

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE
PRODUCCIÓN, MANTENIMIENTO Y LOGÍSTICA
PARA INCREMENTAR LA RENTABILIDAD DE LA
FÁBRICA DE CALZADOS PAREDES S.A.C.,
TRUJILLO 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Industrial

Autores:

Katherinee Lisseth García Monzón

Diana Elizabeth Quispe Diaz

Asesor:

Ing. César Enrique Santos Gonzales

<https://orcid.org/0000-0003-4679-1146>

Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Alcala Adrianzen Miguel Enrique	17904461
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Teodoro Alberto Geldres Marchena	18887273
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Carlos Enrique Mendoza Ocaña	17806063
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

Dedico esta tesis con mucho cariño a mi mami Isabel, quién veló por mí.

A mi hermano, quién es la pieza fundamental de este logro. Para motivarlo y que le sirva de ejemplo.

A familiares y amigos, que están siempre conmigo; confiaron en mí y me dieron todo su respaldo moral.

Katherinee

A Dios por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de alcanzar mi propósito, ser Ingeniera Industrial.

A mis padres Santos y Esther quienes con su amor, cariño, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer a las adversidades.

A mis abuelitas Juana y Adelaida, porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y me acompañan en todos mis sueños y metas.

A toda mi familia por su amor, apoyo, comprensión y motivación brindada en el día a día durante toda mi vida universitaria.

Diana

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la vida, su sabiduría y guía, por ser mi roca y escudo para batallar mis peores momentos y salir victoriosa.

A Isabel, mi madre, mi ángel, quién un 28 de noviembre del 2021 partió al cielo. Por la herencia, mi educación y amor incondicional.

A mis familiares y amigos.

A Lennin, mi hermano, quién a su corta edad, es mi cómplice y me da buenos consejos. Además de ser un motivo para lograr y alcanzar mis objetivos.

A los docentes, por darme las herramientas y conocimientos, para enfrentar grandes retos, en esta hermosa etapa profesional.

A la empresa Calzados Paredes, y en especial a mi tío Sebastián, quién nos abrió las puertas, para hacer los estudios respectivos y elaborar la tesis.

Katherinee

Mi gratitud a Dios, quien me ha guiado por un buen camino y bendice a mi familia.

A mis padres, por el inmenso amor que siempre me han mostrado. Por su apoyo incondicional y constante en mi vida profesional, dándome fuerzas y ánimo para seguir creciendo día a día, y por guiarme para ser la persona que hoy soy.

Gracias por los valores y principios que me inculcaron.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a mis docentes, por los conocimientos compartidos durante mi vida universitaria.

Diana

ÍNDICE DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE DE CONTENIDO	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE ANEXOS	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad problemática	1
1.2. Formulación del problema	18
1.3. Objetivos.....	18
1.4. Hipótesis	19
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	20
2.1. Tipo de investigación	20
2.2. Población.....	20
2.3. Muestra	20
2.4. Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos	20
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	23
2.6. Procedimiento	24
2.6.1. Misión y Visión.....	24
2.6.2. Organigrama	25
2.6.3. Distribución de la Empresa.....	25
2.6.4. Clientes.....	25
2.6.5. Proveedores	25
2.6.6. Competidores.....	25
2.6.7. Principales Productos	26
2.6.8. Mapa de procesos	26
2.6.9. Diagrama de Proceso productivo de la Empresa	26
2.7. Diagnóstico de problemáticas principales	29
2.8. Solución propuesta	32
2.8.1. Descripción de causas raíz.....	32
2.8.2. Solución propuesta	40
.....	49

Evaluación Económica y Financiera	58
2.8.3. Inversión propuesta	58
CAPÍTULO III. RESULTADOS	62
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	65
3.1. Discusión	65
4.2. Conclusiones	66
REFERENCIAS	67
ANEXOS	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos	21
Tabla 2	Matiz de operacionalización	22
Tabla 3	Instrumentos y métodos de procesamiento de datos.....	23
Tabla 4	Listado de máquinas	27
Tabla 5	Priorización por impacto económico	30
Tabla 6	Matriz de indicadores de la problemática de Calzados Paredes S.A.C.	31
Tabla 7	Priorización de máquinas por criticidad	32
Tabla 8	Récord de fallas de formadoras de talón y punta.....	33
Tabla 9	Estadísticas de producción y ventas de botines de vestir, talla 37, año 2021	33
Tabla 10	Defectos en botines de vestir talla 37	34
Tabla 11	Rotación actual del stock de cuero	36
Tabla 12	Costo de oportunidad del inventario de cuero	39
Tabla 13	AMFE eléctrico y matriz de decisiones RCM para formadora de talón.....	42
Tabla 14	AMFE neumático y matriz de decisiones RCM para formadora de talón.....	43
Tabla 15	AMFE mecánico y matriz de decisiones RCM para formadora de talón	44
Tabla 16	Cronograma de mantenimiento preventivo de la formadora de talón	44
Tabla 17	AMFE mecánico y matriz de decisiones RCM para formadora de puntas.....	45
Tabla 18	AMFE hidráulico y matriz de decisiones RCM para formadora de puntas.....	46
Tabla 19	AMFE eléctrico y matriz de decisiones RCM para formadora de puntas	47
Tabla 20	Cronograma de mantenimiento preventivo para la formadora de punta	47
Tabla 21	Producción y ventas 2019	48
Tabla 22	Producción y ventas 2020	48
Tabla 23	Cálculo del índice de estacionalidad.....	49
Tabla 24	Pronóstico estacional 2021	50
Tabla 25	Evaluación del pronóstico estacional año 2021	51
Tabla 26	Pronóstico por regresión lineal 2021	52
Tabla 27	Cronograma de capacitación para operarios de Calzados Paredes	54
Tabla 28	Rotación de inventario propuesta de cuero.....	56
Tabla 29	Cotización de máquina formadora de puntas.....	58
Tabla 30	Cotización de máquina formadora de talones.....	59
Tabla 31	Flujo de caja proyectado	60
Tabla 32	Estado de resultados.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción de calzados Paredes 2021	2
Figura 2. Principales defectos en los botines de vestir	3
Figura 3. Fases de la metodología AMFE	13
Figura 4. Matriz de decisión	15
Figura 5. Tipos de cambio de comportamiento en razón de la capacidad	16
Figura 6. Procedimiento de trabajo en Paredes S.A.C	24
Figura 7. Organigrama de la empresa	25
Figura 8. Layout actual del área de trabajo	25
Figura 9. Mapa de procesos	26
Figura 10. Diagrama de flujo de operaciones del proceso	28
Figura 11. Diagrama Causa Efecto de la problemática de la empresa	29
Figura 12. Pareto de causas raíz de la problemática	30
Figura 13. Pietaje del cuero	35
Figura 14. TREA BBVA	38
Figura 15. Esquema general de la propuesta	40
Figura 16. Árbol de decisiones RCM	41
Figura 17. Línea de tendencia de pedidos 2019-2020	49
Figura 18. Señal de rastreo del pronóstico estacional	51
Figura 19. Señal de rastreo del pronóstico por regresión lineal	53
Figura 20. Estatus de curtiembres en el Perú	55
Figura 21. Formadora de puntas	58
Figura 22. Formadora de talones	58
Figura 23. Rentabilidad	62
Figura 24. Resultados del ejercicio	62
Figura 25. Pérdida de utilidad de ventas frustradas por falta de disponibilidad de máquinas	63
Figura 26. Utilidad perdida por rotura de stock	63
Figura 27. Reducción de pérdida de utilidad de zapatos defectuosos	64
Figura 28. Reducción de pérdida de utilidad por zapatos defectuosos	64

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Costo de botines de vestir	69
Anexo 2. Encuesta valorada a trabajadores	70
Anexo 3. Entrevista a gerente	70
Anexo 4. Resumen de la monetización de la propuesta	71

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo general aplicar la propuesta de mejora en la gestión de producción, mantenimiento y logística de una fábrica de calzado mediante el uso de herramientas de ingeniería industrial para el incremento de rentabilidad. Planteado el problema, objetivos, hipótesis y variables, se hizo uso de la gestión de producción, mantenimiento y logística, se aplicaron herramientas como AMFE, RCM, pronósticos, capacitación, índice de rotación y lead time, para dar solución a cada una de las causas raíz de la baja rentabilidad de la empresa mediante el diagrama Ishikawa, enfocándose en las que tienen un impacto significativo, siendo un total de cuatro. La implementación de herramientas de ingeniería industrial permitió eliminar o disminuir actividades que no generaban valor alguno para la empresa ocasionando insatisfacción en el cliente. Implementando dichas mejoras, se obtuvo un incremento en la rentabilidad de 3.80%. Los resultados de la evaluación económica y financiera de la propuesta tuvieron un VAN de S/3,281 un TIR, 65.73%; El Beneficio-Costo 1.61 y el Periodo de Retorno de Inversión (PRI), 6 meses. Estos indicadores demostraron la conveniencia de la propuesta.

Palabras clave: producción, mantenimiento, logística, rentabilidad, calzado.

ABSTRACT

The general objective of this work was to apply the proposal for improvement in the management of production, maintenance and logistics of a footwear factory through the use of industrial engineering tools to increase profitability. Raised the problem, objectives, hypotheses and variables, use was made of production, maintenance and logistics management, tools such as AMFE, RCM, forecasts, training, turnover rate and lead time were applied, to provide a solution to each of the root causes of the low profitability of the company through the Ishikawa diagram, focusing on those that have a significant impact, being a total of four. The implementation of industrial engineering tools made it possible to eliminate or reduce activities that did not generate any value for the company, causing customer dissatisfaction. By implementing these improvements, an increase in profitability of 3.80% was obtained. The results of the economic and financial evaluation of the proposal had a NPV of S/3,281, an IRR, 65.73%; The Benefit-Cost 1.61 and the Investment Return Period (PRI), 6 months. These indicators demonstrated the convenience of the proposal.

Keywords: production, maintenance, logistics, profitability, footwear.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En el 2018, la producción mundial de calzado alcanzó los 24.200 millones de pares. A cada habitante le correspondió más de 3 pares en el año. La fabricación de calzado está concentrada en Asia, donde se producen nueve de cada 10 pares de zapatos, a nivel mundial (Revista del Calzado, 2019).

Muchas marcas famosas de calzado se manufacturan en China, y se comercializan principalmente por internet. Yue Yuen Industrial Co., Ltd. es una de las compañías de fabricación de zapatos más grandes de China, produce las marcas Nike, Adidas, Reebok, ASICS, New Balance, Puma, Under Armour, Converse, Merrell, Salomon y Timberland. Etc. Chinabrands es una plataforma, líder mundial para distribución al por mayor, a más de 200 países, desde 40 almacenes, automatizados, con inventario estable, ofreciendo bajo precio, catálogos completos, con más de 500 mil sku y calidad competitiva. Alibaba tiene una plataforma mayorista que brinda múltiples servicios para revendedores globales, cuenta con millones de clientes a nivel mundial, cubriendo pedidos de materias primas, productos industriales, calzado, ropa y vestimenta, artículos para el hogar y productos básicos pequeños (Chinabrands, 2020.)

En los últimos años, en el sector del calzado en Perú ha irrumpido fuertemente calzados chinos. Las importaciones procedentes de ese gigante asiático supusieron algo más del 53% del total de las realizadas por el país en 2018. Complica el hecho que la producción nacional de calzado registra una drástica caída desde abril de 2018, por la menor fabricación de zapatos, zapatillas y sandalias para el mercado interno y de exportación. Perú es el cuarto mayor productor de calzado de América del Sur. En el mercado peruano, compiten aproximadamente sesenta marcas, cuarenta de origen nacional (ICEX, 2019).

Según el Ministerio de la Producción, en el Perú, existen más de 5.600 empresas. Casi el 93% de ellas son microempresas y están localizadas principalmente en Lima, Villa El Salvador y Rímac; y en Trujillo, en El Porvenir (lacamara.pe). En relación con el comercio exterior de esta industria, entre enero y julio del 2020 el valor de las exportaciones de calzado fue US\$ 7,6 millones, -33,12% comparándolo con similar periodo del año previo. Un análisis del sector a nivel mensual muestra que en marzo hubo una disminución del 52,63% del valor exportado. Esto es consecuente con la propagación de la pandemia y el inicio de la cuarentena decretada por el Gobierno Peruano.

La fábrica de Calzados Paredes S.A.C., está ubicada en la Ciudad de Trujillo, distrito El Porvenir, donde opera desde el 2007. Está dedicada a la producción de calzado de vestir y casual, para damas, de reconocida calidad.

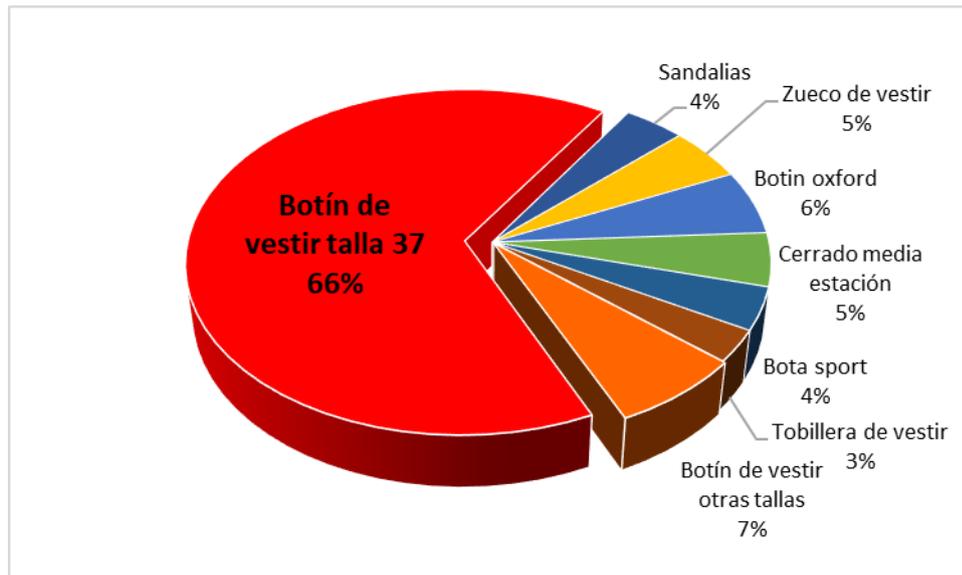


Figura 1. Producción de calzados Paredes 2021

Fuente: La empresa

Su producto de significativa mayor presencia en el mercado nacional, es el botín de vestir, en talla 37. Por este motivo, la presente tesis, evaluará oportunidades de mejora en sus procesos de producción, logísticos y de mantenimiento, con el propósito de mejorar su rentabilidad.

Como es habitual, en las empresas del rubro, las diferentes piezas, componentes del calzado, son cortados en las casas de los operarios, a quienes se remunera a destajo. En el taller, se realiza el montaje de estas piezas, sobre la planta de suela, adhiriéndose con pegamentos y costura. La punta y el talón, son reforzados interiormente, con piezas sintéticas, que se preforman térmicamente, con el empleo de máquinas Formadoras, específicas para dicho trabajo.

El mantenimiento de las máquinas es solo correctivo y la reacción, es cuando da evidente signo de falla. Rutinariamente los operadores de estas máquinas, las limpian con aire comprimido, al terminar la jornada, retirando trozos de fibra, y polvo que se adhieren y que podrían afectar su funcionamiento. Si en el trabajo diario, enfrentaran un problema de funcionamiento, cuya solución escapara a su conocimiento empírico, se comunican con un técnico externo local, que llega lo más pronto que pueda.

Esto suele retardar la puesta en funcionamiento. El año pasado, la disponibilidad promedio de estas dos máquinas, fue 97.41%, cuando la gerencia esperaría que fuera, no menos de 98.5%. El trabajar solo un turno diario, la mayoría de reparaciones podrían hacerse sin afectar el proceso productivo. Lamentablemente, las máquinas acusan la falta de un mantenimiento preventivo diligente durante más de quince años, con reparaciones correctivas frecuentes y poco fiables.

