidad del puesto o función que vaya a realizar. Es frecuente que sea un error común de las empresas no identificar bien que necesidad necesita el empleado, porque no conoce con exactitud su perfil de puesto o los conocimientos y habilidades que tiene; es fundamental que se escoja con mucho cuidado que capacitación se aportara al empleado.

Paso N° 3: Qué hacer después de realizar un plan de capacitación

Después de los dos primeros pasos y de la capacitación brindada, se tiene que evaluar al empleado para saber si la capacitación fue exitosa o no, se evalúa a través de parámetros de control o con el cumplimiento de los objetivos.

### 1.3.5. TPM

De acuerdo al autor Salazar (2019). "Es una metodología Lean Manufacturing de mejora que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones, de los equipos, y del sistema, mediante la aplicación de los conceptos de: prevención, cero defectos, cero accidentes, y participación total de las personas".

Ventajas de la implementación de la herramienta TPM:

- Mejor la calidad de los procesos: menor cantidad de fallas de maquinaria.
- Mejora la productividad de las empresas.
- Flujo productivo continuo.

- Reducción de costos y de tiempo de mantenimiento correctivo.

### **1.3.6. Productividad**

Según el organismo OIT (2020), "La productividad es una medida de la eficiencia de las personas, las empresas, los gobiernos y las economías en el uso de los recursos para producir bienes y servicios, a fin de maximizar los beneficios económicos, durante un período determinado"

También se puede definir como la relación entre la unidad de medición de la producción, es decir, cantidad de producción en unidades y una medición del consumo o del uso de los insumos, por ello se dice que una persona es productiva cuando genera mayor cantidad de producción con menor cantidad de recursos posibles.

La productividad es un indicador que muchas empresas lo utilizan para medir su eficiencia de su personal o de los procesos productivos.

#### **1.4. Formulación del problema**

¿Cuál es el impacto de la implementación de herramientas de Lean Manufacturing en el área de producción para incrementar la productividad en la empresa Eurotubo SAC?

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. Objetivo general**

Determinar el impacto de la propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing para el incremento de la productividad en la empresa Eurotubo SAC.

##### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Diagnosticar la situación actual del área de producción de la empresa Eurotubo SAC.
- Desarrollar la implementación de herramientas de Lean Manufacturing para incrementar la productividad en la empresa Eurotubo SAC.
- Elaborar la evaluación económica para la propuesta de mejora en el área de producción en la empresa Eurotubo SAC.

#### **1.6. Hipótesis**

La implementación de herramientas de Lean Manufacturing aumenta la productividad en la empresa Eurotubo SAC.

#### **1.7. Variables**

Variable Independiente: Propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing

Variable Dependiente: Productividad

Tabla 1:

*Matriz de operacionalización de variables.*

Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Formula	Escalas de Medición
Lean Manufacturing	Según Gisbert (2015), Es una metodología orientada a la eliminación, o al menos, reducción de desperdicios en los procesos productivos.	Se empleará herramientas de ingeniería para la mejora de los procesos productivos y el aumento de la productividad.	Plan de capacitación	(1) % personal capacitado	% Capacitación: Trabajadores capacitados / Total de trabajadores	Razón
			5'S	(2) % de tiempos improductivos en el proceso de producción	% Tiempo improductivo: Total de horas improductivas / total de horas trabajadas	
			Poka Yoke	(3) Errores identificados en los procesos	% Errores: # de errores actuales / # de errores anteriores	
Productividad	Según la OIT (2020), “La productividad es una medida de la eficiencia de las personas, las empresas, los gobiernos y las economías en el uso de los recursos para producir bienes y servicios, a fin de maximizar los beneficios económicos, durante un período determinado”	La productividad es un indicador que mide la relación entre la cantidad de unidades producidas y los recursos empleados	TPM	(4) Mantenimiento Autónomo	IDM: ((Hora total de operación - MA: N° de equipos con inspección / Total de equipos	Razón
			Productividad	(5) Productividad en la producción	% Productividad: Unidades producidas / recursos empleados	

Fuente: Elaboración propia

## 2. CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada, según los autores Márquez y Sánchez. (2019), el tipo de investigación aplicada se basa en resolver un determinado problema o planteamiento específico, enfocándose en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación y, por ende, para el enriquecimiento del desarrollo cultural y científico. Asimismo, el diseño es pre experimental.



O1: Productividad antes de la propuesta

O2: Productividad después de la propuesta de mejora en base a herramientas de Lean Manufacturing

### 2.2. Población y muestra

#### **Población:**

La población está definida por el área de producción y operaciones de la empresa Eurotubo SAC

#### **Muestra:**

Serán todos los trabajadores implicados dentro del área de producción y operaciones.

### 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

- **Observación:** Se presentó una carta al gerente general solicitando acceso a sus instalaciones para conocer los procesos productivos de la empresa.
- **Instrumento:** Observación directa
- **Estudio de tiempos:** Con esta técnica se logrará obtener los tiempos de procesos y movimientos de operarios, para establecer tiempos estándares.
- **Instrumento:** Cronometro

- **Entrevista:** Esta técnica servirá para recolectar información y conocer más acerca de los procesos y procedimientos de la línea de producción; dirigido por el supervisor y operarios de producción.
- **Instrumento:** Cuestionario
- **Revisión documentaria:** Servirá para recolectar datos e información válida para el desarrollo de la investigación.
- **Instrumento:** Guía de observación

#### 2.4.Procedimiento de recolección y análisis de datos

- La recolección de datos se realizará mediante la observación directa, el estudio de tiempos, el cuestionario y la revisión documentaria.
- Con los datos e información recolectada según el cuestionario se realizará un Diagrama de Ishikawa para determinar las causas raíces más relevantes para priorizar las causas mediante la encuesta aplicada y finalmente realizar el 80-20 según un Diagrama de Pareto.
- Así mismo se monetizará las causas para ver el impacto económico de cada causa raíz priorizada, y conocer la pérdida económica antes de la propuesta.
- Posteriormente se realizará la propuesta de mejora mediante la aplicación de las herramientas lean manufacturing: Plan de capacitación, 5s y Poka Yoke para solucionar la problemática.
- Finalmente se realizará la evaluación económica para conocer la viabilidad y rentabilidad de la propuesta.

### 2.4.1. Misión y visión

Misión:

“Somos una Industria Peruana que ofrece productos de óptima calidad; con la finalidad de obtener un alto grado de satisfacción de nuestros clientes, teniendo como principios la mejora continua, responsabilidad social y respeto al medio ambiente”.

Visión:

“Ser una Industria Peruana reconocida por su alto nivel de Calidad, con Liderazgo en los productos y servicios que brindamos, para el mercado Nacional e Internacional”.

### 2.4.2. Organigrama

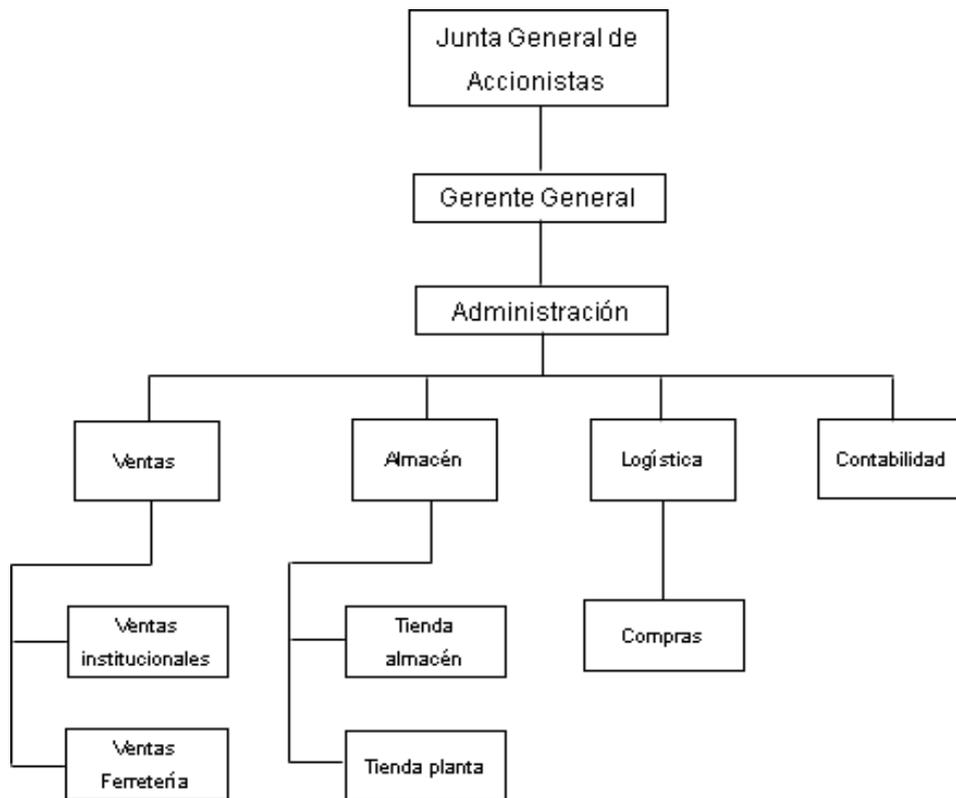


Figura 4: Organigrama de la empresa Eurotubo S.A.C

Fuente: Elaboración propia

### 2.4.3. Distribución de la empresa

La empresa Eurotubo SAC se encuentra ubicada en el parque industrial, La Esperanza en la ciudad de Trujillo, y está conformada de la siguiente manera:

- Área de recursos humanos
- Área logística
- Área de almacenamiento el cual se distribuye de la siguiente manera:
  - Almacén de materia prima
  - Acopio de productos e insumos peligrosos
  - Almacén de productos terminados
  - Almacén de herramientas y equipos
- Área administrativa
- Área de producción el cual se distribuye de la siguiente manera:
  - Área de mezclado de material reciclado y virgen
  - Proceso de ingreso de MP a extrusora.
  - Proceso de enfriamiento en una tina de enfriamiento.
  - Proceso de láser para colocar las especificaciones técnicas.
  - Proceso de cortado.
  - Proceso de molino para los productos con fallas.

### 2.4.4. Clientes principales de Eurotubo

- Sector construcción: ABNG, MAT, Proaya SAC, KVC contratistas
- Sector agroindustrial: Danper, Camposol, Green, Grupo Gloria
- Sector saneamiento: Sedapal, Sedablib, Eps Grau, Hidrandina, Eps Sedacaj S.A

### 2.4.5. Principales productos de Eurotubo

- Tubería de PVC: codo, tee, tampón hembra, tampón macho, unión simple, adaptador y unión universal.
- Tubería de doble pared estructurada: silla tee, silla yee, codo campana espiga, codo

campana campana, unión simple, unión de reparación y unión adaptador I/E – U/F

- Tubería HDPE: tuberías de polietileno de alta densidad
- Biodigestor: Tanques cerrados

#### 2.4.6. Diagrama del proceso productivo de Eurotubo

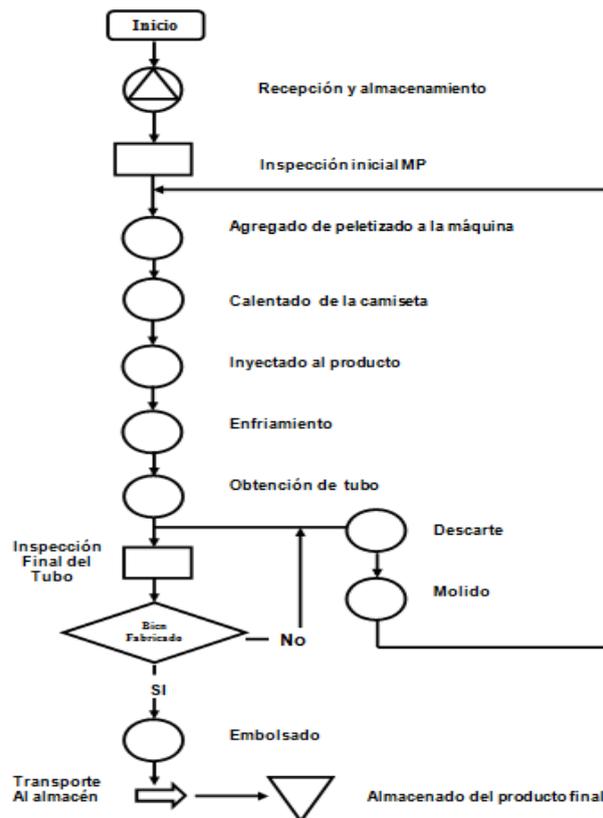


Figura 5: Diagrama del proceso productivo de tubos de PVC

Fuente: Elaboración propia

- El primer paso es el desplazamiento de la materia prima hacia el extrusor mediante una tolva, en donde se colocará material virgen y reciclado con una fórmula detallada por el supervisor de producción.
- Comienza el proceso de plastificación, sale el tubo quemado hasta cierto punto hasta que el tubo se encuentre fundado totalmente.
- Luego pasa a una tina de enfriamiento para reducir la temperatura del tubo y pueda ser manejable.
- Pasa por un láser en donde se filtra al tubo las especificaciones técnicas de cada

producto.

- Se inspecciona que el tubo se encuentre en óptimas condiciones según sus estándares de calidad de la empresa.
- Pasando por último a un proceso de cortado según las medidas establecidas según requerimiento de orden de trabajo.
- En caso el tubo tenga alguna falla pasa al área de molido para ser reprocesado como material reciclado, en caso de que se encuentre en las óptimas condiciones pasa al área de empaquetado y llevado al almacén de materia prima terminada.