El año 2021, que es el año de estudio, la empresa destino 175 turnos a producir botines de vestir, talla 37. De haber trabajado con la disponibilidad que la empresa presupuesta, hubiese podido producir 118 pares adicionales. El beneficio adicional hubiese sido S/6,012.

El planeamiento de producción es instintivo. Se basa en la percepción del mercado que tiene el gerente, en el momento. No evalúan técnicamente la tendencia de los años previos. Esta falencia, determinó que se pierda la venta formal de 214 pares de botines, durante el año, por rotura de stock. El perjuicio ascendió a S/9,055.

El personal operario de la empresa, es autodidacta. La empresa que vendió las máquinas, los capacitó y desde ese entonces, únicamente la visita esporádica del técnico local, cuando es llamado por emergencia, es la única fuente de conocimiento y actualización. El estado actual de las máquinas, no ayuda a conseguir mejores resultados.

El año de estudio, hubo 103 pares con defectos, como suciedad; manchas, arrugas. También otros más serios, como desnivelados o descentrados. Estos zapatos se terminan comercializando al costo, entre los mismos trabajadores o allegados a la empresa. El perjuicio fue S/5,267.

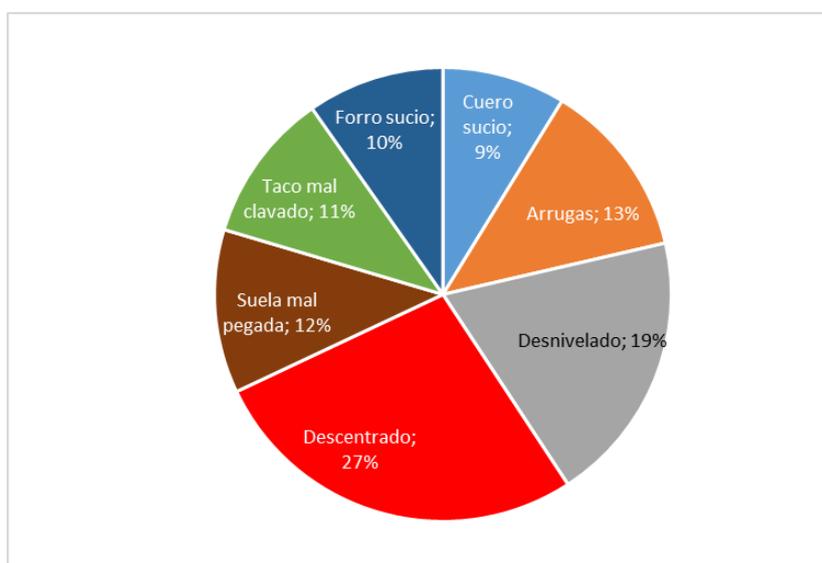


Figura 2. Principales defectos en los botines de vestir

Fuente: La empresa

El cuero, materia prima principal de los botines de vestir, se compra cada dos meses, manteniéndose por ello, altos niveles de stock y capital entretenido. Esto resulta contraproducente, dado que, en la zona, operan varias curtiembres y el precio, es muy estable. Según el gerente, es para estar siempre bien abastecido, pero sacrificando disponibilidad de dinero corriente.

Se ha determinado, que el índice de rotación de este material, fue solo de seis (6), mientras que el costo del dinero inmovilizado, considerando la tasa bancaria de rendimiento efectiva anual TREA del BBVA vigente de 2.7%, fue S/4,607.

Finalmente, pero muy importante es el hecho que, la pandemia de Covid-19, afectó a algunos trabajadores y a sus familias – y continúa haciéndolo - causando ausentismos frecuentes, que tuvieron que ser compensados con sobretiempo, con 50% de recargo. El año 2021, se pagaron 145 horas de sobretiempo, con un sobre costo de S/1,088.

1.1.1. Antecedentes

1.1.1.1. Antecedentes Internacionales

Gayón y Ospina (2019) en su tesis “Desarrollo de un sistema de gestión de inventarios para el control de materias primas y productos terminados dentro de la empresa calzado Fidenci y compañía LTDA”, producida por la Universidad Libre, Bogotá, Colombia, en la que señala que los problemas más frecuentes en la gestión logística son que las empresas no realizan de manera periódica las capacitaciones al personal en esta área, justamente porque se han acostumbrado a que sea de manera empírica, por ende, los empleados al momento de trabajar no cuentan con la información necesaria y cometen errores significativos económicamente. Para este punto ella hace mención a la herramienta Capacitación y diagrama de Gantt, En su estudio muestra a la empresa en mención con una pérdida de S/1,800 por no contar con la capacitación, así mismo, después de aplicar la capacitación, el beneficio aumenta en un 30% a 1,400.00 En este punto también descubrió que muchas de las pérdidas se ocasionan porque no tenían ningún formato de guía para capacitación.

Calderon y Supelano (2017) en la tesis “Diseño del protocolo de pronóstico de demanda basado en modelos teóricos para el sistema de información en la empresa Comertex S.A.”, producida en la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, se diseñó un protocolo de demanda basado en modelos teóricos de pronóstico en la empresa de calzados Comertex S.A., donde, mediante la modelación de técnicas estadísticas, el análisis de recopilación de datos, la identificación de patrones de comportamiento, la corrección de series de tiempo existentes y la evaluación de metodologías de pronósticos, se pudo determinar la demanda estacional de la empresa y así encontrar los requerimientos necesarios para la captación, corrección y pronóstico de datos de una manera efectiva con el fin de planear la demanda como apoyo a la gestión de inventarios. La utilidad del proyecto se integra al marco de un macroproyecto que se enfoca en el mejoramiento de los procesos logísticos usando sistemas de información. Concluyeron que todas las técnicas de pronóstico usadas en este se adaptaron de manera favorable a pesar de la simplicidad de algunas permitiendo ser recomendadas para la modelación de técnica en el protocolo para el sistema de información.

1.1.1.2. Antecedentes Nacionales

Sánchez (2020) en la tesis “Mejora de la gestión de inventarios para reducir quiebres de stock en una empresa comercializadora de prendas de vestir y calzado”, producida por la Pontificia Universidad Católica del Perú, determinó que, existe un ahorro significativo implementando la mejora propuesta, siendo esta el cambio del método de pronóstico, dado que es esencial para una acertada planificación y gestión de la cadena de suministro. Analizando este punto a nivel de la familia zapatillas de hombre se dejan de perder ventas equivalentes a S/ 1,233,000, lo cual es un claro indicador de que realizando un nivel de evaluación más profundo para el resto de las familias de productos de la empresa se podrían incurrir en incluso mayores niveles de ahorro. Asimismo, un proceso óptimo y correctamente definido de planificación de la demanda permite reducir el rango de incertidumbre sobre el cual se realizan la toma de decisiones de las distintas áreas de la empresa que hacen uso de

esta información y finalmente influyen en los resultados de la compañía. Una vez determinado el flujo de caja para un periodo de evaluación de 10 meses, el cual considera una inversión inicial que asciende a un valor de S/ 22,000 como concepto de la capacitación inicial y los equipos de cómputo y tras hallar el valor del WACC se procede a calcular el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) de la propuesta de mejora planteada. En base a lo indicado se obtiene un VAN de S/ 146,760 y un TIR de 46%, por lo cual se concluye que el proyecto es viable y permitirá obtener ganancias para la compañía. Estos resultados de VAN y TIR positivos son consecuencia de una propuesta de mejora basada en la implementación de nuevas herramientas y técnicas de trabajo en el área de planeamiento de la demanda, las cuales no requieren de grandes presupuestos de inversión para alcanzar el objetivo de contribuir a la rentabilidad de la empresa.

Mejía (2017) en su tesis "Análisis y propuesta de mejora del proceso productivo de una línea de confecciones de ropa interior en una empresa textil mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta", presentada por la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, menciona que, La correcta implementación de las herramientas de manufactura esbelta logra un aumento en los tres indicadores que involucran el OEE. El primer indicador es el incremento de la disponibilidad de las máquinas en 25% provocado por la reducción del tiempo de set-up y del tiempo de reparación de las máquinas. Otro indicador que impacta en el beneficio es el rendimiento de las líneas de confecciones, aumentando en 2% debido al alza del tiempo bruto de producción. Por último, la tasa de calidad obtiene un crecimiento de 4.3% como consecuencia de la reducción de productos defectuosos. Estos tres indicadores logran un incremento del OEE de 34.92%.

1.1.1.3. Antecedentes Locales

Gallardo (2017) en su tesis titulada "Plan de mantenimiento preventivo para aumentar los indicadores operacionales y reducción de costos de mantenimiento de las máquinas de la municipalidad del distrito de Tambogrande - Piura", presentada en la Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú, concluye que se determinó que los costos por mantenimiento correctivo durante el periodo de enero del 2016 a diciembre del 2016, (reparaciones por fallas o averías de emergencia) en todas las máquinas es de S/407,305. En este mismo periodo, se estimó un total de 1,407 horas de paros no planificados, teniendo un costo de operación de S/193,055. Se determinó que el nivel de criticidad de las máquinas en un nivel medio, solo con tres maquinarias en nivel de criticidad alto. Pero con el plan de mantenimiento se logró que el 50% de las máquinas tuvieran criticidad media y el otro 50% criticidad baja. También se produjo un ahorro de S/92,277.00.

Pardo (2017), en su tesis titulada "Implementación de un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad para reducir costos de mantenimiento para el tren de asfalto de Constructora Chamonte SAC", producida en la Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú, concluye que el Análisis de Modos de Fallas (AMFE) y sus efectos del RCM permite tener una información precisa de las causas de las fallas y su importancia, en el caso de en el tren de asfalto las fallas de motor y las fallas en el sistema eléctrico son las que más impactan en la confiabilidad de estos equipos, el analizar cuáles son las causas de estas fallas es lo que permite con el Diagrama Lógico de Decisiones de RCM definir tareas de mantenimiento específicas para poder eliminarlas.

1.1.2. Bases Teóricas

Existen muchos métodos diferentes para pronosticar, los cuales van asociados a diferentes usos, por esto se debe seleccionar con cuidado el método de pronóstico nuestro uso particular. Cabe destacar que no existe un método universal para pronosticar en todas las situaciones y escenarios. Los pronósticos muy pocas veces son acertados. Es raro que las ventas reales que se generan sean exactamente iguales a la cantidad que se pronosticó. Existen algunos métodos para absorber variaciones pequeñas con respecto al pronóstico, algunas de estas son contar con capacidad adicional, los inventarios, o la posibilidad de reprogramación de pedidos, sin embargo, las variaciones grandes pueden causar estragos (Jiménez, 2011)

La demanda según el tipo de mercado es variada, por lo que las empresas se encuentran en una situación de incertidumbre. Por ello, son importantes los pronósticos de ventas; los cuales son una proyección estructurada del conocimiento pasado, pasando a ser una importante fuente de información para prever la demanda de la forma más realista posible (Lean Manufacturing10, 2019)

La estacionalidad es un comportamiento o patrón que a veces se observa en una serie de tiempo. Consiste en subidas y bajadas periódicas que se presentan en forma regular en la serie de tiempo. Al tiempo entre un "pico" y otro en una serie de datos, se le llama período estacional. La mayoría de las series que presentan esta característica tienen periodicidad anual; en este caso, si la serie consiste de observaciones mensuales, el período será 12, en cambio, si la serie es trimestral, el período será 4 (Esparza, 2020)

Los patrones de demanda están marcados de acuerdo a las diferentes actividades económicas que se realizan y una de ellas es la estacionalidad. Este tipo de demanda implica la existencia de dos períodos diferentes de demanda: período pico (alto nivel de consumo) y período valle (etapa de menor demanda). Las empresas que se enfrentan a este tipo de demandas tienen generalmente restricciones o excesos de capacidad, que generan altos costos fijos que no pueden ser solventados a lo largo de todo un año.

Actualmente, la gran preocupación de las organizaciones radica en tener inventarios exactos en sus almacenes. Esta intranquilidad hace que muchos profesionales se enfoquen únicamente en lo que tienen almacenado y dejen de lado el control sobre el flujo de entrada de mercadería (Vargas, 2015)

Ante esta problemática existen diversas técnicas que una empresa puede emplear para adquirir la cantidad de inventario necesario que a su vez le permita alcanzar y/o superar el target de ventas trazado. Aquí, resulta importante señalar que estas técnicas se pueden realizar independientemente del giro de negocio, el tamaño de facturación, la naturaleza de la empresa o su localización (si es local o internacional). (Vargas, 2015)

Dentro de las opciones que tiene una empresa para controlar su inventario, la reposición en base a mínimos y máximos se constituye como una buena alternativa. La razón de su éxito se debe a que este método es efectivo cuando nos referimos a productos como repuestos, materiales, partes y componentes del sector industrial, donde los parámetros de consumo están claramente establecidos, y normalmente el pedido máximo responde al consumo promedio semanal o mensual de determinado producto (Vargas, 2015)

Otra forma de controlar los inventarios responde a lo estipulado en el presupuesto. Así, se compra y se consume en base a lo presupuestado. Sin embargo, esto puede generar

pérdidas en las ventas por la aparición de pedidos no considerados o coyunturas comerciales donde el pico de ventas llega a su máxima expresión (Vargas, 2015)

Una tercera alternativa, y acaso la técnica más empleada y que presenta mejores resultados, es el trabajo con Pronósticos de Demanda, que es básicamente un sistema de previsión de un hecho futuro que por su naturaleza es incierto y aleatorio (Vargas, 2015)

Por otra parte, El método de Media Móvil Simple (o Promedio Móvil Simple) es un procedimiento de cálculo sencillo que pertenece a la categoría de pronósticos de Series de Tiempo, es decir, que utiliza información histórica del desempeño de la variable que se desea pronosticar para poder generar un pronóstico de la misma a futuro. Es decir, se considera válida la premisa que el pasado es de utilidad para predecir el futuro.

El escenario ideal para la utilización del método de Media Móvil Simple es cuando la demanda real no presenta mayores variaciones de corto plazo, no presenta una tendencia marcada e idealmente no presenta estacionalidades.

En este contexto, por ejemplo, se podría esperar que muchos productos alimenticios presentan estas características (arroz, aceite, azúcar, etc) y por tanto su aplicación en principio puede resultar adecuada.

Para tener una primera aproximación a lo acertado del pronóstico se recomienda graficar los datos reales de demanda y los obtenidos con el pronóstico. De esta forma se obtiene un acercamiento sobre la magnitud de los errores del pronóstico y la naturaleza de éste, es decir, si se genera una sobre o sub estimación de la demanda real. Este análisis se puede complementar con el Cálculo del MAD y la Señal de Rastreo para el pronóstico generado.

Se puede observar que en 6 de los 9 pronósticos realizados se genera una subestimación de la demanda real lo cual nos da indicios que este método de pronóstico no es lo más adecuado en este caso. Dicho esto puede ser recomendable explorar con un método que considere el efecto de la tendencia de la serie, como por ejemplo, una Regresión Lineal Simple.

En conclusión, emplear Pronósticos de Demanda en las empresas es un trabajo interesante, cuya responsabilidad recae no solamente en el Planificador de Demanda o Demand Planner sino en todas las demás áreas de la empresa, las mismas que alimentan con información para que los pronósticos sean más asertivos (Vargas, 2015)

Dentro de las variables representativas a considerar para la generación de pronósticos se contempla a los siguientes aspectos:

Back Order y Back Log: Son variables que de por si guardan similitud ya que la primera representa los pedidos no atendidos a punto de vencer y la segunda los ya vencidos. Son determinantes al momento de realizar los pedidos debido a que una vez que contemos con inventario, el mismo puede desaparecer debido a que no se ha considerado ningún Back (Vargas, 2015)

Cobertura de Inventario: Se encuentra condicionada por la política de la empresa (niveles de ventas o presupuesto o disponibilidad de efectivo, etc). Es una variable considerada en muchos pronósticos ya que es el determinante entre comprar o no (Vargas, 2015)

Histórico de Consumo o de Ventas: Permite considerar una tendencia de movimiento de los productos, la misma que puede ser lineal, potencial, logarítmica o sin tendencia. Esta información es muy importante cuando se utilizan modelos de pronósticos que dan prioridad o un determinado peso a esta información. No obstante, se tiene que tener

presente que la información del histórico es no siempre marca la tendencia futura de consumo y/o venta (Vargas, 2015)

Inventario Actual (On Hand): Es información trascendental, de primera mano, debido a que se debe pronosticar considerando aquello que tienen las empresas en stock, ya que el objetivo es emplear el mismo (Vargas, 2015)

Lead Time (LT) de los proveedores: Marcan la pauta al momento de la reposición. Si el mismo es de 60 días, más 20 días de tránsito debido a que es una importación, tiene que considerarse esta información al momento de calcular el pronóstico. La idea es contar con la mercadería a tiempo sin incurrir en pérdida de consumo y/o ventas (Vargas, 2015)

Pedidos Pendientes por Llegar (On Order): Son aquellos productos que aún no llegan pero que una vez en almacén, o están destinados para atender un pedido o simplemente han sido adquiridos como reposición de stock. Si la premisa es reducir el inventario, esta información tiene que ser considerada finalmente (Vargas, 2015)

Previsión de ventas del área Comercial: Es un input muy importante al momento de generar los pronósticos debido a que es el target que el área comercial estima que puede alcanzar. No podemos dejar de lado esta información debido a que es la fuerza de ventas la que tiene contacto directo con los clientes, siendo información fresca, de primera línea (Vargas, 2015)

Stock de Seguridad (SS): Es necesario considerarlo ya que no en toda empresa existen productos críticos, que no necesariamente los vas a conseguir por medio de una Orden de Compra Abierta dado el monto y volumen de la misma o porque el fabricante no cuenta con representación nacional en el territorio. Se tiene que tener en cuenta que el Stock de Seguridad (SS) está en función al consumo y/o venta $SS=f(\text{Venta o Consumo})$. No es un porcentaje o cantidad fija inamovible en los almacenes (Vargas, 2015)

Respecto a la Gestión de Logística, es la gobernanza de las funciones de la cadena de suministro. Las actividades de gestión de logística típicamente incluyen la gestión de transporte interno y externo, la gestión de flotas, el almacenamiento, la manipulación de materiales, el cumplimiento de órdenes, el diseño de redes logísticas, la gestión de inventario, la planificación de oferta/demanda y la gestión de proveedores de logística externos (García, 2016). Contempla subprocesos logísticos como:

Gestión de almacenamiento: Función logística que trata la recepción, almacenamiento y movimiento dentro de un mismo almacén hasta el punto de consumo de cualquier material – materias primas, semielaborados, terminados, así como el tratamiento e información de los datos generados. El mantenimiento de inventarios supone costos, pero también puede generar beneficios y ahorros (Carreño, 2011)

Gestión de compras: Su fin es asegurarse de contar con los mejores proveedores para abastecer los mejores productos y servicios, al mejor valor total. Compras es el área funcional de la empresa encargada de adquirir los materiales necesarios para las operaciones de la empresa, en la cantidad necesaria, en el momento y lugar precisos, de la calidad adecuada y al precio más conveniente. (Carreño, 2011)

Gestión de inventarios: Es la administración adecuada del registro, compra y salida de inventario dentro de la empresa. La correcta gestión de inventarios permite ofrecer una alta disponibilidad de productos al cliente manteniendo bajos los costos de inventarios (Carreño, 2011)/

Gestión de transportes: es la gestión logística que se encarga de la elección del medio o los medios de transporte a utilizar y la programación de los movimientos a emplear (García y Escobar, 2016).

Rotación de inventarios: La rotación de Inventarios es el indicador financiero que permite conocer el número de veces en que el inventario es realizado en un periodo determinado. La rotación de inventarios permite identificar cuántas veces se convierte el inventario en dinero o en cuentas por cobrar (se ha vendido). Con ello determinamos la eficiencia en el uso del capital de trabajo de la empresa. Entre más se rote el inventario, más rápido se realiza el dinero invertido en ellos, lo que permite un mayor retorno o rentabilidad en la inversión (Gerencie, 2020)

En cuanto a la Gestión de Transportes, tiene por objetivo garantizar la entrega del producto en perfecto estado de conservación, en el tiempo previsto y a un costo razonable. (Carreño, 2011)

Mantenimiento

Conjunto de actividades que permiten mantener un equipo, sistema o instalación en condición operativa, de tal forma que cumpla las funciones para las cuales fueron diseñados y asignados o restablecer dicha condición cuando ésta se pierde (Pérez y Salazar, 2009).

Tipos de mantenimiento

Se puede identificar varios tipos de mantenimiento los cuales poseen características propias que difieren en función de: el momento en el que se realiza, el objetivo particular para el cual son puestos en marcha, que tan oportunos, prácticos y adecuados son para solventar una determinada necesidad o circunstancia, los recursos que utilizan y las estrategias a las que recurren (Moubray, 2004).

Un plan adecuado de mantenimiento debe ser la combinación de los diferentes tipos de mantenimiento. Actualmente se reconoce los siguientes:

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es una estrategia en la que se programan periódicamente las intervenciones de máquinas, con el fin de inspeccionar, reparar y/o reemplazar componentes. También intenta anticipar o prever las fallas para evitar daños y paros imprevistos. Las intervenciones se realizan aun cuando la máquina está operando satisfactoriamente. Programa el mantenimiento basándose en estimaciones de vida útil o tiempo entre fallas esperadas (Moubray, 2004).

Mantenimiento predictivo

También conocido como "Mantenimiento Basado en Condiciones CBM", monitorea y detecta parámetros operativos de los sistemas, máquinas y equipos. Realiza un seguimiento del desgaste de los mismos para determinar o predecir el punto exacto de cambio o reparación. Busca determinar el punto óptimo para la ejecución del mantenimiento preventivo en un equipo, es decir, el punto a partir del cual la probabilidad que el equipo falle y asuma valores indeseables y programa el mantenimiento basado en el pronóstico de ocurrencia de fallas o vida remanente (Moubray, 2004).

Mantenimiento correctivo

También llamado "mantenimiento reactivo", consiste en dejar a los equipos que operen sin ningún servicio o control del estado de los mismos, hasta que se produzca una falla en su funcionamiento en la mayoría de las ocasiones hasta que llegue a detenerse (Moubray, 2004). El mantenimiento correctivo tiene costo nulo en función del tiempo, hasta que la unidad falla, y hay que repararla sorpresivamente y de urgencia, sin posibilidades de

planificación y programación. Se caracteriza por generar lucros cesantes y daños que representan costos de gran magnitud (Chávez, 2012)

Mantenimiento proactivo

El mantenimiento proactivo se lleva a cabo antes que ocurra una falla, con el objetivo de prevenir que el componente llegue a un estado de falla. Abarca lo que comúnmente se denomina mantenimiento "predictivo" y "preventivo" (Moubray, 2004).

Objetivos del mantenimiento (Moubray, 2004)

Mejorar continuamente los equipos hasta su más alto nivel operativo, mediante el incremento de la disponibilidad, efectividad y confiabilidad.

Aprovechar al máximo los componentes de los equipos, para disminuir los costos de mantenimiento.

Garantizar el buen funcionamiento de los equipos, para aumentar la producción.

Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente.

Maximizar el beneficio global.

Planes de mantenimiento

Es el conjunto de tareas de mantenimiento seleccionadas y dirigidas a proteger la función de un activo, estableciendo una frecuencia de ejecución de las mismas y el personal destinado a realizarlas (Medina, 2010).

El plan de mantenimiento engloba tres tipos de actividades:

Las actividades rutinarias que se realizan a diario, y que normalmente las lleva a cabo el equipo de operación.

Las actividades programadas que se realizan a lo largo del año.

Las actividades que se realizan durante las paradas programadas (Moubray, 2004)

Tipos de plan de mantenimiento

Existen una variedad de planes de mantenimiento, pero los más utilizados por su estructura y funcionalidad son:

Plan de mantenimiento basado en fabricantes

La elaboración de un plan de mantenimiento de una instalación industrial, es decir, la determinación del conjunto de tareas de carácter preventivo que es necesario realizar en la instalación basándose en lo indicado por los fabricantes en los manuales de operación y mantenimiento de cada uno de los equipos que la componen, es la forma más cómoda y habitual de elaborar un plan de mantenimiento. No obstante, presenta algunos inconvenientes graves que es necesario analizar antes de decidir basar el plan de mantenimiento exclusivamente en las recomendaciones de los suministradores (Moubray, 2004).

Plan de mantenimiento basado en protocolos

El conjunto de tareas de mantenimiento que corresponde a un equipo tipo se denomina protocolo de mantenimiento programado (Ingeniería, 2015)

Si se elaboran los protocolos de mantenimiento de todos los tipos de equipos presentes en todo tipo de instalaciones industriales y se confecciona posteriormente una lista con todos los equipos de los que dispone la instalación concreta que se está analizando, solo hay que aplicar el protocolo de mantenimiento que le corresponde a cada uno de ellos para tener una lista completa y detallada de todas las tareas de mantenimiento preventivo a realizar en la planta.

Plan de mantenimiento basado RCM

El objetivo fundamental de la implantación de un mantenimiento centrado en fiabilidad en una planta industrial es aumentar la fiabilidad de la instalación, es decir, disminuir el tiempo de parada de planta por averías imprevistas que impidan cumplir con los planes de producción. Los objetivos secundarios, pero igualmente importantes son aumentar la disponibilidad, es decir, la proporción del tiempo que la planta está en disposición de producir, y disminuir al mismo tiempo los costes de mantenimiento, así como también mejora la comprensión del funcionamiento de los equipos, analiza todas las posibilidades de fallo de un sistema y desarrolla mecanismos que tratan de evitarlos, ya sean producidos por causas intrínsecas al propio equipo o por actos personales (Moubray, 2004).

Mantenimiento centrado en la confiabilidad

El mantenimiento industrial actual se presenta como un conjunto de técnicas y organización para hacer que los "equipos" cumplan con las funciones para los cuales fueron diseñados (González, 2005).

La aplicación de estas técnicas y metodologías actuales como la del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), traen como consecuencia la disminución de las "interrupciones (paradas inesperadas por fallas)" que a su vez incrementan la "disponibilidad" de los equipos, traduciéndose esto en un menor gasto por mantenimiento correctivo indeseado y obteniendo productos de excelente calidad, que es lo que se quiere en este mundo tan competitivo a nivel industrial (González, 2005). La herramienta RCM proporciona siete preguntas que se deben efectuar, respecto al equipo seleccionado para mantenimiento:

Funciones: ¿Cuáles son las funciones y patrones de desempeño del equipo en su contexto operacional actual?

Fallas funcionales: ¿De qué forma falla el equipo al cumplir sus funciones?

Modo de falla: ¿Qué ocasiona cada falla funcional?

Efectos de falla: ¿Qué consecuencias genera cada falla?

Consecuencia de falla: ¿En qué formas afecta cada falla funcional?

Tareas pro-activas y frecuencia: ¿Qué debe hacerse para predecir o prevenir cada falla funcional?

Tarea por omisión: ¿Qué debería hacerse si no se puede hallar tareas pro-activas aplicables? [10].

Proceso del mantenimiento centrado en la confiabilidad

El proceso consiste en una serie ordenada y lógica de pasos sistemáticamente orientados a identificar las funciones de los equipos, sus fallas funcionales, los modos y causas de fallas dominantes y sus efectos. Para cada posible modo de falla encontrado, se evalúa el riesgo y vulnerabilidad generada al sistema, De acuerdo al nivel de riesgo se conoce la criticidad de la falla y el nivel de atención necesario (Salith, 2009).

Ventajas y beneficios del mantenimiento centrado en confiabilidad.

Si el RCM se aplicará a un sistema de mantenimiento preventivo ya existente en las empresas, puede reducir la cantidad de mantenimiento rutinario habitualmente hasta un 40% a 70%.

Si el RCM se aplicará para desarrollar un nuevo sistema de mantenimiento preventivo en la empresa, el resultado será que la carga de trabajo programada sea mucho menor que si el sistema se hubiera desarrollado por métodos convencionales.

Su lenguaje técnico es común, sencillo y fácil de entender para todos los empleados vinculados al proceso RCM, permitiendo al personal involucrado en las tareas saber qué

pueden y qué no pueden esperar de esta aplicación y quien debe hacer qué, para conseguirlo (Salith, 2009).

Filosofía del mantenimiento centrado en la confiabilidad La filosofía del RCM se fundamenta en: (Moubray, 2004)

Evaluación de los componentes de los equipos, su estado y función.

Identificación de los componentes críticos.

Aplicación de las técnicas de mantenimiento proactivo y predictivo.

Chequeo en sitios y en operaciones del estado corpóreo y funcional de los elementos mediante permanente revisión y análisis.

Contexto operacional

Como parte de la definición de contexto operacional es importante tener en claro los procesos y sistemas: (Salith, 2009)

Unidades de proceso: Se define como una agrupación lógica de sistemas que funcionan unidos para suministrar un servicio.

Sistemas: Conjunto de elementos interrelacionados dentro de las unidades de proceso que tienen una función específica.

En esta parte del RCM se puede definir los factores que delimitan el problema de estudio, como:

Perfil de operación.

Ambiente de operación.

Calidad/disponibilidad de los insumos requeridos (gas natural, aire, etc.)

Alarmas señales de paro.

Política de repuestos, recursos y logística.

Condiciones laborales: horarios, guardias, nóminas.

El AMEF, AMFE o Análisis de Modos de Fallo y Efectos es una metodología que ayuda a estimar y predecir los fallos que puede tener un producto que está en fase de diseño, con la finalidad de incorporar, desde el inicio, los componentes y funciones del producto que garanticen su fiabilidad, seguridad y el cumplimiento de los parámetros de las funciones que los clientes exigirán de ese nuevo producto (IsoTools, 2019)

El AMFE ayuda a reducir el tiempo y el coste del desarrollo de un producto, proceso o servicio. Ayuda en el análisis preventivo de los fallos potenciales más probables que puede tener un producto, sus sistemas o una funcionalidad de este. La ocurrencia de fallos genera una serie de sobre costes en el producto como pueden ser pérdida de rendimiento o la parada imprevista de cualquiera de las funciones del producto diseñado o analizado, ocasionando reclamaciones de los clientes (IsoTools, 2019)

AMFE también es utilizado por empresas fabricantes durante las fases del ciclo de vida del producto para resolver reclamaciones de productos o gamas de productos que pierden su competitividad frente a otros que tienen un mejor diseño y mejores especificaciones (IsoTools, 2019)

De forma más específica AMFE tiene como objetivos:

Reducir los plazos y aumentar la eficacia de los proyectos de desarrollo de nuevos productos y mejorar los productos actuales, porque predice cuáles pueden ser los fallos potenciales que se pueden producir en un futuro, en la fabricación o durante las operaciones, simulando durante el diseño las causas probables de los modos de fallos y cuáles pueden ser las acciones correctivas (IsoTools, 2019)

Analizar y evaluar la eficacia de las acciones adoptadas, establecer un proceso de mejora continua alrededor de la mejora de la calidad de los productos (IsoTools, 2019)

Familiarizar y educar al personal en el trabajo en equipo durante el diseño, con el fin de que sean ellos mismos quienes prevean los fallos, identifiquen las causas probables, propongan acciones preventivas en el diseño y valoren los resultados en fases posteriores al diseño (IsoTools, 2019)

Tipos de AMFE

Las aplicaciones AMFE pueden ser utilizadas para:

Concepto: Análisis de sistemas o subsistemas en las fases iniciales y antes del diseño.

Diseño: Análisis de productos antes del prototipo y pre-series y antes de su producción.

Proceso: Análisis de los procesos de fabricación y montaje.

Máquinas y Equipos: Análisis de productos, maquinaria y equipos para mejorar su eficacia y calidad.

Sistema: Análisis del sistema y sus funciones específicas.

Software: Análisis de las funciones del software.

Servicio: Análisis de los procesos del sector servicio antes de que sean puestos en marcha y el impacto de los fallos probables sobre el cliente o consumidor.