## 2.5. Diagnóstico de problemáticas principales

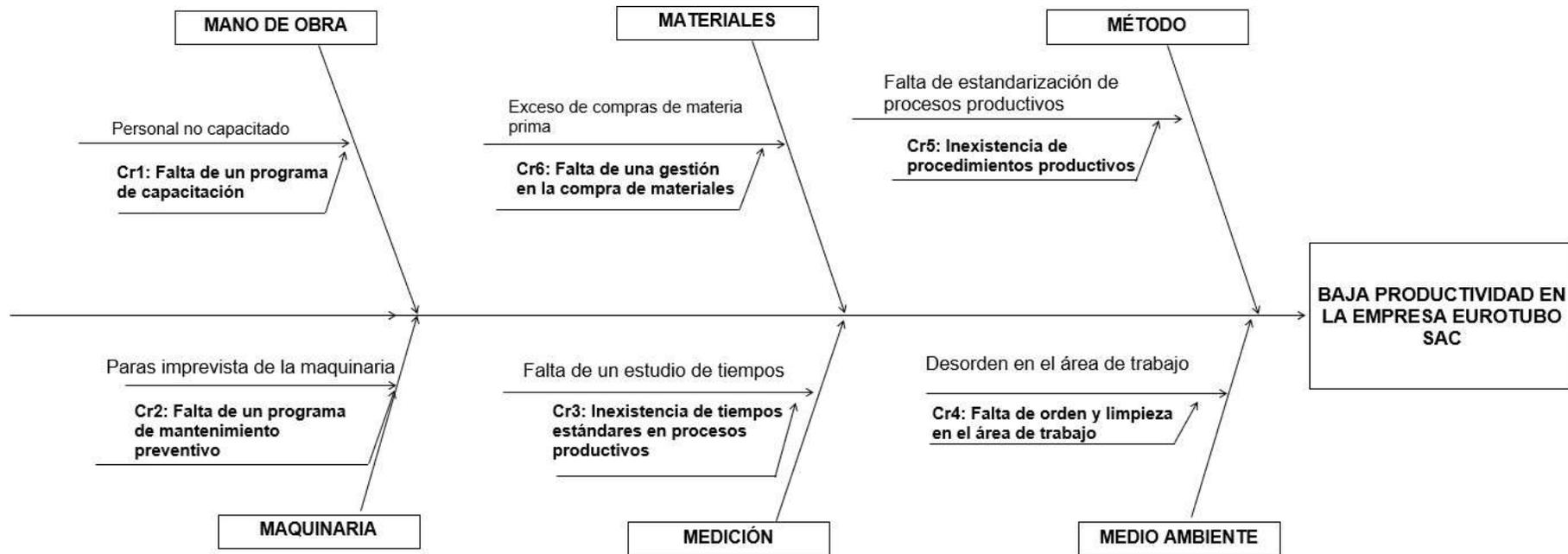


Figura 6: Diagrama Ishikawa

Fuente: Elaboración propia

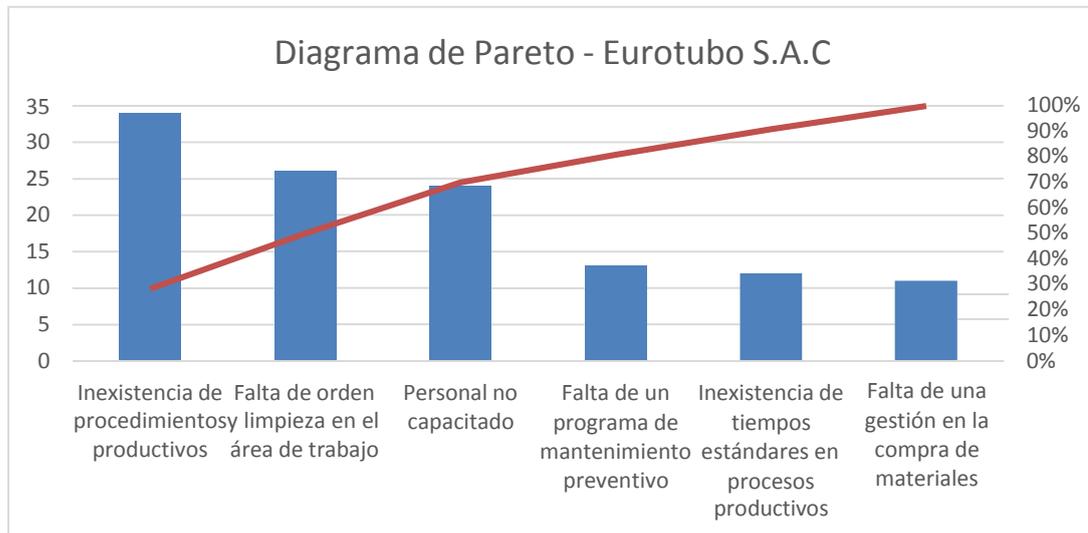
Después de determinar mediante la herramienta Ishikawa las causas raíces, se desarrolló un cuestionario y una matriz de priorización para poder dar una calificación de importancia a las causas raíces a través de un cuestionario, de esa manera identificaremos que puntos son los más críticos y los que se debe priorizar. Finalmente se elaborará una matriz de indicadores en donde se cuantificará cada causa raíz.

Tabla 2:

*Matriz de operacionalización de variables*

<b>Causa</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad según la encuesta</b>	<b>% cantidad</b>	<b>Frecuencia acumulada</b>
<b>Cr5:</b>	Inexistencia de procedimientos productivos	34	28%	28%
<b>Cr4:</b>	Falta de orden y limpieza en el área de trabajo	26	22%	50%
<b>Cr1:</b>	Falta de un programa de capacitación	24	20%	70%
<b>Cr2:</b>	Falta de un programa de mantenimiento preventivo	13	11%	81%
<b>Cr3:</b>	Inexistencia de tiempos estándares en procesos productivos	12	10%	91%
<b>Cr6:</b>	Falta de una gestión en la compra de materiales	11	9%	100%
		<b>120</b>		

Fuente: Elaboración propia



*Figura 7:* Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia

### 2.5.1. Monetización de las causas raíces

Pérdida monetaria a causa de la raíz 5: Inexistencia de procedimientos productivos

La primera causa raíz consiste en material desperdiciado para la producción de tubería PVC, basado en pérdida de material virgen, reciclado y aditivo, esto se debe a que el personal no cumple con procedimientos estandarizados y solo ejecutan sus actividades de forma empírica generando una gran pérdida de kg mensuales y un considerable número de tuberías rechazadas puesto que al no cumplir con los estándares de calidad son rechazadas, e incluso se tienen que separar del grupo de tuberías aceptadas generando otra pérdida para la empresa. Tal y como se puede observar en la tabla 3, la cantidad de kg desperdiciados de material virgen es de 171 kg, de material reciclado es de 187 kg, de aditivos es donde mayor material hay y es un factor muy importante dentro del proceso productivo, ya que debido a los aditivos es donde se establecen las propiedades del tubo como la dureza y más factores que debe cumplir según sus estándares de calidad y finalmente tenemos una cantidad de 504 tubos rechazados anual ocasionando una pérdida total de S/. 9,207.50 por no tener un apropiado proceso productivo.

Tabla 3:

*Registro de kg de material desperdiciados*

Mes	Kg desperdiciados de material virgen	Costo por derrame de material virgen	Kg desperdiciados de material reciclado	Costo por derrame de material reciclado	Kg desperdiciado de aditivo	Costo por derrame de aditivo	Cantidad de tubería rechazada	Costo por tubería rechazada	Costo perdido total
Enero	13	S/ 45.50	19	S/ 38.00	25	S/ 62.50	41	S/ 615.00	S/ 761.00
Febrero	18	S/ 63.00	12	S/ 24.00	26	S/ 65.00	37	S/ 555.00	S/ 707.00
Marzo	18	S/ 63.00	12	S/ 24.00	25	S/ 62.50	45	S/ 675.00	S/ 824.50
Abril	20	S/ 70.00	13	S/ 26.00	26	S/ 65.00	45	S/ 675.00	S/ 836.00
Mayo	16	S/ 56.00	12	S/ 24.00	23	S/ 57.50	38	S/ 570.00	S/ 707.50
Junio	13	S/ 45.50	16	S/ 32.00	19	S/ 47.50	46	S/ 690.00	S/ 815.00
Julio	12	S/ 42.00	19	S/ 38.00	21	S/ 52.50	50	S/ 750.00	S/ 882.50
Agosto	10	S/ 35.00	10	S/ 20.00	18	S/ 45.00	37	S/ 555.00	S/ 655.00
Setiembre	15	S/ 52.50	20	S/ 40.00	19	S/ 47.50	38	S/ 570.00	S/ 710.00
Octubre	15	S/ 52.50	16	S/ 32.00	22	S/ 55.00	35	S/ 525.00	S/ 664.50
Noviembre	10	S/ 35.00	18	S/ 36.00	23	S/ 57.50	45	S/ 675.00	S/ 803.50
Diciembre	11	S/ 38.50	20	S/ 40.00	23	S/ 57.50	47	S/ 705.00	S/ 841.00
<b>Total</b>	<b>171</b>	<b>S/ 598.50</b>	<b>187</b>	<b>S/ 374.00</b>	<b>270</b>	<b>S/ 675.00</b>	<b>504</b>	<b>S/ 7,560.00</b>	<b>S/ 9,207.50</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4:

*Costo de material*

Costo por derrame de material virgen	Costo por derrame de material reciclado	Costo por derrame de aditivo	Costo por tubería rechazada
S/ 3.50	S/ 2.00	S/ 2.50	S/ 15.00

Fuente: Elaboración propia

#### Pérdida monetaria a causa de la raíz 4: Falta de orden y limpieza en el área de trabajo

El problema de la causa raíz 4 se centra en una falta de orden y limpieza dentro de 3 áreas de trabajo, el primero es el área de almacén en donde el responsable, el almacenero, no tiene en orden su zona y pierde tiempo buscando entre herramientas, equipos y materiales cuando le hacen alguna solicitud, seguidamente está el área de producción, donde los operarios trabajan de forma desordenada dejando sus herramientas en cualquier parte de la maquina o incluso hasta en el suelo ocasionando tiempo improductivo por la búsqueda de la misma herramienta o material, y finalmente, en el área de mezclado, en donde el molinero, trabaja individualmente y a pesar de tener una zona en específico, no mantiene un orden en su trabajo y genera mucho tiempo improductivo, tal y como se aprecia en la tabla 4. En la tablase presenta los tiempos improductivos generados en cada área de trabajo, el sueldo de cada persona que interviene dentro de las zonas de trabajo, y el costo perdido anual ocasionado por dichos tiempos. Esto se debe por no cumplir con estándares de limpieza y orden dentro del trabajo, por una falta de supervisión constante por parte de los jefes inmediatos y por falta de acciones disciplinarias.

Tabla 5:

*Costo por tiempo improductivo por búsqueda de ítems*

Costo por tiempo improductivo por búsqueda de ítems (área almacén)							
Ítems	Tiempo perdido por búsqueda (min/hora)	Tiempo perdido por búsqueda (min/día)	Tiempo perdido por búsqueda (hora/día)	Sueldo/hora (almacenero: S/.1200)	Costo por día (S/.)	Costo por mes (S/.)	Costo perdido por año (S/.)
Herramientas	5	40	0.67				
Equipos	9	72	1.20	S/ 5.77	S/ 18.46	S/ 480.00	S/ 5,760.00
Materiales	10	80	1.33				
Costo por tiempo improductivo por búsqueda de ítems (área de producción)							
Ítems	Tiempo perdido por búsqueda (min/hora)	Tiempo perdido por búsqueda (min/día)	Tiempo perdido por búsqueda (hora)	Sueldo promedio de operarios/hora	Costo por día (S/.)	Costo por mes (S/.)	Costo por año (S/.)
Herramientas	5	40	0.67				
Equipos	2	16	0.27	S/ 6.97	S/ 13.01	S/ 338.33	S/ 4,060.00
Materiales	7	56	0.93				
Costo por tiempo improductivo por búsqueda de ítems (área de mezclado)							
Ítems	Tiempo perdido por búsqueda (min/hora)	Tiempo perdido por búsqueda (min/día)	Tiempo perdido por búsqueda (hora)	Sueldo/hora (molinerero: S/.1200)	Costo por día (S/.)	Costo por mes (S/.)	Costo por año (S/.)
Herramientas	3	24	0.40				
Equipos	2	16	0.27	S/ 6.73	S/ 8.08	S/ 210.00	S/ 2,520.00
Materiales	4	32	0.53				

Fuente: Elaboración propia

**Pérdida monetaria a causa de la raíz 1: Falta de un programa de plan de capacitación**

El trabajo realizado día a día en la empresa Eurotubo, se basa en la experiencia de los operarios y en sus conocimientos obtenidos durante el tiempo que tienen laborando en el sector, es por ello que se generan en muchas ocasiones unidades de tuberías de merma, puesto que basan su trabajo de forma empírica y no en procedimientos establecidos, además de tener en ciertas ocasiones rotación de personal nuevo ocasionando en reiteradas oportunidades la generación de más merma de lo que debería ser lo aceptable; en actividades como centrar al tubo para el corte según la medida solicitada, o deformaciones del tubo por extraerlo de la línea de producción de manera inadecuada, tubería quemada por una mala

introducción de valores en la maquina generando temperaturas muy elevadas y quemando la tubería, en la tabla 6 se presenta la cantidad de tuberías de merma siendo un total de 504 unidades con un precio de venta de S/.15.00 cada una y el costo total perdido anual generado por no contar con un plan de capacitación para su personal.

Tabla 6:

*Costo total perdido por errores de mano de obra*

Mes	Tubería mal cortada	Tubería deformada	Tubería quemada	Tubería sin cumplir los estándares de calidad	Total de tuberías rechazadas	Costo perdido total
Enero	11	8	14	8	41	S/ 615.00
Febrero	10	9	10	8	37	S/ 555.00
Marzo	11	13	13	8	45	S/ 675.00
Abril	16	8	8	13	45	S/ 675.00
Mayo	10	9	8	11	38	S/ 570.00
Junio	12	10	11	13	46	S/ 690.00
Julio	14	12	12	12	50	S/ 750.00
Agosto	8	11	10	8	37	S/ 555.00
Setiembre	10	8	10	10	38	S/ 570.00
Octubre	7	9	10	9	35	S/ 525.00
Noviembre	12	15	7	11	45	S/ 675.00
Diciembre	10	12	14	11	47	S/ 705.00
Total	131	124	127	122	504	S/ 7,560.00

Fuente: Elaboración propia

**Pérdida monetaria a causa de la raíz 2: Falta de un programa de mantenimiento preventivo**

Una de las causas más críticas de la empresa es las paras imprevistas de las máquinas y la cantidad de días que se demoran en que la maquina esté operativa, esto se debe en ocasiones por una falta de stock del repuesto necesario o por la complejidad de la falla; las paras imprevistas son unas de las consecuencias más graves y preocupantes dentro de la jornada laboral, puesto que ocasiona horas hombre perdidas y producción perdida. Son 04 operarios dentro cada línea de producción, con un sueldo promedio de S/.1450.00, generando una producción diaria de 50 unidades tubería de pvc, según la bitácora dada por la empresa 47 fallas imprevistas y una producción perdida de 1150 unidades de tubería, generando un costo perdido anualmente de S/. 17,250.00, adicionalmente el costo de hora hombre pérdida anual

de S/. 1,111.67, tal y como se presenta en la tabla 7; generando de esa manera un costo total anual perdido de S/. 18,361.67 por no contar con un programa de mantenimiento preventivo.

Tabla 7:

*Costo total perdido por fallas imprevistas de maquinaria*

Mes	Número de paras imprevistas por falla de maquinaria	Días de mantenimiento correctivo	Tubería no producida por para de maquinaria	Costo perdido total
Enero	3	1	50	S/ 750.00
Febrero	3	2	100	S/ 1,500.00
Marzo	6	2	100	S/ 1,500.00
Abril	3	3	150	S/ 2,250.00
Mayo	5	2	100	S/ 1,500.00
Junio	3	1	50	S/ 750.00
Julio	4	1	50	S/ 750.00
Agosto	3	3	150	S/ 2,250.00
Setiembre	3	3	150	S/ 2,250.00
Octubre	3	2	100	S/ 1,500.00
Noviembre	6	1	50	S/ 750.00
Diciembre	5	2	100	S/ 1,500.00
Total	47	23	1150	S/ 17,250.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8:

*Costo total perdido por hora hombre perdido*

Mes	Costo promedio por hora hombre perdido (hora)	Costo promedio por hora hombre perdido (día)	Costo promedio en hora hombre perdida (S/.)
Enero			S/ 48.33
Febrero			S/ 96.67
Marzo			S/ 96.67
Abril			S/ 145.00
Mayo			S/ 96.67
Junio			S/ 48.33
Julio	S/ 6.04	S/ 48.33	S/ 48.33
Agosto			S/ 145.00
Setiembre			S/ 145.00
Octubre			S/ 96.67
Noviembre			S/ 48.33
Diciembre			S/ 96.67
Total			S/ 1,111.67

Fuente: Elaboración propia

## 2.6. Matriz de indicadores

Una vez establecido el diagnóstico actual de la empresa en cada una de sus causas raíces se ha logrado costear la cantidad de costo perdido anual generado por no contar con unas herramientas de Lean Manufacturing, tal y como se presenta en la tabla 9.

Tabla 9:

*Matriz de indicadores*

Nº causa raíz	Descripción de la causa raíz	Indicador	Formula	Pérdida actual	Valor actual	Pérdida meta	Valor meta	Beneficio	Herramienta de mejora
CR5	Inexistencia de procedimientos productivos	Errores identificados en los procesos	% Errores; # de errores actuales / # de errores anteriores	S/ 9,207.50	19%	S/ 852.50	2%	S/ 8,355.00	Poka Yoke
CR4	Falta de orden y limpieza en el área de trabajo	% de tiempos improductivos en el proceso de producción	% Tiempo improductivo: Total de horas improductivas / total de horas trabajadas	S/ 12,340.00	26%	S/ 1,625.00	3%	S/ 10,715.00	5'S
CR1	Falta de un programa de plan de capacitación	% personal capacitado	% Capacitación: Trabajadores capacitados / Total de trabajadores	S/ 7,560.00	16%	S/ 3,375.00	7%	S/ 4,185.00	Plan de capacitación
CR2	Falta de un programa de mantenimiento preventivo	Productividad en la producción	% Productividad: Unidades producidas / recursos empleados	S/ 18,361.67	39%	S/ 5,588.33	12%	S/ 12,773.33	Mantenimiento autónomo (TPM)

Fuente: Elaboración propia

## **2.7. Propuesta de mejora**

La finalidad del presente proyecto es disminuir las cantidades de los costos perdidos de cada causa raíz, por ello se plantea la implementación de herramientas de Lean Manufacturing, para la causa raíz de inexistencia de procedimientos productivos se aplicara la herramienta Poka Yoke, para la falta de orden y limpieza se implementara la herramienta 5'S, para las fallas constantes de maquinaria se utilizara un TPM basado en un mantenimiento autónomo y finalmente para agregar un valor, como soporte de todas las herramientas a implementar y para el mejoramiento de los procesos se realizara un plan de capacitación al personal con la finalidad de incrementar la productividad de la empresa Eurotubo SAC.

### **Desarrollo de la herramienta Poka Yoke**

La empresa Eurotubo S.A.C cuenta con muchas deficiencias en los procesos de mezclado, puesto que pierden muchos kilogramos de material y eso produce tubería no producida o en efecto tuberías rechazadas, por ello, se implementará la herramienta Poka Yoke para detectar los errores y evitarlos, cabe resaltar que la metodología indica que los errores son inevitables, pero se puede evitar los defectos. Se diseñará un flujo productivo en donde el operario o el responsable de cada área tendrá una mejor visión de cómo es la manera correcta de trabajar, de esa manera asegurar que el proceso sea el correcto y no presente fallas. Adicionalmente, la empresa no cuenta con algún dispositivo o equipo en el área de mezclado que facilite al operario hacer un correcto proceso, puesto que, por falta de iniciativa del mismo operario, no hace una solicitud correspondiente.

A continuación, se presenta la tabla 10, en donde se detallará las fallas más frecuentes del área de mezclado con la finalidad de cumplir los 6 pasos del Poka Yoke.

Tabla 10:

*Fallas más comunes en el área de mezclado*

Fallas en el proceso de mezclado	Número de fallas	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia absoluta (%)
Exceso de aditivo	10	42%	42%
Mezclado no homogéneo	8	33%	75%
Exceso de material virgen/reciclado	6	25%	100%
Total	24	100%	

Fuente: Elaboración propia

Una vez identificados las principales fallas, se procede hacer una descripción de cada falla.

Continuando con el paso del Poka Yoke se describen las fallas demostrado en la tabla 11.

Tabla 11:

*Descripción de las fallas más comunes en el área de mezclado*

Fallas en el proceso de mezclado	Descripción de la falla	Tipo de Poka Yoke
Exceso de aditivo	Consumo excesivo del aditivo por falta de un equipo controlador de peso (balanza electrónica) y por una falta de dispositivo capaz de medir el ingreso del aditivo (sensor de agua por flotador)	
Mezclado no homogéneo	Mezclado a medias, el operario no cuenta con el equipo adecuado para un mezclado homogéneo (batidor industrial)	Prevención de falla y control
Exceso de material virgen/reciclado	Consumo excesivo del material virgen y/o reciclado por falta de un equipo controlador de peso (balanza) y por una falta de dispositivo capaz de medir el ingreso del aditivo (sensor de agua por flotador o también conocido como sensor de nivel)	

Fuente: Elaboración propia

El problema más persistente es el exceso consumo del aditivo, puesto que el operario vierte de manera empírica el aditivo a un recipiente en donde se encuentra con el material virgen

mezclado con el reciclado en una proporción de 80%-20% respectivamente, y el aditivo es el 5% exacto para que cumpla los estándares de calidad, pero siempre se excede causando un desperdicio de material y en muchas ocasiones alterando el producto final. Otra falla persistente es el mezclado no homogéneo, esto se debe a que, el operario una vez culminado el proceso del mezclado de los materiales con el aditivo, procede hacer un mezclado de forma manual con una tabla de madera hasta que quede una mezcla homogénea según su criterio, debe ser bien batido para que de esa manera haga efecto el aditivo y finalmente la otra falla es igual a la del primer caso, solo cambia el material de uso.

Para el caso del exceso de material, se propone a la empresa la implementación de una balanza electrónica y un sensor de agua por flotador en el recipiente. Tal y como se presenta en la figura 8, figura 9 y figura 10.



*Figura 8:* Balanza electrónica para la medición del peso exacto del mezclado



*Figura 9:* Sensor de agua por flotador para la medición del material ingresado

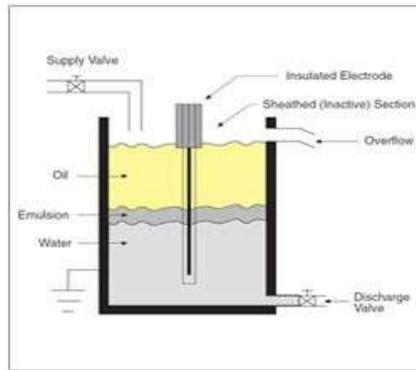


Figura 10: Funcionamiento de un sensor de agua por flotador (sensor de nivel)

El sensor de nivel es un dispositivo electrónico que ayuda a controlar y medir la altura del ingreso del material, usualmente utilizado para líquidos dentro de un recipiente o tanque. Es muy común utilizado en industrias donde se requiere dicha medición. El sensor de nivel se divide en dos tipos: el sensor de nivel de punto se utiliza para marcar una altura de un líquido en un nivel predeterminado, su función es ser como una alarma para el operario indicando cuando hay un exceso del material o una alarma cuando hay un nivel bajo del mismo. Y los sensores de nivel continua, son más avanzados tecnológicamente y sirven para dar seguimiento a todo un sistema midiendo fluidos dentro de un rango determinado.

Por último, se implementa un batidor industrial para concretar la mezcla homogénea, se propone el siguiente batidor, según la figura 11.



Figura 11: Batidor industrial para un mezclado homogéneo

El último paso de la implementación del Poka Yoke es establecer procedimiento para la mejora continua de Poka Yoke, como se representa en la figura 12.

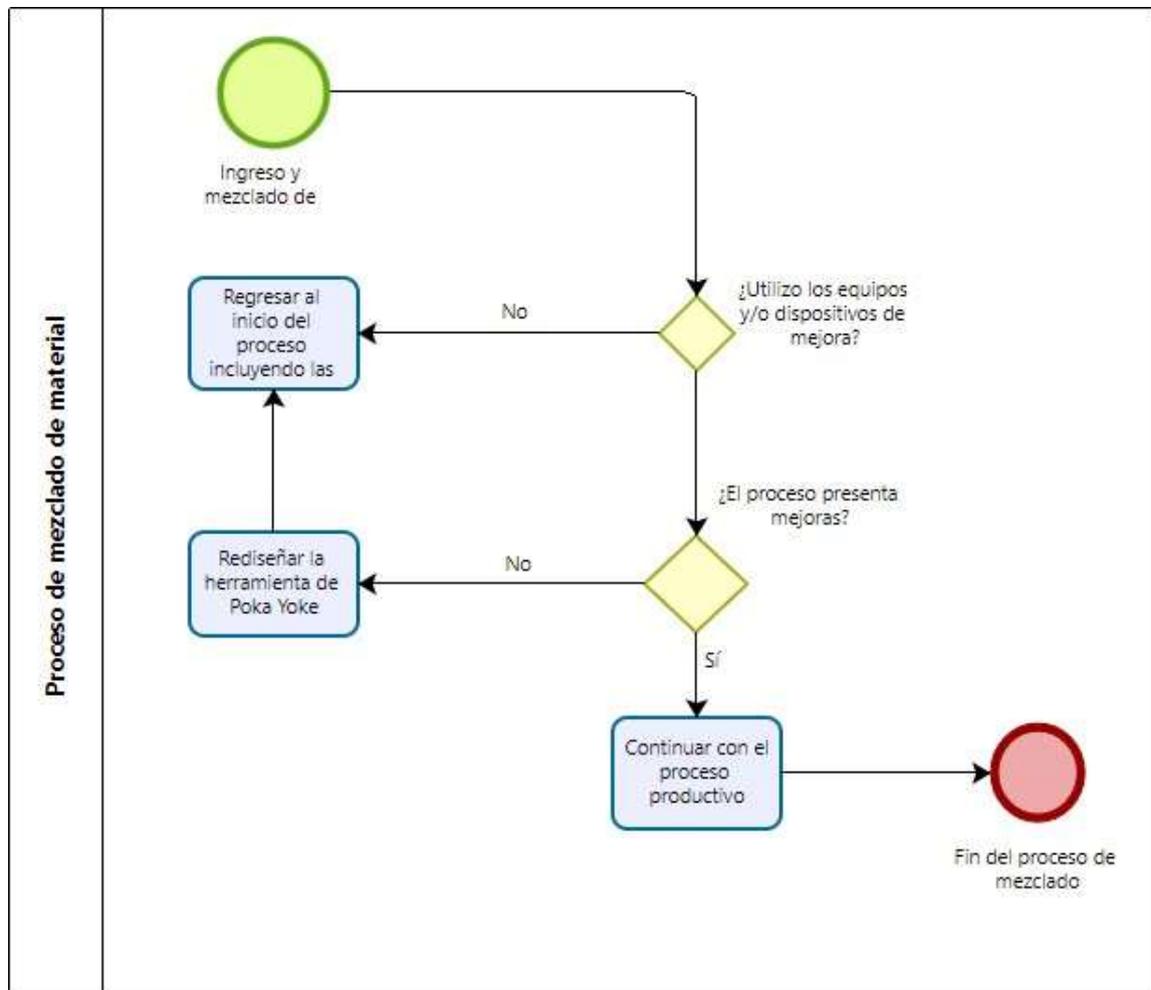


Figura 12: Flujo productivo del área en el mezclado implementando la herramienta Poka Yoke

Fuente: Elaboración propia

Culminado de implementar la herramienta Poka Yoke se tiene que ir reforzando con una supervisión constante del proceso y una evaluación si se requiere un nuevo diseño, en la siguiente tabla se presenta la mejora de la herramienta en la reducción de las fallas y por ende obteniendo un beneficio, puesto que habrá un ahorro en los materiales y menor cantidad de tuberías de merma y/o rechaza, representado en la tabla 12.