Fases de la Metodología AMFE aplicada a diseñar un nuevo producto o mejorar uno existente (IsoTools, 2019)

El proceso de análisis de modos de fallos es un proceso de mejora continua que busca la excelencia en la calidad de los productos, por tal motivo se debe estructurar con la finalidad de hacer tantos análisis como sean necesarios para mejorar los indicadores de calidad del producto (IsoTools, 2019)

Las fases de la Metodología AMFE se representan a continuación:

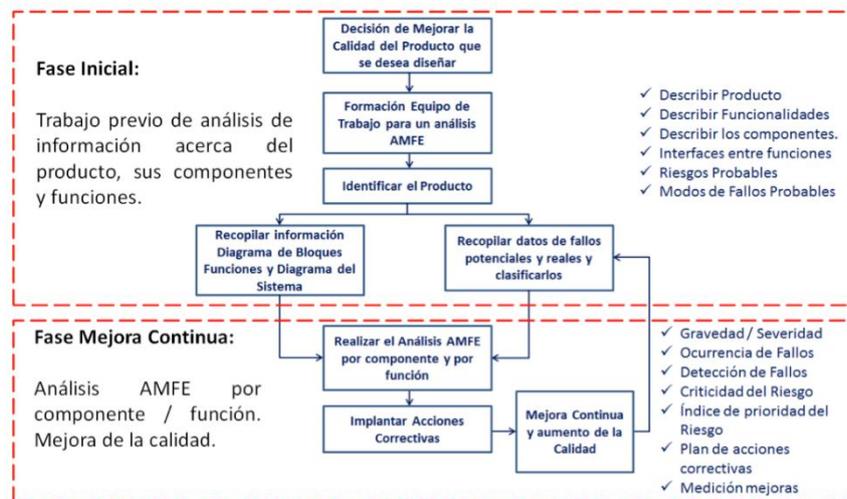


Figura 3. Fases de la metodología AMFE

Fase Inicial: Trabajo previo de recolección y análisis de la información del producto o proceso:

Para comenzar, es necesario describir el producto, el sistema y sus funciones, ya que un buen entendimiento del mismo simplifica su análisis. De esta forma el equipo de trabajo

puede comprobar que usos del producto son adecuados y cuáles no. Seguidamente debe crearse un Diagrama de Bloques del Producto. Este diagrama ofrece una visión general de los principales componentes y funciones, y cómo éstos están relacionados entre sí. Esto recibe el nombre de relaciones lógicas alrededor de las cuales puede desarrollarse un AMFE.

Posteriormente se elabora la Matriz AMFE y así responder a las siguientes preguntas que se realizan sobre el producto que se desea mejorar o diseñar:

¿Cuál es el componente o pieza del componente que creemos podrá fallar?

¿Cuál es la función que vamos a analizar?: Establezca las funciones prioritarias a analizar. Una a Una.

Modos de fallo: Es la forma en que se produce el fallo. Suele responder a la pregunta: ¿Cómo se produjo el fallo? Modos de fallo típicos: Rotura – Deformación – Fuga – Cortocircuito – etc.

Causas potenciales de fallo: Son todas las causas asignables a cada modo de fallo. Ejemplos: Material incorrecto – Manipulación inadecuada – componentes deficientes – programas deficientes – funciones no incluidas en el diseño – otras causas.

¿Cuáles son los Modos de fallos potenciales?: Es cada modo de fallo posible, sin ser necesario que el fallo haya podido ocurrir realmente. Suele responder a preguntas como:

¿En qué forma se concibe que podría fallar el componente, producto o proceso?

¿Cómo podría el componente dejar de cumplir las especificaciones y sus funciones?

Modos de fallo potenciales pueden ser: Roto, Torcido, Suelto, Mal montado, Omitido, entre otros fallos.

¿Cuáles son los efectos que el cliente percibe frente a cada fallo?: Cómo se traduce un fallo sobre el cliente en el caso de que el fallo ocurra: Ruidos – Olores – Humo – Excesivo calentamiento – Partes que no funcionan – Pérdida de Función, etc.

Después, se procede a cualificar y cuantificar cada Función evaluada y el Modo de Fallo, colocando un valor entre 0 – 9 para las siguientes variables:

SEVERIDAD (S): Determinar la Severidad del Fallo y sus efectos, también llamada "Gravedad".

OCURRENCIA (O): Determinar la Ocurrencia del Fallo y sus efectos.

DETECCIÓN (D): Determinar los criterios y pruebas para la detección de Fallos y sus efectos.

CRITICIDAD: Criticidad de los Modos de Fallos y sus efectos.

Las conclusiones del AMFE nos permiten tomar las acciones correctivas y preventivas sobre el diseño del producto para aumentar la fiabilidad y la seguridad del mismo. Las conclusiones del AMFE y las acciones correctivas para eliminar los modos de fallos, se organizan según los criterios de esta matriz de decisión:



Figura 4. Matriz de decisión

Un criterio para llevar a cabo Acciones Correctivas de un producto o sus procesos asociados son:

Conclusiones con un riesgo menor, de severidad baja, ocurrencia baja y ningún problema de calidad no se toma acción alguna y se entiende que el diseño es robusto.

Conclusiones con un riesgo moderado, alguna acción de control se debe tomar.

Conclusiones con un alto riesgo, acciones específicas se deben tomar. Se realiza una evaluación selectiva para implantar las mejoras específicas por orden de prioridad sobre componentes y/o funciones del producto (IsoTools, 2019)

Conclusiones con un riesgo crítico, se deben realizar cambios significativos del sistema, modificaciones en el diseño y mejora de la fiabilidad de cada uno de los componentes que se han identificado para el producto (IsoTools, 2019)

La Metodología AMFE permite anticiparnos a los posibles fallos que un nuevo producto pueda tener, por lo tanto, es una herramienta eficaz que incorpora los principios de mejora continua del diseño y las mejoras enfocadas sobre los productos y la gama de productos que una empresa industrial tiene previsto lanzar al mercado en el corto y mediano plazo (IsoTools, 2019)

Capacitación

Según Chiavenato, I. (2011) La persona, por medio de la capacitación y el desarrollo asimila información, aprende habilidades, desarrolla actitudes y comportamientos diferentes y elabora conceptos abstractos. La mayor parte de los programas de capacitación se concentra en transmitir al colaborador cierta información acerca de la organización, sus políticas y directrices, las reglas y los procedimientos, la misión y la visión organizacionales, sus productos/servicios, sus clientes, sus competidores, etc. La información guía el comportamiento de las personas y las vuelve más eficaces. Otros programas de capacitación se concentran en desarrollar las habilidades de las personas a efecto de capacitarlas mejor para su trabajo. Otros más buscan el desarrollo de nuevos hábitos y actitudes para lidiar con los clientes internos y externos, con el trabajo propio, con los subordinados y con la organización.

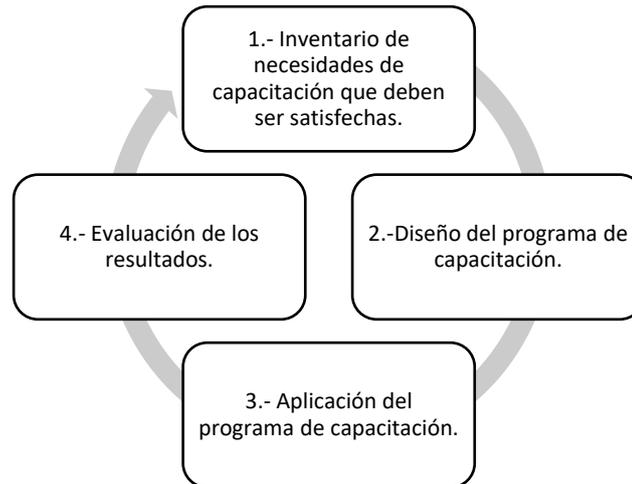


Figura 5. Tipos de cambio de comportamiento en razón de la capacidad

Fuente. Chiavenato, I. (2011).

Por otra parte, la capacitación del personal debe comenzar después de la inducción, capacitar es proporcionar a los empleados las habilidades que necesitan para realizar su trabajo, realizar la capacitación del personal es una de las bases de una buena administración que los gerentes siempre tienen que tener en cuenta, este es un proceso cíclico y continuo que consta con cuatro etapas:

Inventario de necesidades a satisfacer: Consiste en realizar un inventario de todas las carencias o necesidades de capacitación que deben ser satisfechas por la empresa.

Diseño del programa: Se desarrolla el programa de capacitación que se encargará de satisfacer todas las necesidades de capacitación inventariadas por la empresa.

Aplicación del programa de capacitación: Se ejecuta y dirige el programa de capacitación, con la finalidad de satisfacer todas las necesidades de capacitación inventariadas por la empresa.

Evaluación de los resultados: Se evaluará los resultados obtenidos tras la aplicación del programa de capacitación.

Según Pérez, Rodríguez y Molina (2002) la rentabilidad es el rendimiento que se produce después de realizar una inversión en un determinado tiempo; es decir una empresa es rentable si sus ingresos son mayores que sus egresos, esto es una forma de comparar los medios que se han utilizado en ello y la renta que se ha generado fruto de esa inversión.

1.1.3. Definición de Términos

AMFE: El Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMFE), es un procedimiento que permite identificar fallas en productos, procesos y sistemas, así como evaluar y clasificar de manera objetiva sus efectos, causas y elementos de identificación, para de esta forma, evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención. El AMEF aplicado a los procesos sirve como herramienta predictiva para detectar posibles fallas en las etapas de producción, aumentando las probabilidades de anticiparse a los efectos que puedan llegar a tener en el usuario o en etapas posteriores de cada proceso.

Badana: Piel curtida y fina de carnero u oveja.

Cadena de Suministro: Movimiento de materiales, fondos, e información relacionada a través del proceso de la logística, desde la adquisición de materias primas a la

entrega de productos terminados al usuario final. La cadena del suministro incluye a todos los vendedores, proveedores de servicio, clientes e intermediarios.

Canales Logísticos: La red de cadenas de suministro participantes comprometidas en almacenamiento, manejo, traslado, transporte y funciones de comunicaciones que contribuyen al flujo eficaz de los bienes.

Capacitación: Proceso que posibilita al capacitando la apropiación de ciertos conocimientos, capaces de modificar los comportamientos propios de las personas y de la organización a la que pertenecen.

Capellada: Es la parte superior del calzado. La piel de vacuno cubre la totalidad del pie, a excepción de la suela.

Cardado: Sacar suavemente peinando o cepillando el pelo de la piel, con el fin de quede alisado y ligero el cuero.

Centrado: El cuero se coloca encima de la horma de forma que su centro coincida con la otra pieza. Aquí se coordinan distintas acciones para el armado del zapato.

Contrafuerte: Lámina termo-adherible es la parte del calzado que va entre el talón y el forro del talón. Pieza de cuero con que se refuerza el calzado, por la parte del talón y ahora también de la punta.

Desabastecimiento: Falta de materiales componentes o bienes terminados que sean necesarios en el proceso de producción o comercialización.

Eficiente: Con poco o nada de desperdicios. En forma alternativa, un término conciso que se refiere al enfoque hacia la eliminación de desperdicios de la producción y distribución a través de la participación activa y la motivación a los trabajadores y el enfoque hacia el valor para el cliente. Ser eficiente significa sacarles el jugo a los recursos escasos.

Falla: Inutilidad del equipo de realizar la función que se requiere para lo cual fue diseñada.

Falsas: Pieza que se añade a otra para darle firmeza, adornar, etc. Pieza similar a la suela, que se pone interiormente en la parte del zapato donde el armado hace más fuerza, para que no se rompa o falsee el taco.

Gestión de la Cadena de la Demanda: Gestión de la cadena de suministros que destaca la importancia del requerimiento del cliente como se manifiesta en las técnicas de la estrategia de la sincronización y la personalización.

Gestión del Inventario: Cooperación entre el comprador y el proveedor, en general, en forma de información pronosticada compartida y un plan único y conciliado para mejorar la disponibilidad del inventario y reducir su costo.

Hormas: Instrumento que se introduce en el interior de una prenda para darle o preservar su forma. En particular se llaman así a los utensilios de madera que usan los zapateros durante la confección de la prenda, para evitar que se deforme el calzado.

Inventarios: Existencias, Existencia de seguridad de materias prima, trabajo en proceso o materiales para cubrir la oferta y la demanda incierta o errática para evitar el desabastecimiento.

Lead Time: Es el tiempo que tarda un producto desde la colocación de la orden hasta su recepción en el almacén.

Logística: Es la encargada de la distribución eficiente de los productos de una determinada empresa con un menor costo y un excelente servicio al cliente. Por lo tanto, la logística busca gerenciar estratégicamente la adquisición, el movimiento, el almacenamiento de productos y el control de inventarios, así como todo el flujo de información asociado, a

través de los cuales la organización y su canal de distribución se encauzan de modo tal que la rentabilidad presente y futura de la empresa es maximizada en términos de costos y efectividad.

Mantenimiento: Inspección constante de las instalaciones o los equipos que se encuentran en un proceso de producción, así como el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el perfecto estado de conservación de un sistema o también asegurar la correcta operación y funcionamiento de los equipos.

Perfilado: Marcar o trazar el perfil de algo.

Programa de mantenimiento: Consiste en un plan donde se dan a conocer las actividades de mantenimiento por periodos de tiempos específicos. Hay que tener coordinación con el objetivo de balancear la carga de trabajo y cumplir con los requerimientos de producción.

Pronóstico de la demanda: El pronóstico de la demanda es estimar las ventas de un producto durante determinado periodo futuro. Los ejecutivos calculan primero la demanda en toda la industria o mercado para luego predecir las ventas de los productos de la compañía en ellos.

Rematado: Pegado de la suela del zapato.

Seriado: Hacer series o colocar algo en serie.

Suelas: Cuero vacuno curtido, parte del zapato que por lo general está formado por un material más resistente que el zapato en sí. Parte del calzado que toca el suelo, hecha regularmente de cuero fuerte y adobado.

Suministros: Artículos necesarios para la operación de la empresa que no tienen relación con el producto que se fabrica; dentro de estos se pueden mencionar repuestos, accesorios, papelería y útiles.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el impacto de la propuesta de mejora en la gestión de producción, mantenimiento y logística sobre la rentabilidad de Calzados Paredes S.A.C., Trujillo 2021?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el impacto de la propuesta de mejora en la gestión de producción, mantenimiento y logística sobre la rentabilidad de Calzados Paredes S.A.C., Trujillo, 2021.

1.3.2. Objetivos específicos

Diagnosticar la situación actual de la gestión de producción, mantenimiento y logística de calzado Paredes.

Proponer metodologías, técnicas y herramientas de la Ingeniería Industrial en la gestión de producción, mantenimiento y logística de Calzados Paredes.

Determinar la variación en la rentabilidad de la empresa como efecto de la implementación de la propuesta.

Evaluar el impacto económico de la propuesta de mejora.

1.4. Hipótesis

La propuesta de mejora en la gestión de producción, mantenimiento y logística, incrementa la rentabilidad de Calzados Paredes S.A.C., Trujillo 2021.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo diagnóstica y propositiva, porque emplea un conjunto de métodos o técnicas que se concentran para conocer un determinado aspecto de la realidad, donde se debe de agotar todos los recursos entorno al mismo, ya que dicho conocimiento será útil para posteriores proyectos.

Es propositiva porque, según Gallego y González (2017) emplea un conjunto de técnicas y procedimientos con la finalidad de diagnosticar y resolver problemas fundamentales, además de encontrar respuestas a preguntas científicamente preparadas; estudiar la relación entre factores y acontecimientos o a generar conocimientos científicos.

2.2. Población

La población está constituida por todos los procesos de la fábrica de zapatos.

2.3. Muestra

La muestra está compuesta por los procesos de producción, mantenimiento y logística, de los botines de vestir, talla 37.