Tabla 12:

*Registro de kg de material desperdiciados implementando la herramienta Poka Yoke*

Mes	Kg desperdiciados de material virgen	Costo por derrame de material virgen	Kg desperdiciados de material reciclado	Costo por derrame de material reciclado	Kg desperdiciado de aditivo	Costo por derrame de aditivo	Cantidad de tubería rechazada	Costo por tubería rechazada	Costo perdido total
Enero	1	S/ 3.50	3	S/ 6.00	2	S/ 5.00	3	S/ 45.00	S/ 59.50
Febrero	4	S/ 14.00	1	S/ 2.00	1	S/ 2.50	2	S/ 30.00	S/ 48.50
Marzo	4	S/ 14.00	3	S/ 6.00	3	S/ 7.50	3	S/ 45.00	S/ 72.50
Abril	3	S/ 10.50	4	S/ 8.00	3	S/ 7.50	5	S/ 75.00	S/ 101.00
Mayo	3	S/ 10.50	2	S/ 4.00	1	S/ 2.50	3	S/ 45.00	S/ 62.00
Junio	4	S/ 14.00	2	S/ 4.00	2	S/ 5.00	5	S/ 75.00	S/ 98.00
Julio	3	S/ 10.50	2	S/ 4.00	2	S/ 5.00	5	S/ 75.00	S/ 94.50
Agosto	3	S/ 10.50	4	S/ 8.00	3	S/ 7.50	2	S/ 30.00	S/ 56.00
Setiembre	1	S/ 3.50	2	S/ 4.00	2	S/ 5.00	5	S/ 75.00	S/ 87.50
Octubre	2	S/ 7.00	4	S/ 8.00	4	S/ 10.00	2	S/ 30.00	S/ 55.00
Noviembre	3	S/ 10.50	1	S/ 2.00	3	S/ 7.50	2	S/ 30.00	S/ 50.00
Diciembre	1	S/ 3.50	1	S/ 2.00	1	S/ 2.50	4	S/ 60.00	S/ 68.00
Total	32	S/ 112.00	29	S/ 58.00	27	S/ 67.50	41	S/ 615.00	S/ 852.50

Fuente: Elaboración propia

### **Desarrollo de la herramienta 5'S**

La falta de orden y limpieza en el área de producción, mezclado y almacén generan tiempos improductivos por la necesidad de tener que buscar las herramientas, materiales y equipos necesarios para trabajar, esto se debe a una falta de disciplina por parte de los mismos, y por una falta de supervisión constante. Con el fin de solucionar dicho problema se propone implementar la herramienta 5'S de acuerdo al plan propuesto en la tabla 13.

Tabla 13:

*Plan de implementación de la herramienta 5'S*

<b>PLAN DE IMPLEMENTACION DE LA HERRAMIENTA 5'S</b>			
ETAPA	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	TIEMPO (día)
<b>1era etapa: SEIRI - CLASIFICAR</b>			
1	Identificar los puntos críticos dentro de las áreas de investigación	Jefe de Planta	1
	Clasificar elementos necesarios e innecesarios para los procesos productivos	Jefe de Producción	1
	Separar elementos necesarios e innecesarios de la zona de acopio	Responsable de su área	1
	Trasladar los elementos innecesarios a un almacén temporal	Responsable de su área	2
	Identificar los elementos innecesarios en el plan de implementación de 5's	Todo el equipo	1
	Identificar los elementos innecesarios a través tarjetas rojas	Todo el equipo	1
<b>2da etapa: SEITON - ORDENAR</b>			
2	Ordenar los elementos necesarios en el proceso productivo	Responsable de su área	2
	Definir código para cada elemento necesario en el proceso productivo	Responsable de su área	2
	Almacenar los elementos necesarios de forma eficiente para evitar tiempos improductivos	Responsable de su área	2
<b>3ra etapa: SEISO - LIMPIAR</b>			
3	Identificar las zonas de limpieza y detallar los materiales para su función	Equipo Producción	1
	Programar el plan de limpieza (responsables, materiales y áreas por limpiar)	Equipo Producción	1
<b>4ta etapa: SEIKETSU - ESTANDARIZACIÓN</b>			
4	Evidenciar los avances mediante documentos diarios para una constante supervisión	Responsable de su área	2
	Estandarizar los procedimientos de limpieza y orden en el área de producción	Jefe de Producción	2
<b>5ta etapa: SHITSUKE - DISCIPLINA</b>			
5	Desarrollar proyectos de mejora en las áreas de investigación	Jefe de Planta	6
	Establecer formatos para auditorías 5'S	Jefe de Producción	6
	Informar a la gerencia sobre el estado actual del área de trabajo	Equipo Producción	4

Fuente: Elaboración propia

## Desarrollo de la 1'S: Seiri

La primera etapa se basa en clasificar los elementos necesarios para los procesos productivos requeridos. Es fundamental identificar nuestros puntos críticos en las áreas de mejora, describiendo los puntos de mejora, de esa manera asegurar un control adecuado. Se identificaron los puntos críticos según la tabla 14.

Tabla 14:

*Identificación de puntos críticos en las áreas de mejora*

Áreas de mejora	Descripción
Almacén	El área presenta muchos elementos en desorden y mezclado sin ningún tipo de criterio de selección, impidiendo avanzar en la entrega del producto.
Producción	El área presenta un exceso de tubería a los alrededores, no cuentan con algún accesorio donde dejar las herramientas, por ello es su mismo desorden, dejando por encima o por debajo de las maquinarias sus herramientas de trabajo.
Mezclado	El área presenta a sus alrededores bolsas de material en estados vacíos o llenos, no hay una clasificación de material, es decir todas están juntas y en desorden impidiendo un correcto método de trabajo.

Fuente: Elaboración propia

Continuando con el procedimiento según el plan de implementación de las 5'S, es clasificar los elementos innecesarios para el proceso productivo, en este punto, el jefe de producción tendrá que seleccionar los elementos necesarios y los cuales no lo sean separarlos de forma inmediata dentro del área de mejora, se elaboró un flujo productivo para la clasificación de los elementos necesarios e innecesarios, se presenta en la figura 13.



Figura 13: Flujo productivo para la clasificación de elementos necesarios e innecesarios para las áreas de mejora

Fuente: Elaboración propia

Este flujo productivo es de vital importancia cumplirlo para poder tener un orden en cada área de mejora, tener un flujo de producción más fluido sin incurrir en tiempos improductivos elevados. Terminado el proceso de clasificación, se prosigue a identificar los elementos necesarios e innecesarios para definir si se separan del área o no, se elaboró la siguiente tabla 15 en donde se plasman los elementos.

Tabla 15:

*Elementos necesarios para las áreas de mejora*

Nº	Elementos	Necesario	No necesario	Categoría	Destino
1	Bolsas de 20kg de material virgen	X		Material	Ordenar en almacén
2	Bolsas de 20kg de material reciclado	X		Material	Ordenar en almacén
3	Bolsas de 05 kg de material aditivo	X		Material	Ordenar en almacén
4	Retazos de tuberías		X	Material	Trasfiere a almacén de elementos no necesarios
5	Retazos de madera		X	Material	Trasfiere a almacén de elementos no necesarios
6	Herramientas en mal estado		X	Herramientas	Trasfiere a almacén de elementos no necesarios
7	Llaves mixtas y Allen	X		Herramientas	Ordenar en almacén
8	Trapos industriales	X		Material	Ordenar en almacén
9	Maquina compresora		X	Equipo	Trasfiere a almacén de elementos no necesarios
10	Rodamientos	X		Herramientas	Ordenar en almacén
11	Sensores de agua	X		Equipo	Ordenar en almacén

Fuente: Elaboración propia

Al término de la identificación de elementos necesarios e innecesarios, los que han sido seleccionado como necesario se ordenarán en el almacén según el criterio del jefe de producción y según la necesidad, mientras que los elementos innecesarios serán trasladados a un almacén temporal de elementos no necesarios.

Y el último punto de la primera etapa es colocar en los elementos no necesarios una tarjeta roja para una rápida identificación de los mismos, tal y como se presenta la figura 14.



Fecha: \_\_\_\_\_ Número: \_\_\_\_\_  
 Área: \_\_\_\_\_  
 Nombre del Elemento: \_\_\_\_\_  
 Cantidad: \_\_\_\_\_  
 Disposición: \_\_\_\_\_  
 TRANSFERIR  
 ELIMINAR  
 INSPECCIONAR  
 Comentario: \_\_\_\_\_

Figura 134: Formato de tarjeta roja para elementos no necesarios

Fuente: Elaboración propia

### Desarrollo de la 2'S: Seiton

La segunda etapa de la herramienta 5'S es en base al orden, puesto que ya se identificaron los elementos necesarios para cada zona, lo importante será en como distribuirlos en anaqueles, es fundamental tener criterio para la selección, ya que no se puede colocar elementos de mucha rotación en la parte superior, tampoco elementos muy pesados porque generara pérdida de tiempo al tratar de bajar dicho producto, es por eso que se tiene que seleccionar con mucho cuidado. Se implementa formato de colocación de los elementos según necesidad, se plasma en la tabla 16.

Tabla 16:

*Formato de organización de elementos*

ELEMENTOS NECESARIOS				
ÁREA				
RESPONSABLE DE ALMACEN				
NOMBRE DEL ELEMENTO	CÓDIGO	ANAQUEL	UBICACIÓN	CANTIDAD

Fuente: Elaboración propia

### Desarrollo de la 3'S: Seiso

La tercera etapa de la herramienta 5'S se enfoca en crear una cultura de limpieza dentro de la empresa, no solamente consiste en limpiar, si no que el personal entienda la importancia de mantener limpio su área de trabajo. Para generar dicha cultura, cada uno se tiene que comprometer a mejorar día a día en ese aspecto tan importante y ser un equipo de trabajo. Se elabora un formato de limpieza, el cual deberá ser supervisado por el supervisor de cada área correspondiente, según el formato de la tabla 17.

Tabla 17:

*Formato de limpieza*

FORMATO DE LIMPIEZA									
LUGAR	ÁREAS DE MEJORA		FEC HA	FRECUENCIA DE LIMPIEZA					EJECU CIÓN
ÁREAS DE MEJORA	ACCION		RESPON	DIA RIO	SEMA NAL	QUINC ENAL	MENS UAL	AN UAL	
	LIMP IAR	MANTENI MIENTO	SABLE						
ANAQUEL 1	X								
ANAQUEL 2	X								
ANAQUEL 3	X								
ANAQUEL 4	X								
PLANTA DE PRODUCCIÓN ÁREA DE		X							
PRODUCCIÓN ÁREA DE	X								
MEZCLADO ÁREA DE	X								
ALMACENAMIENT O ÁREA	X								
ADMINISTRATIVA SERVICIOS	X								
HIGIÉNICOS	X								

Fuente: Elaboración propia

### **Desarrollo de la 4'S: Seiketsu**

En la cuarta etapa consiste en la estandarización de los procesos anteriores, clasificación, orden y limpieza, puesto que, si no se logra estandarizar los procedimientos previamente descritos, con el transcurso del tiempo esto se quedará sin consistencia y se dejará de usar. Esta etapa será apoyada con un plan de capacitación para reforzar todo lo aprendido y de esa manera generar una concientización y una cultura de trabajo en los operarios. El supervisor de cada área tiene que brindar todo el apoyo necesario para el llenado del formato de estandarización presentado en la tabla 18, esto se realizara según el criterio del mismo con la finalidad de cumplir todos los puntos descritos.

Tabla 18:

*Formato de estandarización*

<b>FORMATO DE ESTANDARIZACION</b>						
<b>LUGAR</b>						<b>FECHA</b>
<b>RESPONSABLE</b>						
<b>FASE</b>	<b>NRO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>C</b>	<b>NC</b>	<b>NA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>CLASIFICACION</b>	1	Identificar los puntos críticos dentro de las áreas de investigación				
	2	Clasificar elementos necesarios e innecesarios para los procesos productivos				
	3	Separar elementos necesarios e innecesarios de la zona de acopio				
	4	Trasladar los elementos innecesarios a un almacén temporal				
	5	Identificar los elementos innecesarios en el plan de implementación de 5's				
	6	Identificar los elementos innecesarios a través tarjetas rojas				
<b>ORGANIZACIÓN</b>	1	Ordenar los elementos necesarios en el proceso productivo				
	2	Definir código para cada elemento necesario en el proceso productivo Almacenar los elementos				
	3	necesarios de forma eficiente para evitar tiempos improductivos				
<b>LIMPIEZA</b>	1	Identificar las zonas de limpieza y detallar los materiales para su función				
	2	Programar el plan de limpieza (responsables, materiales y áreas por limpiar)				
<b>TOTAL</b>			<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

Fuente: Elaboración propia

### Desarrollo de la 5'S: Shitsuke

La última etapa de las 5'S se basa en la disciplina de todos los procedimientos anteriores, solo si se mantiene la cultura implementada, si se trabaja en equipo, si se genera una concientización en los operarios para ejercer las funciones de manera correspondiente, se mantendrá una cultura de trabajo ideal. Se elaboró un formato de autoevaluación para cada responsable del área, el cual deberá ser llenado antes de iniciar su trabajo, de esa manera se ira reforzando los puntos de falla, según el formato de la tabla 19.

Tabla 19:

*Formato de autoevaluación*

FORMATO DE EVALUACIÓN		
ÁREA	FECHA	
RESPONSABLE DEL ÁREA		
PREGUNTA	SI	NO OBSERVACIONES
¿Mi área de trabajo se encuentra ordenada y limpia?		
¿Se encuentra libre de objetos innecesarios?		
¿Se encuentra libre de elementos de distracción?		
¿Mis herramientas de trabajo se encuentran en orden?		
¿Los desperdicios se encuentran en mi zona de trabajo?		
¿Mi zona de trabajo se encuentra debidamente señalizada?		
¿Se siguió correctamente el procedimiento de 5S?		

Fuente: Elaboración propia

Después de implementar la herramienta 5'S se evalúa la mejora económica en cada área de investigación, en la siguiente tabla se presenta la mejora de la herramienta en la reducción de tiempos improductivos por búsqueda de herramientas, equipos y materiales; obteniendo un beneficio, representado en la tabla 20.

Tabla 20:

*Costo por tiempo improductivo por búsqueda de ítems implementando la herramienta 5'S*

Costo por tiempo improductivo por búsqueda de ítems (área almacén)							
Ítems	Tiempo perdido por búsqueda (min/hora)	Tiempo perdido por búsqueda (min/día)	Tiempo perdido por búsqueda (hora/día)	Sueldo/hora (almacenero: S/.1200)	Costo por día (S/.)	Costo por mes (S/.)	Costo perdido por año (S/.)
Herramientas	0.5	4	0.07				
Equipos	1	8	0.13	S/ 5.77	S/ 1.54	S/ 40.00	S/ 480.00
Materiales	0.5	4	0.07				

Costo por tiempo improductivo por búsqueda de ítems (área de producción)							
Ítems	Tiempo perdido por búsqueda (min/hora)	Tiempo perdido por búsqueda (min/día)	Tiempo perdido por búsqueda (hora)	Sueldo promedio de operarios/hora	Costo por día (S/.)	Costo por mes (S/.)	Costo por año (S/.)
Herramientas	1	8	0.13				
Equipos	1	8	0.13	S/ 6.97	S/ 2.32	S/ 60.42	S/ 725.00
Materiales	0.5	4	0.07				

Costo por tiempo improductivo por búsqueda de ítems (área de mezclado)							
Ítems	Tiempo perdido por búsqueda (min/hora)	Tiempo perdido por búsqueda (min/día)	Tiempo perdido por búsqueda (hora)	Sueldo/hora (molinerero: S/.1200)	Costo por día (S/.)	Costo por mes (S/.)	Costo por año (S/.)
Herramientas	0.5	4	0.07				
Equipos	0.5	4	0.07	S/ 6.73	S/ 1.35	S/ 35.00	S/ 420.00
Materiales	0.5	4	0.07				

Fuente: Elaboración propia

La implementación de la herramienta 5'S ocasiono una disminución en los tiempos improductivos generando un beneficio económico de S/. 10,715.00.

## Desarrollo de la herramienta Plan de capacitación

Implementando un programa de plan de capacitación generaremos un mayor conocimiento en los operarios y en la parte administrativa para su evaluación y supervisión de las mejores a través de indicadores, además se generará documento de los procedimientos, de esa manera asegurar que el personal nuevo que ingrese conozca las pautas necesarias para que no se pierda las mejores previamente implementadas.

Tabla 21:

*Formato de programa de capacitación*

<b>FORMATO DE PROGRAMA DE CAPACITACIÓN</b>					
<b>DESCRIPCIÓN DE LA CAPACITACIÓN</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>Nº DE OPERARIOS</b>	<b>PUESTO DE TRABAJO</b>	<b>MES PROPUESTO</b>	<b>INVERSIÓN</b>
Estándar de calidad de la tubería PVC, procesos productivos y correcto uso de los materiales	Conocimientos en las dimensiones, calidad de la tubería, uso correcto de las herramientas y equipos y el correcto uso de los materiales	10	Operativa y administrativa	1/12/2021	S/ 2,500.00
Importancia de la herramienta 5's dentro de los procesos productivos	Generar una cultura de método de trabajo y concientizar sobre el orden y limpieza	10	Operativa y administrativa	15/12/2021	S/ 2,500.00
Importancia de un correcto programa de mantenimiento a las máquinas y/o equipos	Implementar un mantenimiento preventivo a la organización y su importancia	10	Operativa y administrativa	20/12/2021	S/ 2,500.00
Metodologías de Lean Manufacturing	Uso de herramientas para mejorar indicadores productivos	10	Jefatura, supervisión y gerencia	30/12/2021	S/ 2,500.00
<b>Aprobación por parte de:</b>					
<b>Supervisión de la charla de capacitación</b>	<b>Gerente General</b>		<b>Jefe inmediato</b>		
Apellidos y nombres:	Apellidos y nombres:		Apellidos y nombres:		

Fuente: Elaboración propia

Una vez completado el programa de capacitación, el personal se encontrará en todas las facultades de realizar sus funciones como corresponde, de esa manera generar una mayor productividad en los procesos, y esto se ve reflejado en la tabla 22, en donde se encuentra el estado del proceso de producción al término de la implementación la herramienta de mejora.

Tabla 22:

*Costo total mejorado implementando la herramienta de Plan de capacitación*

Mes	Tubería mal cortada	Tubería deformada	Tubería quemada	Tubería sin cumplir los estándares de calidad	Total de tuberías rechazadas	Costo perdido total
Enero	3	4	1	4	12	S/ 180.00
Febrero	2	1	4	2	9	S/ 135.00
Marzo	1	1	3	4	9	S/ 135.00
Abril	2	3	1	1	7	S/ 105.00
Mayo	2	4	3	3	12	S/ 180.00
Junio	4	4	3	4	15	S/ 225.00
Julio	2	3	4	1	10	S/ 150.00
Agosto	1	3	4	2	10	S/ 150.00
Setiembre	1	3	2	4	10	S/ 150.00
Octubre	3	4	4	3	14	S/ 210.00
Noviembre	2	4	1	4	11	S/ 165.00
Diciembre	1	2	2	3	8	S/ 120.00
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>36</b>	<b>32</b>	<b>35</b>	<b>127</b>	<b>S/ 1,905.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Al contar con un plan de capacitación las habilidades de los operarios aumentaron su método de trabajo y pudieron generar un beneficio de S/. 5,655.00 al año.

### Desarrollo de la herramienta TPM.

La empresa Eurotubo SAC trabaja en base a mantenimiento correctivo únicamente, por ello se implementó la metodología TPM en base a sus pilares, el cual está conformado por 12 pasos a seguir para su implementación, tal y como se representa en la tabla 23.

Tabla 23:

*Pasos para la implementación del TPM*

Fase	Etapas	Aspectos de Gestión
Etapas iniciales	1. Iniciativa por parte gerencial de implementar TPM en la empresa.	Compromiso de gerencia de implementar la herramienta TPM a través de reuniones internas.
	2. Plan de capacitación sobre la aplicación de la herramienta TPM.	Charlas de capacitación a la parte gerencial, administrativa y operaria
	3. Definición del Comité de Coordinación	Establecer un Comité de Coordinación de Implantación (de preferencia jefes de departamentos) que, a su vez, nombrarán sus equipos de trabajo en cada área.
	4. Definir políticas y metas del TPM.	Analizar el estado actual de las condiciones.
		Determinar objetivos, políticas y metas.
5. Desarrollo de un plan maestro de TPM	Comité elabora un plan maestro para el desarrollo e implementación del TPM.	
Implantación	6. Inicio del TPM	Se genera una reunión con las partes interesadas externas e internas.
	7. Mejorar la efectividad del equipo.	Seleccionar un equipo con pérdidas crónicas y analizar causas y efectos para poder actuar a través de un AMEF.
	8. Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo.	Generar documentos de inspección, de limpieza y de lubricación para los operarios.
	9. Eficacia de los equipos por la ingeniería de producción.	Establecimiento de las condiciones para eliminar defectos de productos y facilitar los controles.
	10. Implementar un plan de capacitación para el personal	Se generará planes de capacitación, charlas de inducción hacia la mejora de la herramienta.
	11. Establecimiento seguridad e higiene trabajo.	Implantación de estímulos a la notificación de condiciones inseguras en el trabajo y de perjuicio al medio ambiente.
Consolidación	12. Consolidación del TPM y su aplicación	Medición de resultados obtenidos.

Fuente: Elaboración propia

La siguiente implementación para un mayor soporte se realiza un análisis de modo y efecto falla para cada maquina intervenida en la línea de producción de tubería PVC, según el anexo 1.

Una vez completado la implementación de la herramienta TPM a través de su plan y el soporte de la herramienta análisis de modo y efecto de falla, el área de mantenimiento tendrá una mejor visión de cómo debe inspeccionar las maquinarias para que no exista tanta parada imprevista, según la tabla 24 y tabla 25, representan la mejoras por dicha implementación.

*Tabla 24:*

*Costo total perdido por fallas imprevistas de maquinaria implementado TPM*

Mes	Número de paras imprevistas por falla de maquinaria	Días de mantenimiento correctivo	Tubería no producida por para de maquinaria	Costo perdido total
Enero	2	1	50	S/ 750.00
Febrero	1	1	50	S/ 750.00
Marzo	1	0	0	S/ -
Abril	2	0	0	S/ -
Mayo	2	1	50	S/ 750.00
Junio	1	0	0	S/ -
Julio	2	0	0	S/ -
Agosto	3	0	0	S/ -
Setiembre	2	1	50	S/ 750.00
Octubre	1	1	50	S/ 750.00
Noviembre	1	1	50	S/ 750.00
Diciembre	3	1	50	S/ 750.00
Total	21	7	350	S/ 5,250.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25:

*Costo total perdido por hora hombre perdido implementando TPM*

Mes	Costo promedio por hora hombre perdido (hora)	Costo promedio por hora hombre perdido (día)	Costo promedio en hora hombre perdida (S/.)
Enero			S/ 48.33
Febrero			S/ 48.33
Marzo			S/ 0.00
Abril			S/ 0.00
Mayo			S/ 48.33
Junio			S/ 0.00
Julio	S/ 6.04	S/ 48.33	S/ 0.00
Agosto			S/ 0.00
Setiembre			S/ 48.33
Octubre			S/ 48.33
Noviembre			S/ 48.33
Diciembre			S/ 48.33
Total			S/ 338.33

Fuente: Elaboración propia

La implementación del TPM ocasiono menos cantidad de paradas imprevistas, una mejor cultura organizacional de mantenimiento, genero mayor conocimiento en las personas en lo que respecta los procesos y su importancia de conocer los efectos de no cumplir con los procedimientos de mantenimiento autónomo; todo ello genero un beneficio económico de S/. 12,773.33.

### 3. CAPITULO III. RESULTADOS

#### 3.1.Resultados de la propuesta

En el presente capítulo se presentan los resultados de la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing para incrementar la productividad para cada causa raíz previamente descrita en la tabla 2.

A continuación, se presenta el resultado para la propuesta la implementación de la herramienta Poka Yoke, se tuvo un beneficio económico de S/. 8,355.00, tal y como se muestra en la figura 15.

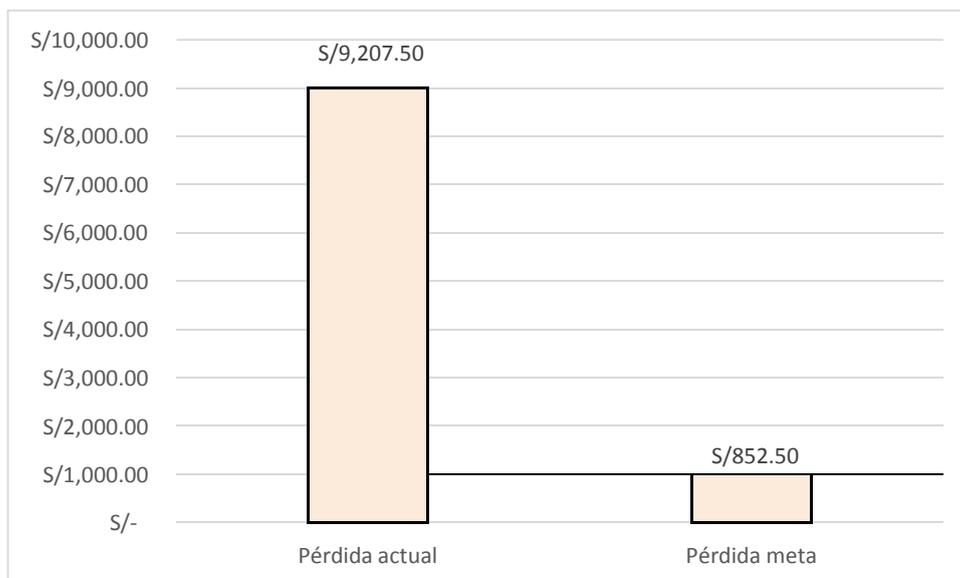


Figura 145: Beneficio económico por implementar Poka Yoke

Fuente: Elaboración propia

Dicho beneficio se ve representado en la mejora consiste en la disminución de material en kg perdidos y en la cantidad de tubería rechazada, inicialmente se comenzó con 628kg desperdiciados y 504 tuberías rechazadas anualmente, una vez implementado la herramienta se logró reducir a 88kg desperdiciados y 41 tuberías rechazadas, obteniendo un beneficio económico para la empresa.

El resultado de la implementación de la herramienta 5's, fue de un beneficio económico de S/. 10,715.00, tal y como se muestra en la figura 16.

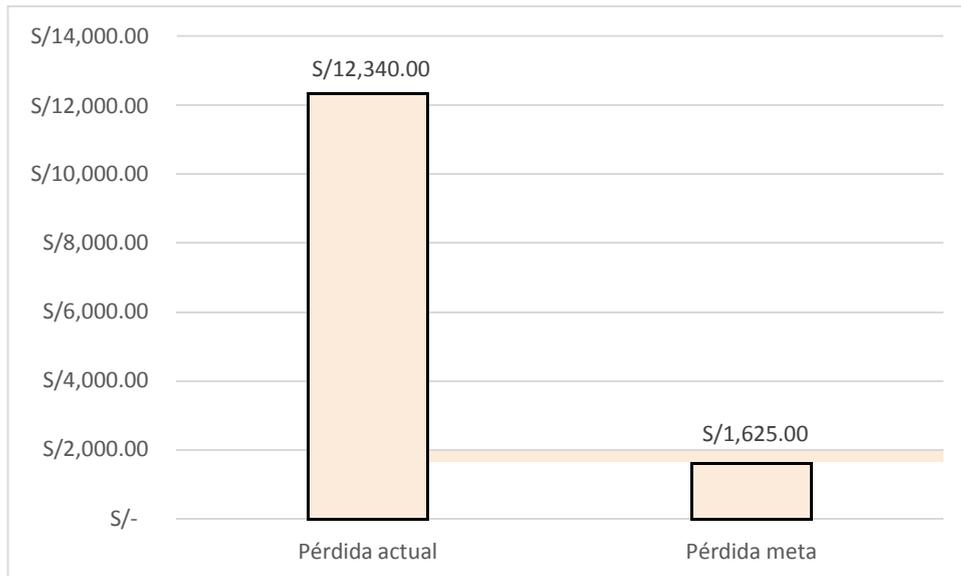


Figura 156: Beneficio económico por implementar 5'S

Fuente: Elaboración propia

Dicho beneficio se ve reflejado en la disminución de tiempo perdido por sostener una falta de orden y limpieza en el área, inicialmente según el diagnóstico inicial presentaba un total de 6.27 horas, después de la implementación de la herramienta 5'S se logró reducir a 0.80 horas, obteniendo el beneficio descrito anteriormente.

El resultado de la implementación de un plan de capacitación, fue de un beneficio económico de S/. 5,655.00, tal y como se muestra en la figura 17.