2.4. Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos

En la siguiente tabla se detallan las técnicas e instrumentos a utilizar en el estudio:

Tabla 1
Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos

Técnica	Justificación	Instrumentos	Aplicado en	Objetivo	Procedimiento	
Observación de campo	Permitió observar las gestiones de la fábrica de calzado, las actividades, procesos y problemas en ellos.	-Ficha de observación	En el área de producción y logística.	Identificar fallas críticas en el área logística y las consecuencias que este genera con respecto a su rentabilidad.	Mantener un seguimiento continuo, toma de tiempos, entre otros; de los procesos en el área de producción y logística de la empresa.	-Cuaderno de apuntes -Lápices -Cámara fotográfica -Cronómetro
Entrevista	Permitió obtener mayor detalle del funcionamiento y gestión de la empresa en cuanto a producción, mantenimiento y logística.	-Guía de entrevista	Gerente de Paredes S.A.C.	Determinar situación actual de la empresa, conocer a detalle su funcionamiento y gestión; puntualizando problemas en producción y logística relacionados directamente con la baja rentabilidad.	Con el fin de obtener la información necesaria para conocer dicha problemática, se procede a realizar una sucesión de preguntas en la oficina del jefe de operaciones con una duración de 45 minutos.	-Cuaderno de apuntes. -Lapiceros -Cámara fotográfica
Análisis de documentos	Permitió descifrar información solicitada obteniendo una base de datos de los procesos de producción, mantenimiento y logística.	-Microsoft Excel	Base de datos de la empresa en estudio.	Indagar la problemática en documentos físicos y virtuales, que mantenga la empresa y contrastarlos con lo observado.	Organizar los instrumentos adecuados para realizar el análisis de documentación histórica	-USB -Laptop -Cuaderno de apuntes -Lapicero.
Encuesta	Permitió analizar los factores que intervienen en la producción, mantenimiento y logística.	-Cuestionario	Gerente de Paredes S.A.C. y trabajadores	Obtener información de todos los procesos de producción y logística para verificar periodo de producción y la ejecución de los trabajadores. Se aplican encuestas a expertos para conocer más las causas raíz.	Realizar una serie de preguntas a los trabajadores del área de producción y logística, a fin de conocer los puntos resaltantes de las áreas con una duración de 50 minutos.	-Cámara fotográfica -Lapiceros

Tabla 2
 Matiz de operacionalización

Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Fórmula
Gestión de Mantenimiento preventivo	Conjunto de operaciones, que tienen como objetivo la continuidad de la actividad operativa, evitando atrasos en el proceso, por averías. (BSG Institute).	La propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento preventivo, permite incrementar la rentabilidad de la empresa	Eficacia	Disponibilidad operacional	$\frac{\sum \text{Tiempo disponible} - \text{Paradas}}{\sum \text{Tiempo disponible}}$
			Eficiencia	Tiempo medio de reparaciones	$\frac{\sum \text{Paradas por fallas}}{\sum \text{paradas}}$
				Tiempo medio entre fallas	$\frac{\text{Tiempo disponible} - \text{Tiempo de para}}{\sum \text{paradas}}$
Gestión Logística	Proceso de planificar, llevar a cabo y controlar de una forma eficiente, el flujo de materiales, inventarios en curso, productos terminados, servicios e información. (Carreño, 2011. Logística de la A a la Z.)	La propuesta de mejora en la gestión logística, permite incrementar la rentabilidad de la empresa.	Eficiencia	Rotación del inventario de cuero	$\frac{\text{Total salidas}}{\text{Saldo mensual promedio}}$
			Eficacia	Cumplimiento	$\frac{\text{Pares no despachados}}{\text{Total pares pedidos}}\%$
Gestión de producción	Aplicación de métodos y técnicas con el fin de cumplir la transformación de materias en productos acabados.	La propuesta de mejora en la gestión de producción, permite incrementar la rentabilidad de la empresa	Eficiencia	Resultado	$\frac{\text{Pares defectuosos}}{\text{Total pares producidos}}\%$
Rentabilidad	Relación existente entre los beneficios que proporciona una determinada operación o cosa y la inversión o el esfuerzo que se ha hecho; cuando se trata del rendimiento financiero; se suele expresar en porcentajes.(RAE)	La propuesta mide el incremento de la rentabilidad de la empresa, conseguida con la mejora en los procesos de producción, mantenimiento y logística.	Rentabilidad		$\frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Ventas}}\%$

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Los resultados obtenidos se muestran mediante las siguientes herramientas:

Tabla 3

Instrumentos y métodos de procesamiento de datos

Herramienta	Descripción
Diagrama de Ishikawa	Se elabora un Diagrama Ishikawa para plasmar las causas raíz.
Matriz de priorización	Se utiliza con el fin de ordenar las causas raíz halladas de acuerdo a su impacto económico en el periodo 2021.
Pareto	Esta herramienta permite obtener las causas raíz que generan un 80% de impacto en el problema de baja rentabilidad.
Matriz de indicadores	Se elaboran indicadores para medir el impacto de la mejora en cada causa raíz.
Diagrama de análisis de procesos	Se elabora para determinar las actividades productivas e improductivas presentes en el proceso de producción.

Procesamiento de información

Para analizar los datos se ha utilizado Microsoft Office Excel, para el cálculo de indicadores y valores en general que forman parte de la presente investigación.

2.6. Procedimiento

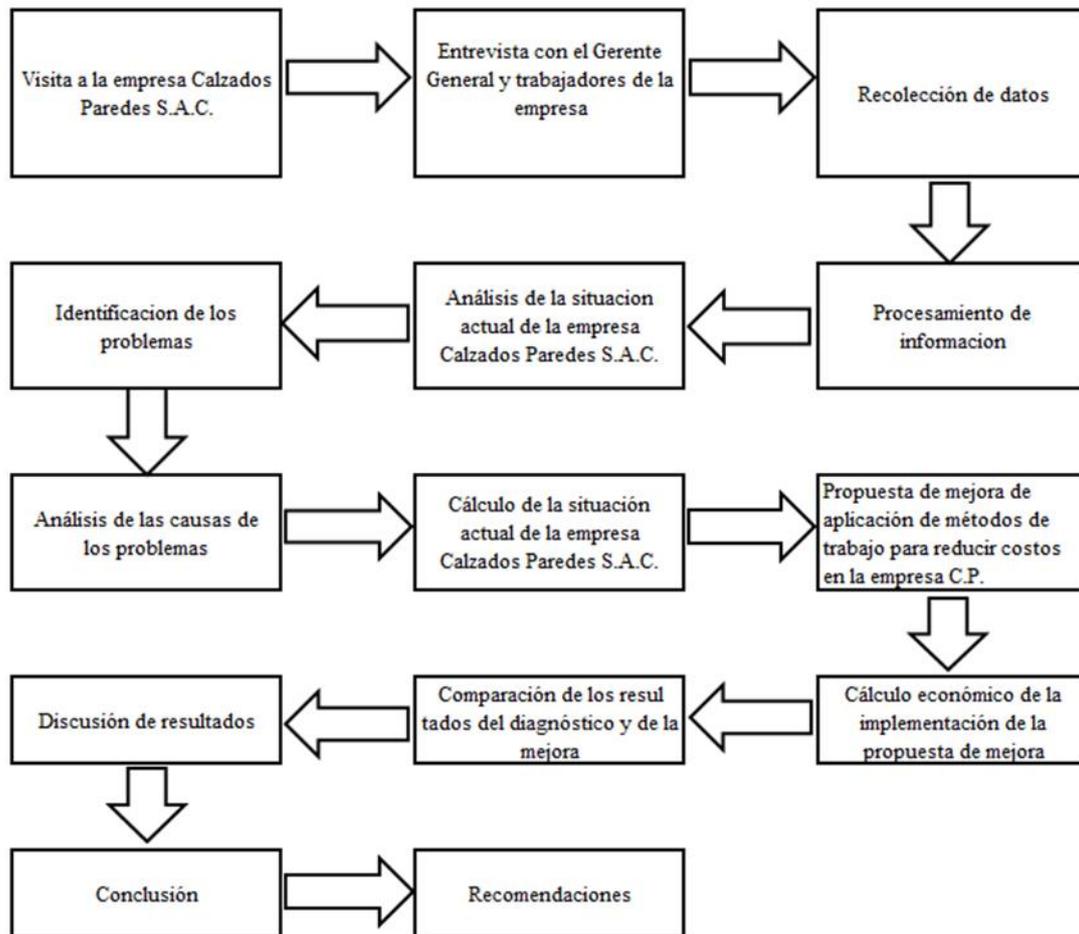


Figura 6. Procedimiento de trabajo en Paredes S.A.C.

2.6.1. Misión y Visión

Misión

Ofrecemos calzado de la mejor calidad para satisfacer las expectativas de nuestros clientes y de nuestros accionistas, y a nuestros colaboradores, un lugar de trabajo donde desarrollarse.

Visión

Posicionarnos como una empresa confiable, que supere las expectativas de nuestros clientes y accionistas.

Aspectos éticos

Se respetará los aspectos confidenciales de la empresa. El uso de la información que se menciona, ha tenido el consentimiento de la gerencia y se utiliza con fines académicos exclusivamente.

El personal operativo fue apercibido sobre la labor de los tesisistas en la empresa. El trato mostrado fue siempre respetuoso, evitando en todo momento interferir con la labor.

2.6.2. Organigrama

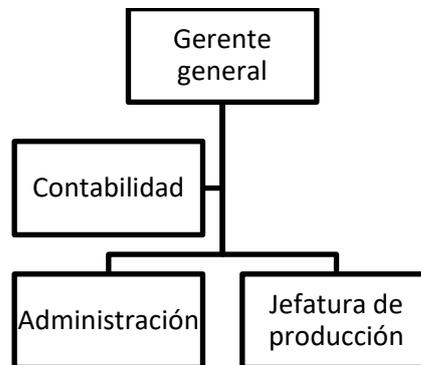


Figura 7. Organigrama de la empresa

Fuente. Información de la empresa

2.6.3. Distribución de la Empresa

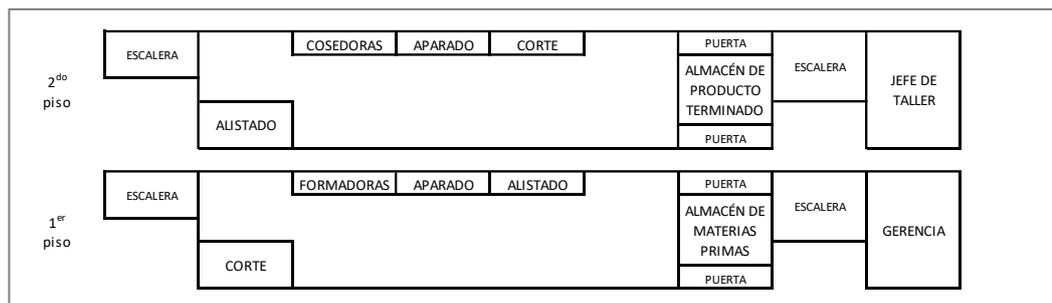


Figura 8. Layout actual del área de trabajo

2.6.4. Clientes

- Apiat
- Expomall
- Zapaterías de Lima, Ica, Arequipa y Cuzco.

2.6.5. Proveedores

Pielés:

- Curtiembre Murgia
- Curtiembre Líderes

Plantas:

- Utilex Sol Perú S.A.C.
- Famersa E.I.R.L.

Repuestos:

- Punto azul E.I.R.L.
- Ferretería Kong S.A.C.
- La casa del perno

2.6.6. Competidores

- Fábrica de calzado Tangüis S.R.L.

- Calzados Eco E.I.R.L.
- Calzado Páez S.A.C.
- Foresta Internacional S.R.L.
- Fábrica de calzado Gatty S.R.L.
- Calzado Clifor S.R.L.
- Calzado Chosica S.A.C.
- Fábrica de calzado Luna S.A.
- Industria de calzado S.A.C.
- Calzado Raggio S.R.L.
- Wellco peruana S.A.

2.6.7. Principales Productos

Calzados Paredes S.A.C. es una empresa manufacturera de calzado de vestir y casual, 100% cuero natural, para damas.

2.6.8. Mapa de procesos

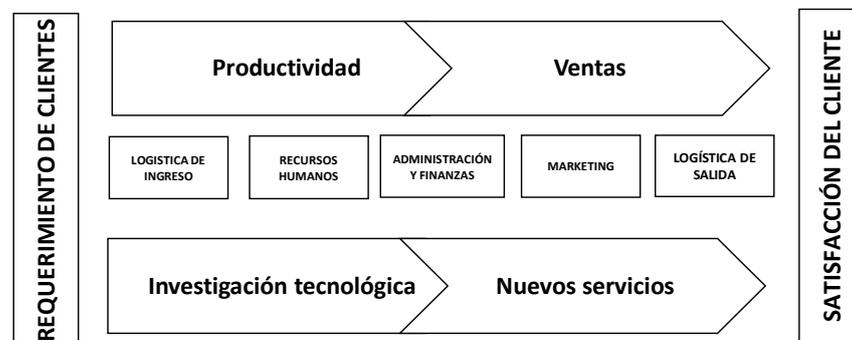


Figura 9. Mapa de procesos

2.6.9. Diagrama de Proceso productivo de la Empresa

Los procesos operativos de Calzados Paredes S.A.C. son: Diseño, corte, desbastado, aparado, perfilado, termoplástico, centrado, curado y acabado.

El diseño y aparado, se terceriza. Los operarios que realizan estas operaciones, trabajan en su propio taller, generalmente ubicado en su domicilio particular.

El acabado del calzado, termina de producirse en las instalaciones de la empresa, donde queda almacenado para su posterior despacho.

El proceso de Calzados Paredes, tiene las siguientes actividades:

Corte: seccionamiento de las diferentes piezas que conforman el calzado, con dimensiones exactas y que luego serán unidas.

Rebajado: o desbastado. Reduce el espesor del cuero, de acuerdo a estándar.

Aparado o Perfilado: Cosido minucioso de las piezas que conforman el calzado.

Armado: Unión de la capellana o, parte superior del calzado con la suela, con costuras y clavos. Incluye el vulcanizado del refuerzo interior de talón y punta.

Curación: Subsano de pequeñas imperfecciones.

Acabado: últimos detalles; colocación de plantillas, etiquetas, lustrado y encajado del calzado.

Calzados Paredes S.A.C. opera de lunes a sábado, de 8:00 a 13:00 horas y de 15:00 pm a 18:00 horas.

Tabla 4

Listado de máquinas

Nombre	Cantidad
Desbastadora	2
Perfiladora	2
Máquina de vapor	1
Máquina formadora de punta	1
Máquina formadora de talón	1
Máquina reactivadora	2
Rematadora	1
Máquina de Cardado	1
Cortadora de suela	2
Esmeril	1
Máquina enfriadora	1

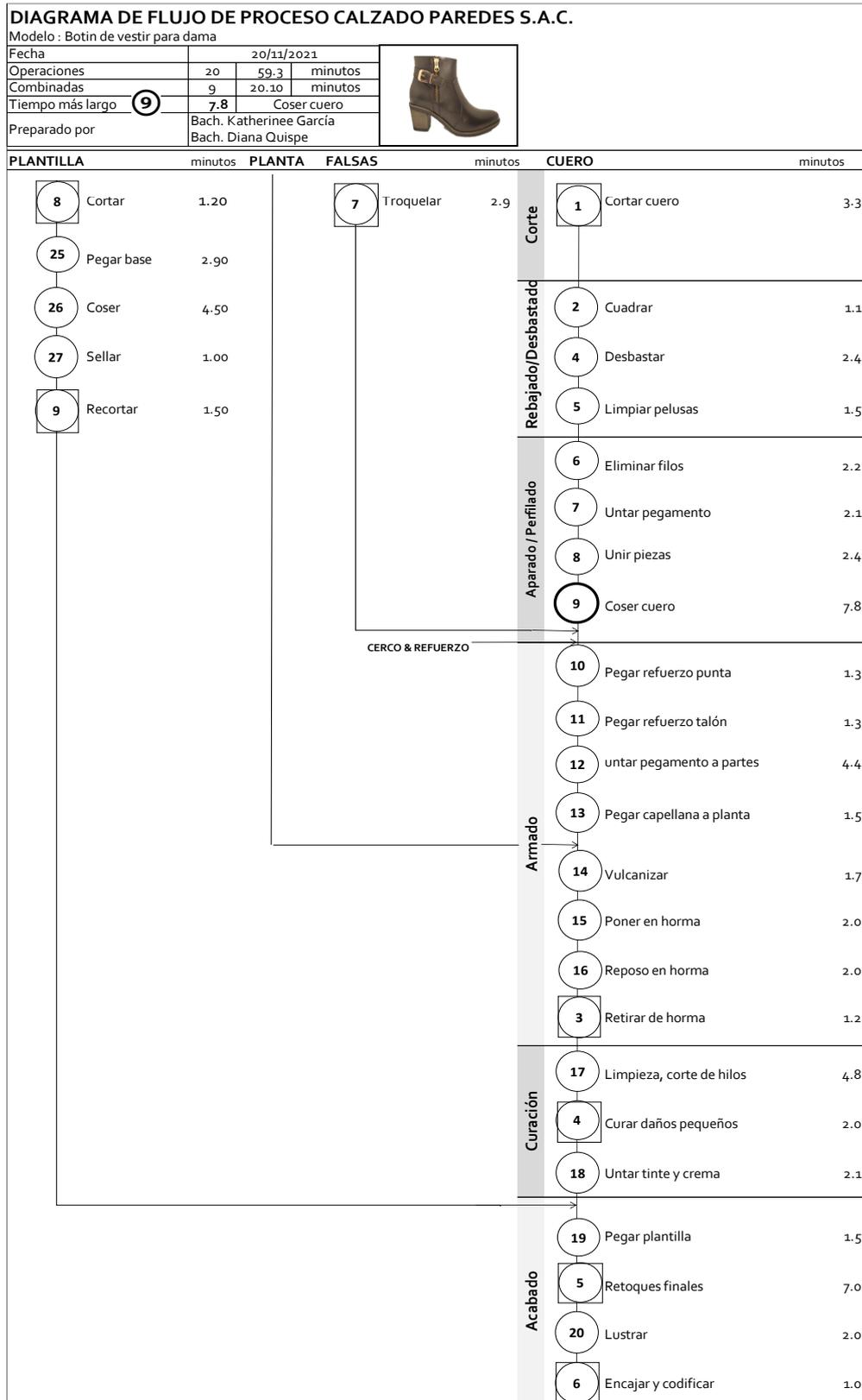


Figura 10. Diagrama de flujo de operaciones del proceso

2.7. Diagnóstico de problemáticas principales

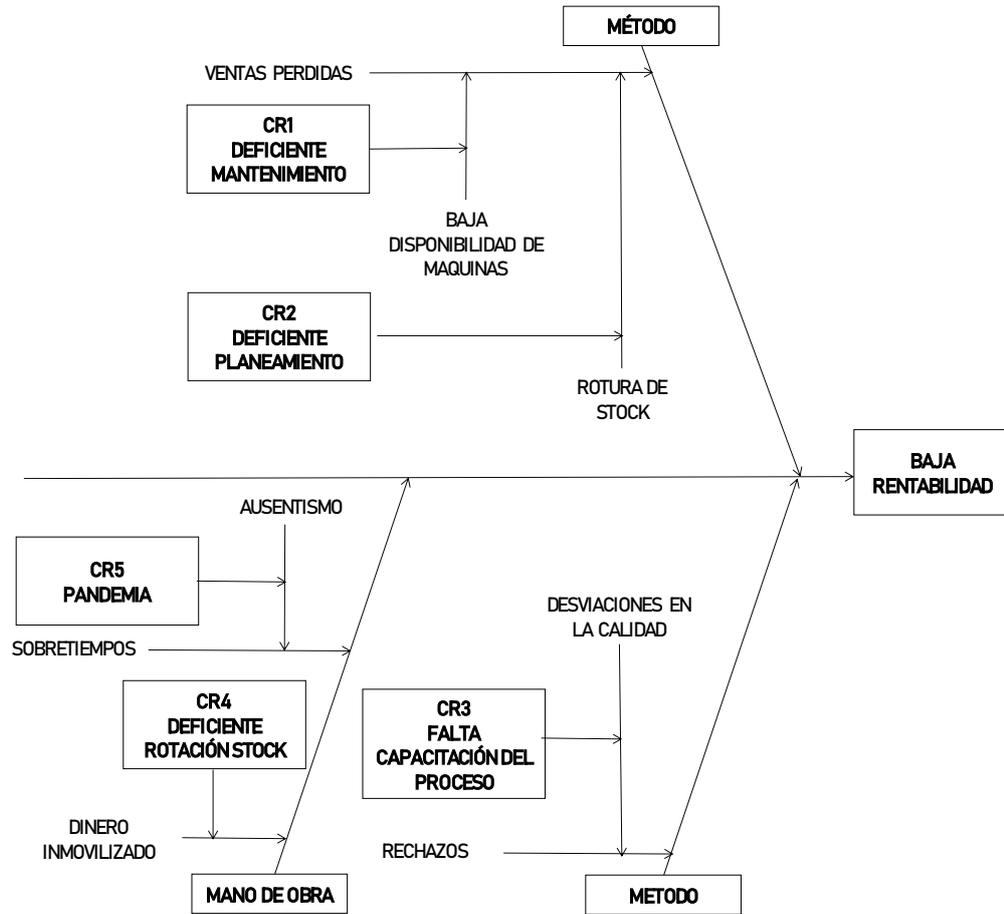


Figura 11. Diagrama Causa Efecto de la problemática de la empresa

Matriz de Priorización de las Causas Raíz

La priorización de las causas raíz se hizo según su impacto en la rentabilidad de la empresa, como se muestra a continuación:

Tabla 5
Priorización por impacto económico

		%	%acum	Impacto
CR1	Deficiente mantenimiento	39%	39%	S/ 14,273
CR2	Deficiente planeamiento	30%	70%	S/ 10,944
CR3	Falta capacitación del proceso	15%	84%	S/ 5,267
CR4	Deficiente rotación de stock	13%	97%	S/ 4,607
CR5	Pandemia	3%	100%	S/ 1,088
				S/ 36,179

Según Pareto, se debería atender solo las tres primeras causas, que suman 85% del impacto económico. Pero se decidió extender la propuesta de mejora, a la causa raíz 4, por considerarla igual de importante.

Diagrama de Pareto

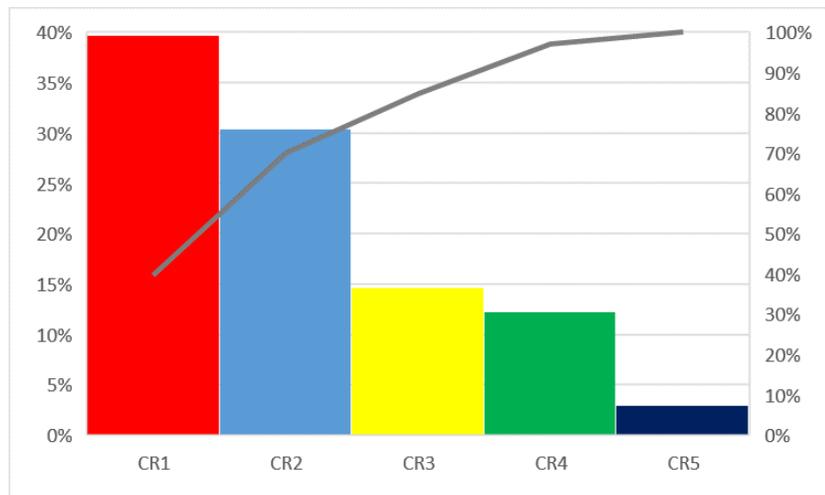


Figura 12. Pareto de causas raíz de la problemática

Fuente. Tabla 5

Matriz de indicadores

Tabla 6

Matriz de indicadores de la problemática de Calzado Paredes S.A.C.

N° Causa	Causa Raíz	Indicador	Fórmula	Valor Actual	Pérdida	Valor Meta	Pérdida Mejorada	Beneficio	Herramienta de mejora	Inversión
CR1	Deficiente Plan de mantenimiento	% Pares dejados de producir por falta de disponibilidad de máquina	$\frac{\text{Pares dejados de producir}}{\text{Total pares solicitados}}$	2.59%	S/ 14,273	1.50%	S/ 8,261.0	S/ 6,012	AMFE RCM	Formadora de punta Engarza la parte superior, para que coincida con la horma . S/6,542 Formadora de talón Moldeado a presión y en caliente el talón del zapato. S/3,608
CR2	Deficiente planeamiento	% Pares dejados de vender por rotura de stock	$\frac{\text{Pares no despachados}}{\text{Total pares pedidos}}\%$	1.95%	S/ 10,944	0.34%	S/ 1,888	S/ 9,055	Pronósticos	Capacitación S/1,000
CR3	Falta capacitación del proceso	% Pares vendidos al costo por tener defectos	$\frac{\text{Pares defectuosos}}{\text{Total pares producidos}}\%$	0.96%	S/ 5,267	0.10%	S/ 560	S/. 4,708	Capacitación en puesto de trabajo	Capacitación S/1,000
CR4	Deficiente rotación de stock	Índice de rotación del cuero	$\frac{\text{Total salidas}}{\text{Saldo mensual promedio}}$	6.0	S/ 4,607	16.0	S/ 1,554	S/. 3,052	Índice de rotación Lead time	Capacitación S/1,000

2.8. Solución propuesta

2.8.1. Descripción de causas raíz

Causa raíz 1: Deficiente plan de mantenimiento

El mantenimiento de la maquinaria de Calzado Paredes S.A.C., es básicamente correctivo. Lo realizan los mismos operarios o, en caso fuere una falla cuya solución escapa a su conocimiento y habilidades, recurren a un técnico externo local, que prestara servicios anteriormente en el proveedor de estos equipos y que brinda servicio a diferentes fábricas de zapatos de la zona.

La criticidad de los equipos, no ha sido definida. Por ello, es común que se usen los recursos económicos y tiempo, de manera inapropiada, cuando se trata de reparar equipos. Vale decir, no es raro que se enfoquen en la reparación de una máquina, que tiene reemplazo, en vez de avocarse en aquella que no lo tiene.

Esta debilidad en el criterio, ha determinado que la disponibilidad promedio de las máquinas formadoras, haya sido 97.41%, no obstante que el horario de trabajo, permitiría hacer reparaciones sin afectar el tiempo destinado a la producción, que se traduce en ventas perdidas.

El procedimiento, de priorización, fue el siguiente:

Se lista las máquinas de la empresa

Se evalúan las siguientes variables: frecuencia de falla; impacto de la falla; costo de la reparación; impacto en la seguridad e impacto sobre el medio ambiente.

Se les asigna puntaje. Muy bajo (1); bajo (3); medio (5); alto (7) y muy alto (9).

La sumatoria se catalogará de la siguiente manera:

Tabla 7
Priorización de máquinas por criticidad

Cantidad	Nombre	Frecuencia de falla	Impacto de la falla	Costo de reparación	Impacto en la seguridad	Impacto ambiental	Criticidad
2	Desbastadora	1	3	1	1	1	7
2	Perfiladora	1	3	1	1	1	7
1	Máquina de vapor	1	1	1	3	1	7
1	Máquina formadora de punta	7	9	5	5	1	27
1	Máquina formadora de talón	5	9	5	5	1	25
2	Máquina reactivadora	1	3	1	1	1	7
1	Rematadora	1	3	3	1	1	9
1	Máquina de Cardado	1	3	3	1	1	9
2	Cortadora de suela	3	3	3	9	1	19
2	Esmeril	3	1	1	3	1	9
1	Máquina enfriadora	1	1	1	1	1	5

Se observa que las dos máquinas de mayor criticidad, son las formadoras térmicas de talón y punta. En mérito a ello, se las escoge para el plan de mantenimiento preventivo que es parte de la propuesta de mejora.

El récord de fallas de estas máquinas, se muestra seguidamente

Tabla 8
Récord de fallas de formadoras de talón y punta

Paradas formadora de talón			Paradas formadora de puntas		
N° de fallas	Fecha	Horas de para	N° de fallas	Fecha	Tiempo por parada
1	15-01-21	4.1	1	08-01-22	5.1
2	01-02-21	5.0	2	09-01-22	4.0
3	03-02-21	5.2	3	15-03-22	4.0
4	17-02-21	4.8	4	17-04-22	4.6
5	01-03-21	6.1	5	19-05-22	3.5
6	23-03-21	3.8	6	21-06-22	4.5
7	30-03-21	2.4	7	01-07-22	6.0
8	01-04-21	5.4	8	06-08-22	3.8
9	01-09-21	4.2	9	08-09-22	4.5
10	01-11-21	5.2	10	11-11-22	4.2
11	13-11-21	6.2	11	29-11-22	3.5
12	18-12-21	4.8	12	13-11-22	4.7
13	21-12-22	6.1	13	14-12-22	6.2
			14	17-12-22	2.5
Total horas		63.3	Total (Horas)		61.1
Indicadores					
Tiempo disponible		2,400.0			2,400.0
MTBF		179.7			167.1
MTTR		4.9			4.4
Disponibilidad		97.36%			97.45%
Disponibilidad promedio		97.41%			

Se observa que la Disponibilidad promedio de la línea de producción es 97.41% y la disponibilidad inoperativa es de 2.59%.

Causa raíz 2: Deficiente planeamiento

Seguidamente se muestra las estadísticas de producción y ventas del 2021, de botines de vestir, talla 37.

 Tabla 9
Estadísticas de producción y ventas de botines de vestir, talla 37, año 2021

2021	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Producido	720	710	615	895	1,385	1,338	1,245	886	665	620	685	985	10,749
Pedidos	700	705	645	888	1,425	1,345	1,200	925	715	610	705	1,100	10,963
Despachado	700	705	640	888	1,392	1,338	1,200	925	671	610	695	985	10,749
Saldo	20	25	-	7	-	-	45	6	-	10	-	-	
Venta perdida	-	-	5	-	33	7	-	-	44	-	10	115	214

Se observa que la rotura de stock, debido al deficiente planeamiento de producción y de pronósticos, frustró la venta de 214 pares de zapatos, equivalente al 1.95% de lo pedido, durante el año 2021.

Causa raíz 3: Falta capacitación del proceso

El personal no ha sido capacitado desde que se adquirieron las máquinas y la empresa que las vendió, entrenó a los operarios, quienes ya contaban con experiencia previa, en otras fábricas de zapatos de El Porvenir.

Con el transcurso del tiempo, la maquinaria ha ido perdiendo precisión y operarla necesita ajustes constantes, cuyos fundamentos, escapan al conocimiento de los operarios. Mientras tanto, se registran rechazos de producto terminado, motivados por errores de conocimiento y de operación de las máquinas.

Aparte de ello, la falta de conocimiento técnico avanzado, limita la creatividad e innovación, afectando la competitividad de la empresa y la sostenibilidad de la posición de liderazgo que actualmente ostenta.

Tabla 10
Defectos en botines de vestir talla 37

Cuero sucio	9	9%
Arrugas	13	13%
Desnivelado	20	19%
Descentrado	28	27%
Suela mal pegada	12	12%
Taco mal clavado	11	11%
Forro sucio	10	10%
	103	100%

Total zapatos producidos (botines)	10,749
Tasa defectos	0.96%

Fuente: La empresa

Se observa que por falta de capacitación la empresa fabricó 103 pares con defectos, lo cual representó el 0.96% del total de la producción de botines de vestir, talla 37, en el año 2021.

Causa raíz 4: Deficiente rotación de stock

La empresa compra cueros cada dos meses. Por ello, cada compra que se realiza, es grande y los saldos de inventario a fin de mes, son altos.

De esta manera, el dinero invertido en esos bienes queda inmovilizado, no puede ser usado y genera costes de oportunidad.

Por ello, se dice que la rotación del inventario de cueros, o cantidad de veces que se consume o se regenera en un determinado período de tiempo, generalmente un año, es baja.

En la siguiente tabla, se muestra los ingresos y salidas de cuero del almacén, de cuyo movimiento se obtiene el índice de rotación. Para ello, se parte de los siguientes estándares:

Cada piel o lado, en promedio, tiene mide 25 pies².