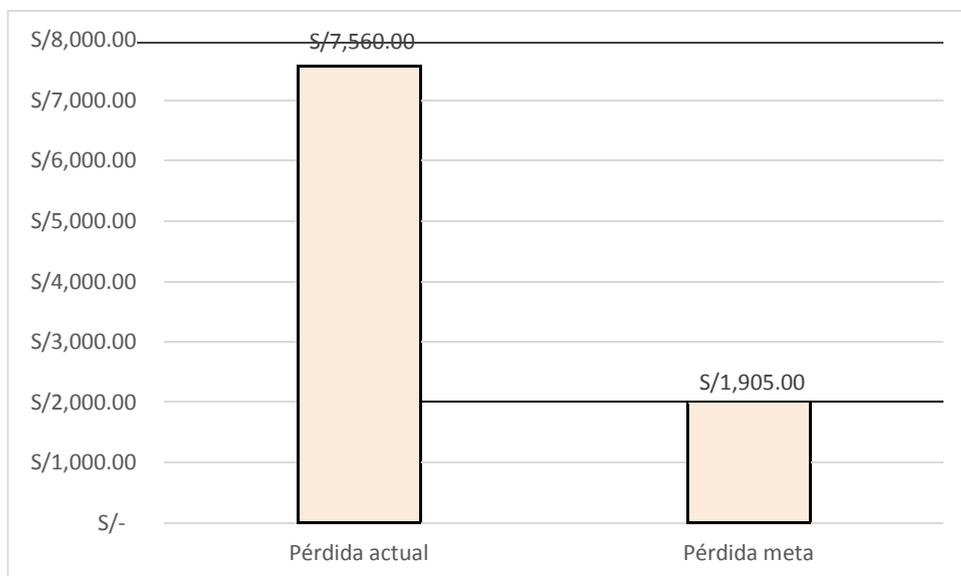


Figura 167: Beneficio económico por implementar un Plan de Capacitación

Fuente: Elaboración propia

La implementación de esta propuesta de mejora es fundamental para el desarrollo de la investigación y de la mejora propuesta, puesto que, va a dar valor agregado a todas las herramientas planteadas, su beneficio se obtiene además en mejorar la producción capacitando al personal nuevo, inicialmente presentaba muchos problemas de tubería rechazada, 504 unidades, después de implementar la herramienta propuesta se obtuvieron 127 unidades de tuberías rechazadas.

El resultado de la implementación de la herramienta TPM, fue de un beneficio económico de S/. 12,773.33, tal y como se muestra en la figura 18.

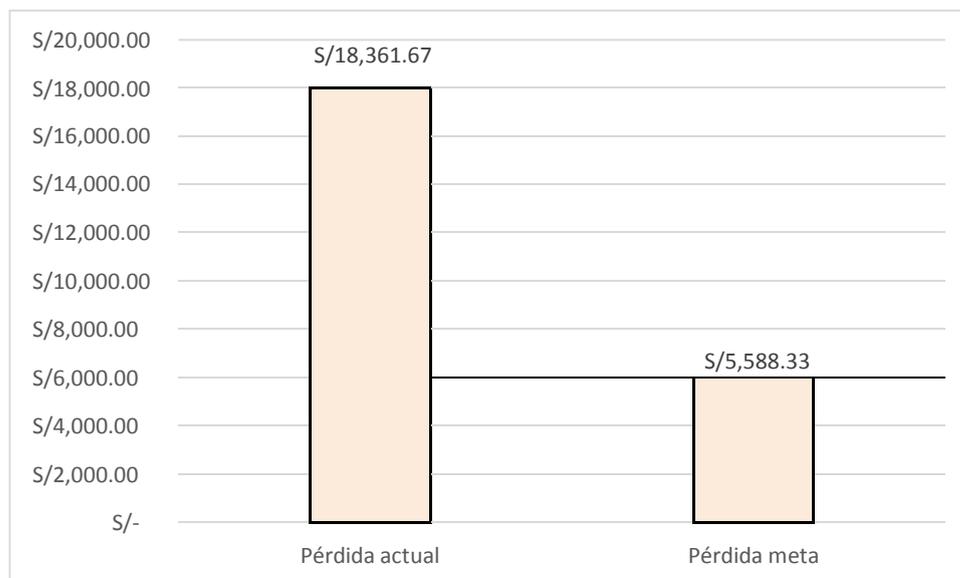


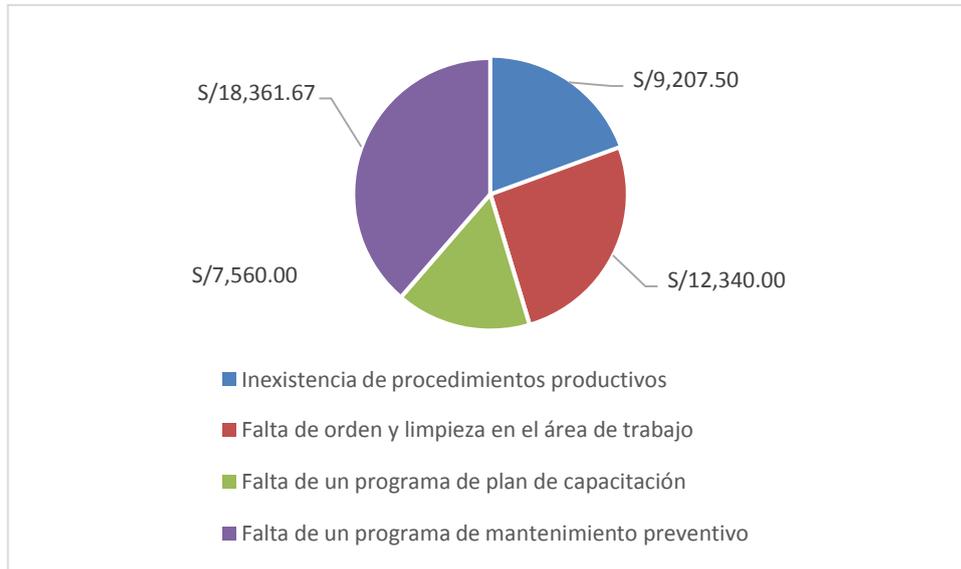
Figura 178: Beneficio económico por implementar TPM

Fuente: Elaboración propia

El beneficio se ve representado por el número de paradas, días de mantenimiento correctivo y por la cantidad de tubería no producida a causa de la falla y para de maquinaria, según el diagnóstico inicial se tiene 47 veces fallas imprevistas con 23 días de mantenimiento correctivo y 1150 unidades de tuberías no producidas anualmente a causa de dichos días de mantenimiento, una vez implementado la herramienta, se logra mejorar en 21 veces fallas imprevistas con 12 días y 350 unidades de tuberías no producidas, obteniendo una mejora económica y un mejor flujo

productiva en la línea de producción. Adicional a ello, también se logró reducir el costo promedio en hora hombre perdida de S/. 1,111.67 a S/. 338.33.

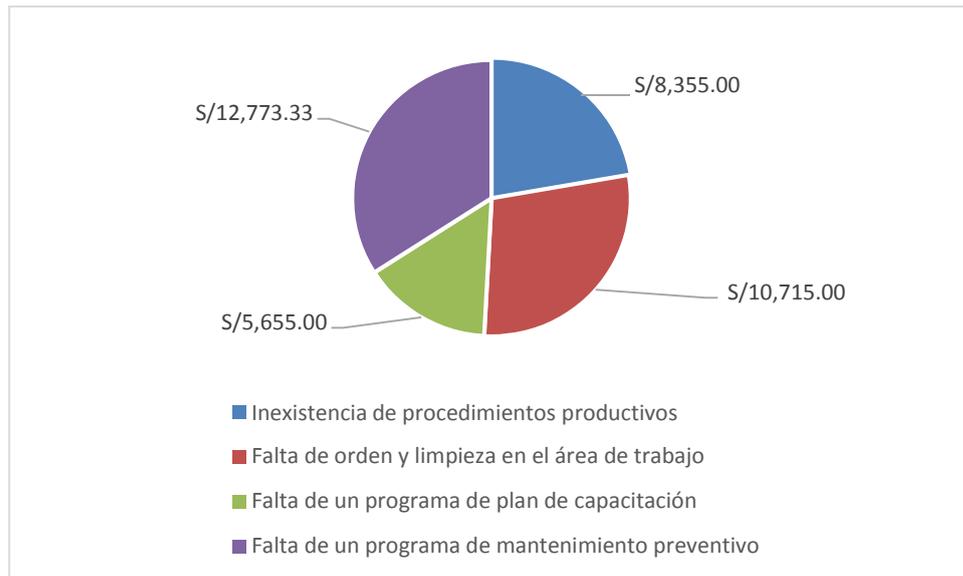
Según la figura 19, representa de una mejor forma visual las perdidas actuales de la empresa Eurotubo S.A.C, por no tener herramientas de Lean Manufacturing dentro de sus procesos productivos y/o administrativos.



*Figura 19: Pérdidas actuales de la empresa Eurotubo S.A.C.*

Fuente: Elaboración propia

Según la figura 20, representa el beneficio obtenido por la empresa Eurotubo S.A.C, por la implementación de herramientas Lean Manufacturing dentro de sus procesos productivos y/o administrativos.



*Figura 18: Beneficios por implementar herramientas Lean Manufacturing.*

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la variable independiente, productividad, mejoro en 81%, como se observa en la tabla 26, el cual se detalla por cada causa raíz encontrada dentro de la problemática de la empresa, para la primera causa raíz incremento en la productividad en un 92%, esto se debió a una disminución de la unidad de merma por hora, para la segunda causa raíz hubo un incremento del 87% por la reducción de tiempos de búsqueda, en lo que respecta la mano de obra calificada mejoro su productividad en 75% reduciendo la cantidad de mermas de tubería por hora y finalmente se redujo la cantidad de días de mantenimiento correctivo incrementando su productividad en un 70%.

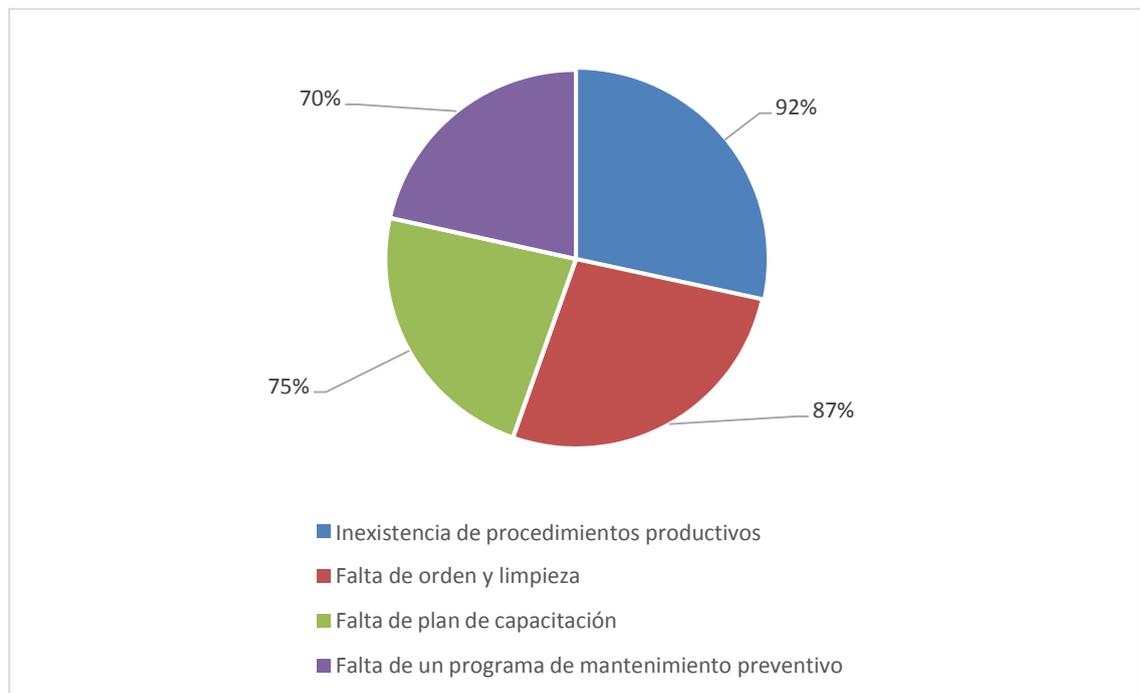
Tabla 26:

*Productividad de cada causa raíz*

Causa Raíz	Sin herramienta	Con herramienta	Productividad inicial	Productividad final	Variación de productividad
Inexistencia de procedimientos productivos	504 und merma	41 und merma	3.1 und merma/hora	0.25 und merma/hora	92%
Falta de orden y limpieza	6.2667 hora perdida	0.8 hora perdida	0.03886 hora perdida	0.00496 hora perdida	87%
Falta de plan de capacitación	504 und merma	127 und merma	3.1 und merma/hora	0.79 und merma/hora	75%
Falta de un programa de mantenimiento preventivo	1150 und	350 und	7.130456349 und	2.170138889 und	70%

*Fuente: Elaboración propia*

En la figura 21, se representa en una gráfica circular el aumento de cada productividad por cada causa raíz trabajada en la presente investigación.



*Figura 19: Beneficios en la productividad por implementar herramientas Lean Manufacturing.*

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.Evaluación económica

Para un análisis del flujo de caja, se debe considerar puntos como la inversión y la depreciación de equipos, según la tabla 27 se presenta la inversión para la implementación de la propuesta de mejora y tabla 28 junto a la tabla 29 presentan la depreciación de los equipos para un correcto flujo de caja.

Tabla 27:

*Inversión para cada causa raíz*

Inversión por causa raíz	Inversión
Inversión - Implementación Poka Yoke	S/. 5,800.00
Inversión - Implementación 5'S	S/. 8,500.00
Inversión - Implementación Plan de Capacitación	S/. 7,000.00
Inversión - Implementación TPM	S/. 4,500.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28:

*Costo inicial, valor de salvamento y periodos para la depreciación de equipos*

Depreciación de equipos	
Costo inicial (B)=	S/. 10,100.00
Valor de Salvamento (Vs)=	S/. 4,040.00
Periodos (n) =	5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29:

*Depreciación de equipos en un periodo de 5 años*

AÑO	1	Dt (1) =	S/. 1,691.21
AÑO	2	Dt (2) =	S/. 1,408.02
AÑO	3	Dt (3) =	S/. 1,172.26
AÑO	4	Dt (4) =	S/. 975.96
AÑO	5	Dt (5) =	S/. 812.54

Fuente: Elaboración propia

En resumen, se tiene una inversión de S/. 25,800.00, un beneficio económico en ahorros de S/. 37,498.33, el cual será considerado como ingreso para la elaboración del flujo de caja con un porcentaje de ingreso anual del 5% para cada año siguiente. El flujo de caja será proyecto para 5 años, tal y como se presenta en las siguientes tablas.