En cada par de botines de vestir, se emplean 5 pies².

Cada piel, en promedio, cuesta S/405.

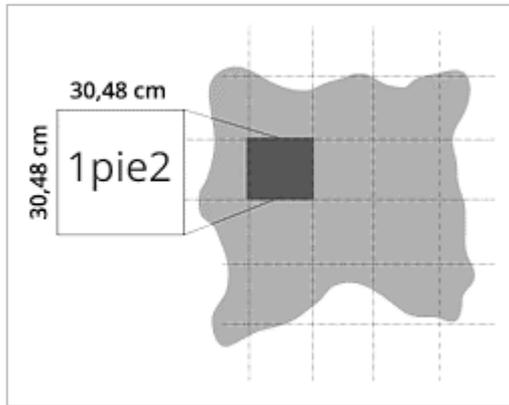


Figura 13. Pietaje del cuero

Fuente: cueromarket.com.pe

Tabla 11
 Rotación actual del stock de cuero

Pares producidos	734	668	649	892	1,415	1,336	1,205	925	708	613	692	1,088	10,926
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Saldo de cueros x 25 pies ²	200	453	320	590	411	528	261	420	235	493	371	632	
Ingreso de Cueros x 25 pie ²	400	-	400		400	-	400		400		400		2,400
Consumo													
Cuero consumido (pie ²)	3,670	3,341	3,244	4,462	7,074	6,679	6,023	4,626	3,542	3,064	3,462	5,442	54,630
Cueros x 25 pie ²	147	134	130	178	283	267	241	185	142	123	138	218	2,185
Saldo													
Cueros saldo a fin de mes	453	320	590	411	528	261	420	235	493	371	632	415	428

Durante el año, salieron 2,185 cueros y el saldo promedio, cada fin de mes, fue 428 cueros. De la división de estos valores, se calculó que el índice de Rotación (IR) fue 6.

Monetización de pérdidas

Monetización de la Causa raíz 1: Deficiente plan de mantenimiento

Para el cálculo de la monetización de esta causa raíz, se toma como referencia la pérdida de oportunidad de producir zapatos y poder venderlos, por falta de disponibilidad operativa de las máquinas más importantes, las formadoras de talón y punta.

El año pasado, la disponibilidad promedio fue 97.41% y el tiempo transcurrido entre dos unidades sucesivas que salen del proceso, a lo que se le llamará tiempo de ciclo de producción, fue 7.8 minutos, que viene a ser el tiempo más lento de las actividades consignadas en el Diagrama de Operaciones de Procesos, correspondiente a la operación número nueve (9), corte de cuero.

El año pasado, se programaron 175 turnos, equivalentes a 84 mil minutos. para producir botines de vestir, talla 37, que es el SKU de mayor participación en las ventas de Paredes S.A.C.

Al haber tenido una Disponibilidad de 97.41%, la falta de Disponibilidad por problemas de mantenimiento, fue 2.59%. Vale decir, la línea de producción estuvo inoperativa durante 2,177 minutos o 36 horas.

En este tiempo, considerando el tiempo de ciclo de 7.8 minutos, se dejaron de producir 279 pares.

La utilidad por cada par de botines es S/51.14. Por ello, el perjuicio económico del mantenimiento deficiente fue, S/14,273

Monetización de la Causa raíz 2: Deficiente planeamiento.

El 2021, hubo una rotura de stock de botines de vestir, talla 37, de 214 pares el cual representa el 1.95% de la cantidad pedida.

Para el cálculo de la monetización de esta causa raíz, se tuvo en cuenta la ganancia por cada par de botines a S/51.14 y los 214 pares dejados de vender por rotura de stock. Por lo tanto, la empresa presenta una pérdida monetaria anual de S/10,944

Monetización de la Causa raíz 3: Falta capacitación del proceso

El 2021, los clientes rechazaron 103 pares de botines de vestir, talla 37, que presentaban defectos varios, que desmerecían su presentación.

Estos zapatos terminaron vendiéndose a precio de costo, como es costumbre de la empresa, entre sus más cercanos colaboradores y allegados.

Como la utilidad por par es S/51.14, el perjuicio de la falta de capacitación en el proceso, fue S/5,267

Monetización de la Causa raíz 4: Deficiente rotación de stock

En el año de estudio se tuvo en cuenta las salidas de inventario de 2185 cueros. También, otro factor es el saldo mensual promedio de cueros que es de 428 cueros, dando así un índice de rotación de stock en 6 que significa que rotó 6 veces su inventario.

Este parámetro indicó la baja rotación del inventario de cuero, producto de compras bi mensuales y de los altos saldos de inventario, generaron dinero inmovilizado y pérdida de oportunidades de negocio, que se hubiese podido hacer con este.

Se considero un escenario, donde los saldos mensuales de inventario monetizados, estuviesen en el Banco Continental BBVA, ganando intereses, con una tasa de rendimiento efectiva anual, TREA en soles, de 2.70%



Figura 14. TREA BBVA

Los intereses obtenidos y que en la tabla aparecen como valor futuro, se han traído a valor presente, para determinar el beneficio de esta gestión.

Tabla 12
Costo de oportunidad del inventario de cuero

Pares producidos	734	668	649	892	1,415	1,336	1,205	925	708	613	692	1,088	10,926
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Saldo de cueros x 25 pies ²	200	453	320	590	411	528	261	420	235	493	371	632	
Ingreso de Cueros x 25 pie ²	400	-	400		400	-	400		400		400		2,400
Consumo													
Cuero consumido (pie ²)	3,670	3,341	3,244	4,462	7,074	6,679	6,023	4,626	3,542	3,064	3,462	5,442	54,630
Cueros x 25 pie ²	147	134	130	178	283	267	241	185	142	123	138	218	2,185
Saldo													
Cueros saldo a fin de mes	453	320	590	411	528	261	420	235	493	371	632	415	428
Monetización													
Saldo monetizado	S/ 183,547	S/ 129,420	S/ 238,868	S/ 166,575	S/ 213,971	S/ 105,765	S/ 170,187	S/ 95,244	S/ 199,866	S/ 150,228	S/ 256,144	S/ 167,988	S/ 173,150
Tasa rendimiento efectiva anual	0.23%	0.23%	0.23%	0.23%	0.23%	0.23%	0.23%	0.23%	0.23%	0.23%	0.23%	0.23%	0.23%
Valor futuro mensual	S/ 413	S/ 291	S/ 537	S/ 375	S/ 481	S/ 238	S/ 383	S/ 214	S/ 450	S/ 338	S/ 576	S/ 378	
Valor presente mensual	S/ 412	S/ 290	S/ 534	S/ 371	S/ 476	S/ 235	S/ 377	S/ 210	S/ 441	S/ 331	S/ 562	S/ 368	
Valor presente inmovilizado	S/ 4,607												
Total de salidas	2,185												
Saldo promedio	428												
Índice de rotación (I_R)	6.0												

Para el cálculo de monetización de esta causa raíz, se ha tomado en cuenta el saldo monetizado promedio mensual que fue S/173,150. Asimismo, se ha considerado una tasa mensual de 0.23% que ofrece el BBVA, con el que se calcula el beneficio futuro que podría generar los saldos mensuales si estuviesen invertidos. Estos beneficios futuros mensuales se trajeron a valor presente, con la misma tasa de interés obteniendo un coste de oportunidad de S/4,607, siendo este, el beneficio que se generaría, si los saldos se monetizaran. Pero, como estos bienes se encuentra almacenados en la fábrica, dicho monto significa una pérdida monetaria.

2.8.2. Solución propuesta

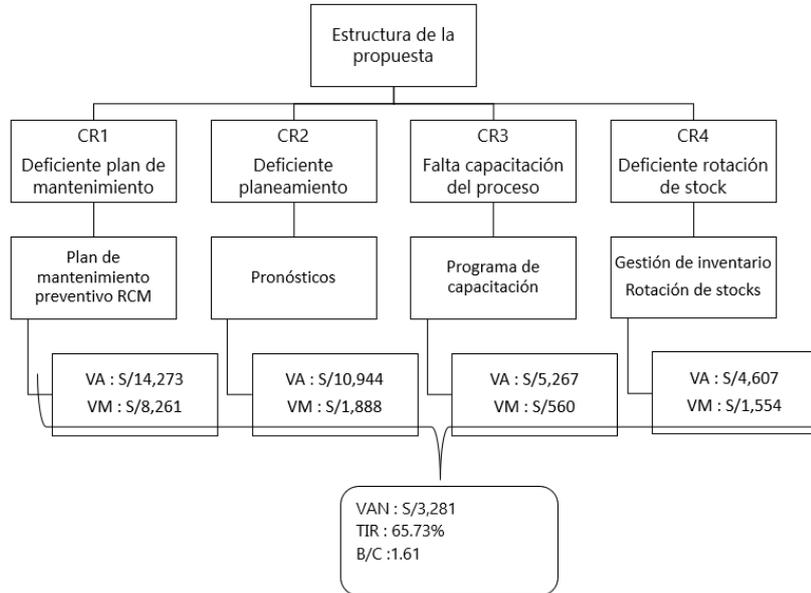


Figura 15. Esquema general de la propuesta

Propuesta de mejora para la causa Raíz 1: Deficiente plan de mantenimiento

Se utilizará el método AMFE para identificar, evaluar y prever potenciales fallos y efectos que podrían surgir en las máquinas formadora de puntas y de talón, evaluando su gravedad, frecuencia de ocurrencia y facilidad de detección, de esta manera se podrá calcular el Número de Prioridad de Riesgo (NPR) para poder priorizar las causas y de esta manera actuar sobre estas para evitar que surjan estos modos de fallo.

Los componentes de la máquina con más alto NPR, deberán ser motivo de monitoreo y evaluación constante, pues su falla, tendrá mayor impacto negativo en su funcionamiento y disponibilidad. En el caso de las importantes se elegirá un mantenimiento preventivo. En el caso de las tolerables se dispondrá un mantenimiento correctivo, unido a tareas básicas de limpieza y lubricación que se van a incorporar en la empresa y que serán realizadas por el mismo operario de las máquinas.

Paralelamente se ha incorporado a la matriz AMFE, la matriz con las evaluaciones RCM, que propone los planes de mantenimiento específicos y estructurados que se aplicará, para ambas máquinas, basándose en la herramienta del árbol decisiones, que se incluye seguidamente, el cual está dividido en: Consecuencias del fallo oculto (H), consecuencias para la seguridad o el medio ambiente (E), consecuencias operacionales (O) y no operacionales (S).

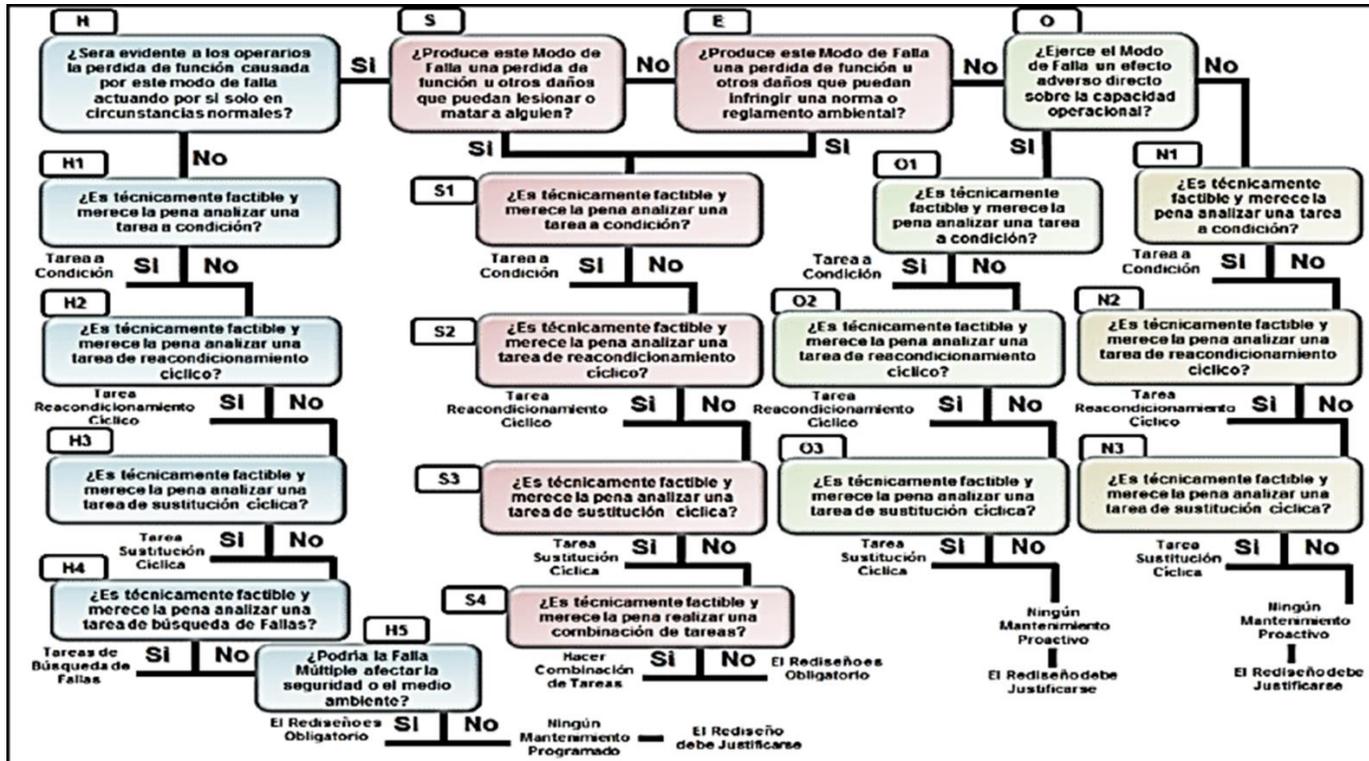


Figura 16. Árbol de decisiones RCM

Dándole seguimiento de los cuestionamientos que hace esta herramienta se tomaron la toma de decisiones sobre las medidas que se adoptarán, para eliminar o mitigar esas consecuencias, ya sea mediante tareas a condición; recondicionamiento cíclico y/o sustitución cíclica, de modo que se minimice la probabilidad que la falla se manifieste.