Se detallará el estado de resultados, flujo de caja y los indicadores económicos como el VAN, TIR, PRI y B/C.

Tabla 72:

*Estado de Resultados*

<b>Estado de resultados</b>						
Año	0	1	2	3	4	5
		S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
Ingresos		37,498.33	39,373.25	41,341.91	43,409.01	45,579.46
Costos operativos		S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
Depreciación activos		9,970.83	9,970.83	9,970.83	9,970.83	9,970.83
		S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
		1,691.21	1,408.02	1,172.26	975.96	812.54
GAV		S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
		997.08	997.08	997.08	997.08	997.08
Utilidad antes de impuestos		S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
		24,839.20	26,997.31	29,201.74	31,465.13	33,799.00
Impuestos (30%)		S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
		7,451.76	8,099.19	8,760.52	9,439.54	10,139.70
Utilidad después de impuestos		S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
		17,387.44	18,898.12	20,441.22	22,025.59	23,659.30

Fuente: Elaboración propia

El estado de resultados presenta ingresos, los cuales serán nuestros ahorros por la implementación de las herramientas, costos operativos representados por la pérdida meta, depreciación de activos el cual esta presentado en la tabla 29 para cada año en el proyectado de 5 años, gastos administrativos y de ventas (GAV), representa el 10% de los costos operativos, utilidad antes de impuestos que es la resta de los ingresos menos los costos operativos menos la depreciación de activos y los gastos, impuestos del 30% de la utilidad y por ultimo utilidad después de impuestos, que es la resta de utilidad antes de impuestos menos el 30% del mismo. La inversión total para la investigación es de S/. 25,800.00 con un costo de oportunidad del 20%.

Tabla 31:

*Flujo de caja*

<b>Flujo de caja</b>						
Año	0	1	2	3	4	5
Utilidad después de impuestos		S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
		17,387.44	18,898.12	20,441.22	22,025.59	23,659.30
Más depreciación		S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
		1,691.21	1,408.02	1,172.26	975.96	812.54
Inversión	S/.					
	-25,800.00					
	<b>S/.</b>	<b>S/.</b>	<b>S/.</b>	<b>S/.</b>	<b>S/.</b>	<b>S/.</b>
	<b>-25,800.00</b>	<b>19,078.66</b>	<b>20,306.14</b>	<b>21,613.47</b>	<b>23,001.55</b>	<b>24,471.84</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 31 se presenta el flujo de caja, el cual tiene valores hallados después de restar la utilidad después de impuestos menos la depreciación, lo cual nos deja un flujo de caja por el proyectado de 5 años para nuestra investigación.

Tabla 32:

*Indicadores económicos (VAN, TIR y PRI)*

<b>VAN</b>	S/.	37,635.42
<b>TIR</b>		74%
<b>PRI</b>		<b>2.0336 años</b>

Fuente: Elaboración propia

La tabla 32 presenta valores económicos, el valor actual neto, VAN, S/. 37,635.42 indicando que el proyecto es rentable por ende la propuesta de implementación es viable, tasa interna de retorno, TIR, 74%, sosteniendo la viabilidad del proyecto puesto que su valor es mayor al de costo de oportunidad establecido y el periodo de recuperación de la inversión, PRI, en 2.03 años para retornar la inversión.

Tabla 33:

*Indicadores económicos (VAN ingreso, VAN egreso y B/C)*

<b>VAN Ingresos</b>	S/.	121,767.35
<b>VAN Egresos</b>	S/.	58,331.94
<b>B/C</b>		2.0875

Fuente: Elaboración propia

La tabla 33 presenta valores económicos, el valor actual neto ingresos, VAN, S/. 121,767.35, representando netamente los ingresos del proyecto, VAN egresos, representado netamente los egresos y finalmente beneficio-costos del proyecto, 2.08, es decir que, por cada 1 sol invertido, la empresa tiene un retorno de 1.08 soles.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusiones

El objetivo de la presente investigación es implementar herramientas de Lean Manufacturing para incrementar la productividad de la empresa Eurotubo S.A.C a través de las herramientas Poka Yoke, 5'S, Plan de capacitación y TPM se logró aumentar la productividad en un 81%, de la misma forma se sustenta en la investigación de Sucre, D (2020), en la cual tuvo un ahorro económico de S/. 10,377.15 con la implementación de las herramientas SMED, 5'S y Poka Yoke aumentando su productividad en un 74%, mientras que en la empresa Eurotubo SA.C. se llegó a conseguir un 81% mediante la implementación generando ahorro económico de S/. S/ 37,498.33, de igual forma en la tesis de Tolentino, A (2020), menciona que a través de las herramientas de Lean Manufacturing 5'S, Poka Yoke y SMED se logró reducir sus costos operativos en un 59% generando un ahorro de S/.139,731.40, logrando reducir en un 77% los tiempos de búsqueda implementando la herramienta 5's, de igual manera en la empresa Eurotubo S.A.C se tuvo el mismo propósito de implementación, logrando reducir los tiempos de búsqueda de 6.26 hora a un 0.80 hora reduciéndolo en un 87%, tal y como se menciona en la tesis de Guerrero, I (2016), mediante el apoyo de herramientas de 5'S se logró reducir tiempos productivos de 4021 minutos a 3870 minutos, finalmente para un mayor soporte de investigación Hernández, A (2019), centra su estudio en crear una cultura de limpieza y orden mediante la metodología

5'S, disminuyendo tiempos productivos y logrando aumentar un 85% la productividad de la empresa, mientras que en Eurotubo S.A.C, se logró incrementar en un 87%, el mayor porcentaje se debe a que la empresa de investigación de Hernández no cuenta con un plan de capacitación.

Según lo mencionado en la tesis de Portugal et al (2018), la implementación de herramientas de Lean como TPM ayudo a mejorar la productividad de su línea de producción en un 85% reduciendo la cantidad de paradas imprevistas, lo cual coincide con nuestra investigación, puesto que nuestras paradas se redujeron en 51% y aumentando la productividad en un 70%, de igual forma en la investigación de Pachacama, D (2016), indica que a través de la aplicación de las herramientas TPM y 5's mejoro el tiempo de entrega de 21 días a 6 días, y su efectividad de maquina logrando reducir sus paras imprevista, comparando con la empresa Eurotubo, se logró reducir sus tiempos de mantenimiento correctivo de 23 días a 7 días al año incrementando su productividad en un 70%, finalmente Chumbile, L (2021), demuestra en su investigación una reducción de costos de mano de obra en un 36% aumentando su productividad en un 52% mediante el uso de herramientas de Lean, las cuales fueron usadas en nuestra investigación, dando como resultando un aumentado del 74%.

Mediante la aplicación de la herramienta Poka Yoke la empresa Eurotubo pudo reducir sus kilogramos de material desperdiciados en un 86% y aumentar su eficiencia en un 92%, mientras que, en la tesis de Cuadros, K (2020), aplicaron la misma herramienta, pero los resultados fueron diferentes, se logro reducir hasta en un 94% los materiales desperdiciados y mejorar su eficiencia en un 85%, cabe resaltar que los resultados fueron los óptimos y esperados para las empresas. Los autores Marcos y Luna (2020), presentan como resultados económicos un beneficio de S/ 129,555,85, VAN, S/

103,942.87, TIR, 81% y un beneficio costo de 1.47 mediante el uso de la metodología Lean Manufacturing, mientras que, la empresa Eurotubo presenta los siguientes resultados un beneficio económico de S/ 37,498,33, VAN, S/ 37,635.42, TIR, 74% y un beneficio costo de 2.08, ambos proyectos planteados para las diferentes empresas con la misma metodología dan como resultado que el proyecto es viable y rentable su implementación.

Finalmente, todos los autores investigados para sustentar la presente investigación mencionan en sus resultados que la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing ayudaron a incrementar su productividad y a reducir costos operativos.

#### **4.2. Conclusiones**

- La implementación de herramientas de Lean Manufacturing afectó de manera positiva el incremento de la productividad en la empresa Eurotubo S.A.C, logrando aumentar en un 81% su productividad.
- Se realizó un diagnóstico de la situación actual en el área de producción mediante el uso de la herramienta Diagrama de Ishikawa, identificando las causas raíces más críticas en el área de producción, se encontraron las siguientes deficiencias: Inexistencia de procedimientos productivos, falta de orden y limpieza en el área de trabajo, falta de un plan de capacitación, falta de un programa de mantenimiento preventivo, inexistencia de tiempos estándares en procesos productivos y falta de una gestión en la compra de materiales.
- Se logró mejorar la productividad para cada causa raíz y sus deficiencias, para la causa raíz donde se implementó Poka Yoke se logró reducir la cantidad de tubería rechazada y la cantidad de kg desperdiciados mejorando su productividad en un 92%, con la implementación de la herramienta 5'S, se logró reducir los

tiempos improductivos de 6.27 hora a 0.8 hora, incrementando su productividad en un 87%, se usó un plan de capacitación como una herramienta de soporte para todas las causas raíces, logrando disminuir la cantidad de merma de 504 unidades de tubería a 127 unidades, aumentando la productividad en un 75% y finalmente las paradas imprevistas se implementó un TPM el cual redujo la cantidad de tubería no producida de 1150 a 350 unidades mejorando en un 70%

- Se elaboro una evaluación económica de la implementación de la propuesta de mejora mediante las herramientas de Lean Manufacturing dando los siguientes indicadores económicos: VAN S/. 37,635.42, TIR 74%, PRI 2.03 años y un B/C de 2.08, dando como resultado rentable y viable el proyecto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcantara, R. (2020). Aplicación de las herramientas Lean Manufacturing para incrementar la productividad en el Molino Agroindustrial Jequetepeque S.R.L, Trujillo-Perú [Tesis de titulación, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/52204/Alcantara\\_LRT-Chavez\\_YMA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/52204/Alcantara_LRT-Chavez_YMA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Andreu, I (15 de julio de 2021). Lean Manufacturing: ¿qué es y cuáles son sus principios? APD. <https://www.apd.es/lean-manufacturing-que-es/>
- Chumbile, L. (2021). Propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing para incrementar la productividad del área de carpintería de una empresa mobiliaria, Lima-Perú [Tesis de titulación, Universidad Nacional de San Marcos]. Repositorio institucional. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/16095>
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (03 marzo 2021). El comercio mundial de plásticos es un 40% mayor de lo que se pensaba, según un

estudio. <https://unctad.org/es/news/el-comercio-mundial-de-plasticos-es-un-40-mayor-de-lo-que-se-pensaba-segun-un-estudio>

Cuadros, K. (2020). Implementación de herramientas de lean manufacturing para mejorar la productividad en la fabricación de cubos de hielo en una empresa de alimentos. [Tesis de titulación, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio institucional. [https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/3875/IND-T030\\_70781328\\_T%20%20%20SALINAS%20LOAYZA%20LIZETH%20ZANIRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/3875/IND-T030_70781328_T%20%20%20SALINAS%20LOAYZA%20LIZETH%20ZANIRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Escuela de Administración de Negocios para Egresados (6 de setiembre de 2018). Poka-Yoke: ¿en qué consiste y cómo se aplica este método en el sector salud? <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2018/09/poka-yoke-en-que-consiste-y-como-se-aplica-este-metodo-en-el-sector-salud/>

Gallardo, J. (2016). Propuesta de implantación de metodología Lean Manufacturing en un Taller Automotriz del sector Batán Bajo, Quito, año 2016, Quito-Ecuador [Tesis de titulación, Universidad Técnica Particular de Loja]. Repositorio institucional <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/14561>

Gisbert, V. (2015). LEAN MANUFACTURING. QUÉ ES Y QUÉ NO ES, ERRORES EN SU APLICACIÓN E INTERPRETACIÓN MAS USUALES. 3C Tecnología. Glosas De innovación Aplicadas a La Pyme, 4(1), 42–52. Recuperado a partir de <http://ojs.3ciencias.com/index.php/3c-tecnologia/article/view/250>

Guerrero, I. (2016). Implementación de herramientas lean manufacturing para mejorar los procesos de producción de cárnicos en la empresa Meatpro S.A, Quito-Ecuador [Tesis de titulación, Universidad Tecnológica Equinoccial]. Repositorio institucional. <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/14412>

- Hernández, A. (2019). Implementación de las Herramientas Lean Manufacturing en el Área de Producción de Plásticos Mype de la Corporación Bolsipol S.A.C., Lima-Perú [Tesis de titulación, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio institucional. [https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3254/Antony%20Hernandez\\_Trabajo%20de%20Investigacion\\_Bachiller\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3254/Antony%20Hernandez_Trabajo%20de%20Investigacion_Bachiller_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- IEES (01 de enero 2019). IEESS [Figura]. [https://www.sni.org.pe/wp-content/uploads/2019/07/Reporte-Sectorial-Pl%C3%A1sticos\\_2019.pdf](https://www.sni.org.pe/wp-content/uploads/2019/07/Reporte-Sectorial-Pl%C3%A1sticos_2019.pdf)
- Jimeno, J. (25 de marzo 2013). PDCA [Figura]. <https://www.pdcahome.com/4157/metodologia-5s-guia-de-implantacion/>
- López, C. (2001, octubre 11). <em>5S: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke. Base de la mejora continua</em>. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/5s-seiri-seiton-seiso-seiketsu-y-shitsuke-base-de-la-mejora-continua/>
- Marcos, A y Luna, F. (2020). Propuesta de aplicación de las herramientas lean manufacturing para aumentar la productividad en la línea de fabricación de una empresa ladrillera en la ciudad de Trujillo, Trujillo-Perú [Tesis de titulación, Universidad Privada del Norte]. Repositorio institucional. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23693>
- Marquez, K & Sanchez, P. (2019). Implementación del sistema de seguridad y salud en el trabajo para disminuir los accidentes laborales, servicios Generales Estructuras Metálicas San Martín E.I.R.L. San Jacinto, 2018. [tesis de titulación, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional de la Universidad <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/27579>
- Martínez, A. (2016). Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el comando logístico "reino de quito" no. 25 (colog) en el

departamento de mantenimiento, Quito-Ecuador [Tesis de titulación, Universidad Tecnológica Equinoccial]. Repositorio institucional.  
<http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/1447>

Mena, M (04 de junio de 2021). Statista [Figura].  
<https://es.statista.com/grafico/25010/paises-con-la-mayor-cantidad-de-residuos-plasticos-de-un-solo-uso-generados/>

Mena, M (04 junio 2021). ¿Qué países generan más residuos de plástico de un solo uso? Statista. <https://es.statista.com/grafico/25010/paises-con-la-mayor-cantidad-de-residuos-plasticos-de-un-solo-uso-generados/>

Organización Internacional del Trabajo (16 de agosto de 2020). Impulsando la Productividad. [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_dialogue/---act\\_emp/documents/publication/wcms\\_759886.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---act_emp/documents/publication/wcms_759886.pdf)

Ormeño, P. (2020). Mejora de proceso productivo utilizando herramientas lean en empresa del sector gastronómico tradicional para incrementar su productividad, Lima-Perú [Tesis de titulación, Universidad San Ignacio de Loyola]. Repositorio institucional. <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/10367>

Orozco et al (2016). Implementación de herramientas Lean Manufacturing para el aumento de la productividad en la producción de Eka Corporación, Calí-Colombia [Tesis de titulación, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio institucional. [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/10489/1/2016\\_implementacion\\_herramienta\\_lean.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/10489/1/2016_implementacion_herramienta_lean.pdf)

Pachacama, D. (2016). Mejora de la productividad, en el área de mecanizado transfer para la fabricación de grifería en la empresa Franz Viegner, mediante la implementación de la metodología Lean Manufacturing, Quito-Ecuador [Tesis de

titulación, Universidad Politécnica Nacional]. Repositorio institucional  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20581>

Portugal et al (2018). Implementación de Herramientas Lean Manufacturing para mejorar  
productividad en Planta de Producción de Galletas, Lima-Perú [Tesis de  
titulación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio institucional.  
[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625600/Huertas  
C\\_J.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625600/Huertas_C_J.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

Salazar, B. (01 de noviembre de 2021). Mantenimiento Productivo Total (TPM). Ingeniería  
Industrial Online. [https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-  
manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/](https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/)

Sociedad Nacional de Industrias (07 marzo 2019). IEES. Fabricación de productos de  
plástico. <https://normas-apa.org/referencias/citar-pagina-web/>

Sucre, D. (2020). Propuesta de aplicación de lean manufacturing, para incrementar la  
productividad en la línea de envasado de la empresa industrias Palm Oleo S.A.C.  
Pucallpa 2020, Trujillo-Perú [Tesis de titulación, Universidad Privada del Norte].  
Repositorio institucional. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/26490>

Tolentino, A. (2020). Propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing,  
para reducir costos de fabricación de una empresa editora de periódicos, Trujillo-  
Perú [Tesis de titulación, Universidad Privada del Norte]. Repositorio  
institucional.  
[https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/26496/Tolentino%20Alva  
%2c%20Ana%20Claudia.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/26496/Tolentino%20Alva%2c%20Ana%20Claudia.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Torres, I (s.f). lan de Capacitación – Qué es y Cómo hacerlo. Iveconsultores.  
<https://iveconsultores.com/plan-de-capacitacion/>

Vereau, G. (2020). Propuesta de implementación de un sistema de control de la producción para incrementar la productividad de la empresa calzados Adriano S.A, Trujillo, Trujillo-Perú [Tesis de titulación, Universidad Privada del Norte]. Repositorio institucional.

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24282/Vereau%20Tafur%20Grace%20Tatiana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## ANEXOS

### Anexo 1

#### *Cuestionario de Eurotubo S.A.C*

Causa	Descripción	Calificación		
		Alto	Regular	Bajo
Cr1	Considera que la falta de un plan de capacitación al personal productivo influye ocasiona una baja productividad en la empresa Eurotubo S.A.C	X		
Cr2	Considera que la falta de un programa de matentimiento preventivo afecta la productividad de la empresa Eurotubo S.A.C		X	
Cr3	Considera que la inexistencia de tiempos estándares en los procesos productivos ocasione una baja productividad en los procesos productivos en la empresa Eurotubo S.A.C			X
Cr4	Considera que falta de orden y limpieza en el área de trabajo traiga como consecuencia una baja productividad en los procesos productivos en la empresa Eurotubo S.A.C.	X		
Cr5	Considera que la falta de estandarización de procesos productivos afecte la productividad en la empresa Eurotubo S.A.C	X		
Cr6	Considera que la falta de una gestion en la compra de materiales afecte la productividad de los procesos productivos en la empresa Eurotubo S.A.C			X

Causa	Descripción	Calificación		
		Cantidad según la encuesta	% cantidad	Frecuencia acumulada
Cr5	Considera que la falta de estandarización de procesos productivos afecte la productividad en la empresa Eurotubo S.A.C	34	28%	28%
Cr4	Considera que falta de orden y limpieza en el área de trabajo traiga como consecuencia una baja productividad en los procesos productivos en la empresa Eurotubo S.A.C.	26	22%	50%
Cr1	Considera que la falta de un plan de capacitación al personal productivo influye ocasiona una baja productividad en la empresa Eurotubo S.A.C	24	20%	70%
Cr2	Considera que la falta de un programa de matentimiento preventivo afecta la productividad de la empresa Eurotubo S.A.C	13	11%	81%
Cr3	Considera que la inexistencia de tiempos estándares en los procesos productivos ocasione una baja productividad en los procesos productivos en la empresa Eurotubo S.A.C	12	10%	91%
Cr6	Considera que la falta de una gestion en la compra de materiales afecte la productividad de los procesos productivos en la empresa Eurotubo S.A.C	11	9%	100%
		120		

Anexo 2

*Matriz de Priorización*

**Matriz de Priorización - Eurotubo S.A.C**

<b>EMPRESA</b>	Eurotubo S.A.C
<b>ÁREA</b>	<b>Producción</b>
<b>PROBLEMA</b>	Baja productividad

<b>NIVEL</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
Muy alto	<b>4</b>
Alto	<b>3</b>
Regular	<b>2</b>
Bajo	<b>1</b>



<b>ÁREA</b>	<b>CAUSAS</b>  <b>Resultados Encuestas</b>	<b>Matriz de priorización - Eurotubo S.A.C</b>					
		Inexistencia de procedimientos productivos	Falta de orden y limpieza en el área de trabajo	Personal no capacitado	Falta de un programa de mantenimiento preventivo	Inexistencia de tiempos estándares en procesos productivos	Falta de una gestión en la compra de materiales
		<b>Cr5</b>	<b>Cr4</b>	<b>Cr1</b>	<b>Cr2</b>	<b>Cr3</b>	<b>Cr6</b>
Producción	Anónimo 1	4	3	4	1	1	1
	Anónimo 2	3	1	2	1	1	1
	Anónimo 3	3	3	3	2	1	1
	Anónimo 4	4	3	2	1	1	1
	Anónimo 5	4	3	2	1	2	1
	Anónimo 6	3	2	3	1	1	1
	Anónimo 7	3	3	2	2	2	1
	Anónimo 8	3	4	2	1	1	1
	Anónimo 9	3	2	2	2	1	2
	Anónimo 10	4	2	2	1	1	1
<b>Calificación Total</b>		<b>34</b>	<b>26</b>	<b>24</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>11</b>

Anexo 3

Análisis de modo y efecto de falla de las máquinas para la fabricación de tubería PVC

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS														
Revisado por:		Tipo de máquina: Extrusora						No. De máquinas: 1		Fecha:				
Función	Fallo			Controles actuales	Valores actuales				Acciones preventivas	Frecuencia	Nuevos valores			
	Modo Potencial de Falla	Efectos potenciales de la falla	Causas potenciales de la falla		Severidad	Ocurrencia	Detección	IP R			Severidad	Ocurrencia	Detección	IP R
Es la encargada de la extrusión de polímeros mediante la acción del prensado, fusión, moldeado, presión	Amperaje alto del motor	Se detiene el funcionamiento de la máquina	Atascamiento de material en las rejillas	No existe	4	3	2	24	Estándares de limpieza	Diario	4	1	2	8
			Baja temperatura de trabajo	No existe	4	3	1	12	Estándares de inspección	Diario	4	1	2	8
	Daño en el cañón		Daño en las resistencias eléctricas	No existe	4	3	1	12	Estándares de inspección	Semanal	4	1	2	8

y empuje de los materiales													
----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS														
Revisado por:		Tipo de máquina: Tina de enfriamiento						No. De máquinas: 1		Fecha:				
Función	Fallo			Controles actuales	Valores actuales				Acciones preventivas	Frecuencia	Nuevos valores			
	Modo Potencial de Falla	Efectos potenciales de la falla	Causas potenciales de la falla		Severidad	Ocurrencia	Detección	IP R			Severidad	Ocurrencia	Detección	IP R
Remueve el calor excedente, evitando cualquier deformación posterior del producto.	Mangueras de radiador con fugas	Mal fluidez del material	Mangueras desgastadas	No existe	5	3	2	30	Estándares de inspección	Semanal	4	1	2	8
	Aire en el sistema de enfriamiento	Reducción del flujo del refrigerante y reduzca su eficiencia	Material particulado interno	No existe	4	3	2	24	Estándares de limpieza	Diario	4	1	1	4

	Obstrucciones en el sistema de enfriamiento	Bloquea el enfriamiento del motor o del radiador	Aletas dobladas	No existe	4	3	2	24	Estándares de limpieza	Semanal	4	1	1	4
--	---	--	-----------------	-----------	---	---	---	----	------------------------	---------	---	---	---	---

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS														
Revisado por:		Tipo de máquina: Cortadora						No. De máquinas: 1		Fecha:				
Función	Fallo			Controles actuales	Valores actuales				Acciones preventivas	Frecuencia	Nuevos valores			
	Modo Potencial de Falla	Efectos potenciales de la falla	Causas potenciales de la falla		Severidad	Ocurrencia	Detección	IP R			Severidad	Ocurrencia	Detección	IP R
Cortar la tubería PVC según las dimensiones del requerimiento	Uso excesivo de la máquina	Mal acabado en el producto terminado	Desgaste de cuchillas	No existe	3	2	2	12	Estándares de inspección	Semanal	4	1	1	4
	Falla en los rodajes	Mal funcionamiento del motor	Rodajes sin una correcta lubricación	No existe	3	3	2	18	Estándares de lubricación	Semanal	4	1	1	4

Fuente: Elaboración propia

ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS														
Revisado por:		Tipo de máquina: Acampanadora semiautomática				No. De máquinas: 1			Fecha:					
Función	Fallo			Controles actuales	Valores actuales				Acciones preventivas	Frecuencia	Nuevos valores			
	Modo Potencial de Falla	Efectos potenciales de la falla	Causas potenciales de la falla		Severidad	Ocurrencia	Detección	IP R			Severidad	Ocurrencia	Detección	IP R
Realiza el ensanche de las tuberías	Falla en el circuito de control	Se detiene el funcionamiento de la máquina	Daño en la configuración del sistema	No existe	4	1	5	20	Estándares de inspección	Anual	3	1	1	3
	Filtración de aire al sistema interno	Mal funcionamiento de la máquina	Filtro en mal estado	No existe	3	4	1	12	Estándares de inspección	Interdiario	3	1	1	3

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2

*Inversión por implementar las herramientas Lean Manufacturing*

Inversión - Implementación Poka Yoke	
INVERSIÓN	S/.
Compra de una balanza industrial	S/ 1,500.00
Compra de mezclador industrial	S/ 2,500.00
Compra de un sensor de agua por flotador	S/ 1,800.00
Inversión Cr5	S/. 5,800.00

Inversión - Implementación 5'S	
INVERSIÓN	S/.
Capacitadores / materiales	S/ 3
Cursos de capacitación y formación para trabajadores sobre el tema 5's	
Cursos de concientización personal y la importancia <u>limpieza y</u>	
Compra para las <u>de tra</u>	

Inversión - Implementación Plan de Capacitación	
INVERSIÓN	S/.
Capacitadores / materiales	S/ 2,500.00
Cursos de capacitación al personal operativo y administrativo	S/ 2,500.00
Charlas para concientizar al personal	S/ 2,000.00
Inversión Cr1	S/. 7,000.00

Inversión - Implementación TPM	
INVERSIÓN	S/.
Implementación de documentos de mantenimiento preventivo	S/ 2,500.00
Documentos análisis de criticidad de cada maquina	S/ 2,000.00
Inversión Cr2	S/. 4,500.00

Anexo 3

*Depreciación de equipos/materiales*

Depreciación de equipos/materiales					
Compra	CANT	Costo Unitario(S/.)	Vida Útil (AÑOS)	Costo total	Depreciación (S/.)
Computadora LG Core i7, 8 GB RAM	1	S/. 3,500.00	5	S/. 3,500.00	S/. 700.00
Licencia Microsoft Office	1	S/. 1,000.00	4	S/. 1,000.00	S/. 250.00
Impresora Multifuncional Epson L550	1	S/. 800.00	4	S/. 800.00	S/. 200.00
Balanza industrial	1	S/. 1,500.00	5	S/. 1,500.00	S/. 300.00
Mezclador industrial	1	S/. 2,500.00	5	S/. 2,500.00	S/. 500.00
Sensor de agua por flotador	1	S/. 1,800.00	5	S/. 1,800.00	S/. 360.00
Escritorio de melamina 1.00x0.50m, con cajones	1	S/. 700.00	4	S/. 700.00	S/. 175.00
Silla de escritorio	1	S/. 250.00	2	S/. 250.00	S/. 125.00
Estantes Melamina de 50x100x192 cm / 4 niveles	2	S/. 250.00	4	S/. 500.00	S/. 62.50
Tachos ecológicos celeste/ verde/ marrón	3	S/. 25.00	1	S/. 75.00	S/. 25.00
Archivadores de palanca	12	S/. 10.00	1	S/. 120.00	S/. 10.00
Bolsas para basura color negro	600	S/. 0.20	1	S/. 120.00	S/. 0.20
Útiles de limpieza	1	S/. 500.00	1	S/. 500.00	S/. 500.00
Señaléticas de seguridad	20	S/. 10.00	1	S/. 200.00	S/. 10.00
TOTAL (S/.)				S/. 13,565.00	S/. 3,217.70