Tabla 13
AMFE eléctrico y matriz de decisiones RCM para formadora de talón

		AMEF ELÉCTRICO						DECISIONES RCM												Tareas "a falta de "	Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	Hecho por
		MAQUINA: PRE-MOLDEADORA DE TALON		REALIZADO : Bachilleres Katherinee García y Diana Quispe		FECHA: 20/10/2021		Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	S1			S2					
SISTEMA: ELÉCTRICO		REVISADO POR : jefe de taller		HOJA 1						O1	O2	O3	H4			H5			S4				
COMPONENTE	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO	EFECTO DE FALLA	G	O	D	NRP	Fallo oculto	Consec	SSO	No operac	O1	O2	O3	H4	H5	S4	Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	Hecho por			
	Cómo falla?	Qué ocasiona la falla?	Qué consecuencia?	Graved	Ocurre	Detecta		H	S	E	O	N1	N2	N3									
Interruptor Temporizador	A	No cumple tiempo de para	1	Sobrecarga	No preforma	6	2	7	84	Tolerable	S	N	N	S	N	N	N	N	Limpieza y control rutinario	Mensual	Tecnico externo		
			2	Oscilación del voltaje		4	2	3	24	Tolerable	S	N	N	S	S	N	S	S	N	S	Limpieza y control rutinario	Mensual	Tecnico externo
Resistencias	B	No calientan	1	Resistencias quemadas	No plancha	4	2	7	56	Tolerable	S	N	N	S	S	N	S	S	N	N	Limpieza y control rutinario	Mensual	Técnico externo
			2	Cortocircuito		4	1	8	32	Tolerable	S	N	N	S	S	N	S	S	N	N	Control rutinario	Mensual	Técnico externo
Relés	C	No ejecutan cambios	1	No preforma	No preforma	4	3	5	60	Tolerable	S	N	N	S	S	N	S	S	N	N	Limpieza y control rutinario	Mensual	Técnico externo
										Tolerable	S	N	N	S	S	N	S	S	N	N	Limpieza y control rutinario	Mensual	Técnico externo
Motor de enfriamiento	D	No enfría	1	Cortocircuito	No preforma	6	3	6	108	Tolerable	S	N	N	S	S	N	N	S	N	N	Limpieza y control rutinario	Mensual	Técnico externo
			2	Sobrecarga		6	3	6	108	Tolerable	S	N	N	S	S	N	N	S	N	N	Limpieza y control rutinario	Mensual	Técnico externo
			3	Falla operativa		6	3	3	54	Tolerable	S	N	N	S	S	N	N	S	N	N	Control rutinario	Mensual	Técnico externo
Cableado	E	Cable deteriorado	1	Deterioro	Causa de accidentes graves	10	3	2	60	Tolerable	S	N	N	S	S	N	S	S	N	N	Control rutinario	Mensual	Técnico externo

Tabla 14
AMFE neumático y matriz de decisiones RCM para formadora de talón

		AMEF NEUMÁTICO										DECISIONES RCM											
		MAQUINA: PRE-MOLDEADORA DE TALON		REALIZADO : Bachilleres Katherinee García y Diana Quispe		FECHA: 20/10/2021		Evaluación de las consecuencias		H1	H2	H3	Tareas "a falta de "				Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	Hecho por				
SISTEMA: NEUMÁTICO		REVISADO POR : Jefe de taller		HOJA: 1		S1	S2	S3	O1	O2	O3	H4	H5	S4									
COMPONENTE	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO	EFEECTO DE FALLA	G	O	D	NRP	Fallo oculto	Consec Operac	SSO	No operac	O1	O2	O3	Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	Hecho por						
	Cómo falla?	Qué ocasiona la falla?	Qué consecuencia?	Gravedad	Ocurre	Detección		H	S	E	O	N1	N2	N3				H4	H5	S4			
Suministro de aire comprimido	A1	No produce aire comprimido	1	Falla del compresor	La máquina paraliza	6	5	5	150	Importante	S	N	N	S	S	S	S	S	Revisión rutinaria. Limpieza filtro	Mensual	Técnico externo		
			2	Falla del medidor de presión	La máquina paraliza	2	4	6	48	Tolerable	S	N	N	S	N	S	S	N	N	Revisión rutinaria	Mensual	Técnico externo	
Cilindros o actuadores	B1	Comprime pero no mantiene la presión	1	Falta de lubricación	La máquina no puede funcionar	4	4	7	112	Tolerable	S	N	N	S	S	N	N	N	N	S	Reposición	Semanal	Operario
			2	Filtro obstruido	Bajo rendimiento de la máquina	6	5	8	240	Importante	S	N	N	S	S	S	N	N	N	N	Reemplazo		
			3	Sellos deteriorados	Inyectores operan a destiempo	5	4	7	140	Importante	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Reemplazo	Correctivo	Técnico externo
			4	Poco ingreso de aire	Inyectores operan a destiempo	5	2	7	70	Tolerable	S	N	N	S	S	S	N	S	N	N	Control rutinario	Mensual	Técnico externo
	B2	Cilindro no se mueve	1	Acopladores flojos	La máquina no calienta ni preforma	3	4	5	60	Tolerable	S	N	N	S	S	S	N	N	N	Control rutinario	Semanal	Operario	
			2	Acopladores defectuosos	La máquina no calienta ni preforma	4	6	4	96	Tolerable	S	N	N	S	S	N	S	N	N	N	Limpieza y control rutinario	Mensual	Técnico externo
Válvulas	C1	No controla ingreso de aire	3	Obstrucción del filtro	La máquina no calienta ni preforma	5	2	6	60	Tolerable	S	N	N	S	S	N	S	N	N	N	Limpieza y control rutinario	Mensual	Técnico externo
			4	Falla de suministro de aire	Inyectores no se desplazan	3	2	7	42	Tolerable	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Limpieza y control rutinario	Mensual	Técnico externo
			1	Deterioro de elementos internos	Inyectores no se desplazan	8	4	7	224	Importante	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Reemplazo	Correctivo	Técnico externo
			2	Mala lubricación	No arma el talón	5	4	8	160	Importante	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	Reemplazo	Correctivo	Técnico externo
Mangueras	D1	No comprime el aire	3	Fin de vida útil	No arma el talón	5	2	7	70	Tolerable	S	N	N	S	S	N	S	N	N	N	Reemplazo	Correctivo	Técnico externo
			1	Mangueras retorcidas	Bajo rendimiento de la máquina	2	5	7	70	Tolerable	S	N	N	S	S	N	S	N	N	N	Control rutinario	Semanal	Operario
			2	Mangueras picadas	Bajo rendimiento de la máquina	2	3	7	42	Tolerable	S	N	N	S	S	N	S	N	N	N	Control rutinario	Semanal	Operario
			3	Obsolencia	Bajo rendimiento de la máquina	4	2	7	56	Tolerable	S	N	N	S	S	N	S	N	N	N	Control rutinario	Semanal	Operario
Reguladores de presión	E1	No controla la presión	4	Mal acopladas	Bajo rendimiento de la máquina	3	3	7	63	Tolerable	S	N	N	S	S	N	S	N	N	N	Control rutinario	Semanal	Operario
			1	Filtros en mal estado	Baja eficiencia para armado de zapato	7	2	7	98	Tolerable	S	N	N	S	S	N	S	N	N	N	Control rutinario	Semanal	Operario
			2	Falta de lubricación	Baja eficiencia para armado de zapato	4	3	7	84	Tolerable	S	N	N	S	S	N	S	N	N	N	Control rutinario	Semanal	Operario

Tabla 15
AMFE mecánico y matriz de decisiones RCM para formadora de talón

		AMEF MECÁNICO						DECISIONES RCM												Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	Hecho por
		MÁQUINA: PRE-MOLDEADORA DE TALÓN		REALIZADO : Bachilleres Katherinee García y Diana Quispe		FECHA: 20/10/2019		Evaluación de las consecuencias				Tareas "a falta de"										
		SISTEMA:	MECÁNICO	HOJA: 3		H1	H2	H3	S1	S2	S3	H4	H5	S4								
COMPONENTE	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO	EFECTO DE FALLA	G	O	D	Fallo oculto	Consec Operac	SSO	No operac	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8				
	Cómo falla?	Qué ocasiona la falla?	Qué consecuencia?	Gravedad	Ocurre	Detecta	H	S	E	O	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8				
Matrices calientes	A1	Deterioro de matrices calientes	1 Fátiga	La máquina no calienta suficientemente al material	8	3	8	192	Importante	S	N	N	S	N	N	S	S	N	S	Revisión rutinaria	Mensual	Tecnico externo
		2 Sobre presión	La máquina no calienta suficientemente al material	8	2	8	128	Importante														
		3 Matrices inadecuadas	La máquina no calienta suficientemente al material	8	1	8	64	Tolerable														
Matrices frías	B1	Deterioro de matrices frías	1 Fátiga	La máquina no puede preformar	8	3	8	192	Importante	S	N	N	S	S	N	S	S	N	S	Reemplazo	Correctivo	Tecnico externo
		2 Sobre presión	La máquina no puede preformar	8	2	8	128	Importante														
		3 Matrices inadecuadas	La máquina no puede preformar	8	1	8	64	Tolerable														

Tomando como punto de partida las matrices anteriores y las recomendaciones del fabricante de la máquina formadora de talón, que constan en el catálogo, se preparó el siguiente cronograma de mantenimiento preventivo.

Tabla 16
Cronograma de mantenimiento preventivo de la formadora de talón

Formadora de talón	Diario	Semanal	Mensual	Semestral	Anual
Calibración de la presión					
Cambio de filtro					
Limpieza de actuadores neumáticos					
Limpieza de filtro					
Limpieza superficial					
Lubricación de piezas móviles					
Revisión de contactores					
Revisión de relés					
Revisión de resistencias					
Revisión del estado de las válvulas					
Revisión del estado de los pistones					
Revisión del estado del depósito de aceite					
Verificar estado de las mangueras					
Verificar la presión neumática					
Verificar sistema de alimentación electrónico					
Verificar sistema de alimentación eléctrico					
Verificar sistema de alimentación neumático					

El mismo procedimiento se aplicó a la máquina formadora de puntas.

Tabla 17
AMFE mecánico y matriz de decisiones RCM para formadora de puntas

COMPONENT	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO	EFECTO DE FALLA	AMEF MECÁNICA			DECISIONES RCM																									
				MAQUINA: ARMADORA DE PUNTAS		REALIZADO : Bachilleres Katherinee García y Diana Quispe	FECHA: 20/10/2021	Evaluación de las consecuencias				Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	Hecho por															
				SISTEMA: MECÁNICO		REVISADO POR: Jefe de taller	HOJA 4	H1	H2	H3	S1	S2	S3	O1				O2	O3													
Cómo falla?	Qué ocasiona la falla?	Qué consecuencia?	G	O	D	NRP	Fallo oculto H	Consec Operac S	SSO E	No operac O	N1	N2	N3	H4	H5	S4																
Pinzas de sujeción	A1	Rotura de muelles	1	Muelle fatigado	Pinzas no accionan	8	5	8	320	Importante	S	N	N	S	N	N	S	N	N	N	Sustitución	Mensual	Técnico externo									
			2	Mal diseño de muelle		3	2	7	42	Tolerable	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	Sustitución	Mensual	Técnico externo								
			3	Mal ensamblaje entre pinza y muelle		3	3	6	54	Tolerable	N	N	N	S	N	S	N	S	N	N	N	N	Revisión rutinaria	Mensual	Técnico externo							
			4	Muelles obsoletos		7	2	2	28	Tolerable	N	N	N	S	N	N	S	N	N	N	N	N	Revisión rutinaria	Mensual	Técnico externo							
	A2	Se trunca el soporte de la pinza	1	Pinzas mal reguladas	Falta de control en el soldado del aparato	3	4	5	60	Tolerable	S	N	N	S	S	S	S	S	S	S	N	N	S	Revisión rutinaria	Semanal	Operario						
			2	Acumulación de suciedad		3	8	4	96	Tolerable	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Revisión rutinaria	Semanal	Operario					
			3	Falta de lubricación entre pinza y el carro		3	4	4	48	Tolerable	N	N	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Revisión rutinaria	Semanal	Operario					
	A3	Superficies de pinzas sin estrías	1	Mala calibración	No sujeta y estira	4	4	3	48	Tolerable	N	N	N	S	S	S	S	N	N	S	N	N	S	Revisión rutinaria	Semanal	Operario						
			2	Mal montaje de pinzas		3	4	3	36	Tolerable	N	N	N	S	S	S	S	N	N	S	N	N	S	Revisión rutinaria	Semanal	Operario						
			3	Mal diseño de estrías		3	3	5	45	Tolerable	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	S	Revisión rutinaria	Semanal	Operario				
			4	Desgaste de estrías		3	7	5	105	Tolerable	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Revisión rutinaria	Semanal	Operario				
			5	Cilindro hidráulico deteriorado		6	3	4	72	Tolerable	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Revisión rutinaria	Semanal	Operario				
			6	Insuficiente alimentación de fluido		3	4	4	48	Tolerable	N	N	N	S	N	N	S	N	N	S	N	N	S	N	N	S	Revisión rutinaria	Semanal	Operario			
	Placas planchadoras	B1	No cierran las placas de planchado	1	Desgaste de articulación	No se completa el planchado del cuero del zapato	6	5	6	180	Importante	N	N	N	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	Reemplazo	Correctivo	Técnico externo					
				2	Falta de lubricación entre articulación y placas						N	N	N	S	N	N	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	Revisión rutinaria y limpieza	Mensual	Técnico externo			
				3	Obsolescencia de articulación						3	4	5	60	Tolerable	N	N	N	S	N	N	S	N	N	S	N	N	N	N	Revisión rutinaria	Semanal	Operario
				4	Insuficiente alimentación de líquido hidráulico						4	4	4	64	Tolerable	N	N	N	S	N	N	S	N	N	S	N	N	N	N	Revisión rutinaria	Semanal	Operario
				5	hidráulico insuficiente						6	4	5	120	Tolerable	N	N	N	S	N	S	S	N	N	S	N	N	N	N	Revisión rutinaria	Semanal	Operario
Soporte horma y plantilla	C1	Soporte queda demasiado alto y/o bajo	1	Falla en	Planta resulta arrugada y el aparato no queda pegado a la horma	6	3	4	72	Tolerable	S	N	N	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	Revisión rutinaria	Semanal	Operario						
			2	Descalibración del soporte		2	3	4	24	Tolerable	N	N	N	S	S	S	N	N	N	N	N	N	N	Revisión rutinaria	Semanal	Operario						
			3	Mal montaje del soporte		3	3	4	36	Tolerable	N	N	N	S	S	S	N	N	N	N	N	N	N	N	Revisión rutinaria	Semanal	Operario					
			4	Alimentación de líquido hidráulico insuficiente		3	3	5	45	Tolerable	N	N	N	S	N	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	Revisión rutinaria	Semanal	Operario				
			5	Cilindro hidráulico en malas condiciones		7	5	4	140	Importante	N	N	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Reemplazo	Correctivo	Técnico externo				
			6	Fallo de contactores		4	3	6	72	Tolerable	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Revisión rutinaria	Semanal	Operario				
Alimentador de pegamento	D1	Obstrucción	1	Suciedad en el medio	Disminución de parámetros de funcionamiento	8	2	2	32	Tolerable	S	N	N	S	N	N	S	N	N	N	N	N	Revisión rutinaria	Semanal	Operario							
Levas armadoras	E1	Desgaste de bujes	1	Fátiga	Disminución de parámetros de funcionamiento	6	3	6	108	Tolerable	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Revisión rutinaria	Semanal	Operario						
			2	Obsolescencia	3	2	4	24	Tolerable	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Revisión rutinaria	Semanal	Operario						

Tabla 18
AMFE hidráulico y matriz de decisiones RCM para formadora de puntas

COMPONENTE	AMFE HIDRÁULICO										DECISIONES RCM														
	MAQUINA: ARMADORA DE PUNTAS		REALIZADO : Bachilleres Katherine García y Diana Quispe		FECHA: 20/10/2021		SISTEMA: HIDRÁULICO		REVISADO POR: Jefe de taller		HOJA 5		Evaluación de las consecuencias				Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial	Hecho por			
	FALLO FUNCIONAL	MODOS DE FALLO	EFECTO DE FALLA	G	O	D	NRP	Fallo oculto H	Consec Operac S	SSO E	No operac O	H1	H2	H3	S1	S2	S3	H4	H5				S4		
	Cómo falla?	Qué ocasiona la falla?	Qué consecuencia?	Gravedad	O	D																			
Bomba hidráulica	A1	Ruido anormal	1 Desgaste en engranajes Filtro obstruido	8	8	2	128	Importante	S	N	N	S	N	N	N	N	N	S	N	S	Sustitución	Semestre	Técnico externo		
	A2	La bomba no descarga	1 Clavija de acoplamiento rota	7	7	2	98	Tolerable	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Sustitución	Semestre	Técnico externo	
			2 Sellos desgastados	7	7	5	245	Importante	S	N	N	S	N	S	S	S	N	N	N	N	N	Sustitución	Semestre	Técnico externo	
			3 Obstrucción en filtro de succión	7	7	5	245	Importante	S	N	N	N	N	S	S	S	N	N	N	N	N	Limpieza	Semana	Operario	
Cilindros o Actuadores	B1	Cilindro se mueve pero no mantiene la presión	1 Conexiones con fuga	9	5	5	225	Importante	S	N	N	N	N	S	S	S	S	N	N	N	Revisión	Semana	Operario		
			2 Sellos del cilindro desgastado o dañados	6	6	3	108	Importante	S	N	N	N	N	S	S	S	S	N	S	S	Sustitución	Semestral	Técnico externo		
			3 No hay suficiente presión de fluido	6	6	3	108	Tolerable	S	N	N	N	S1	S	S	S	N	N	N	N	N	Revisión	Mensual	Técnico externo	
			4 Mangueras rotas	6	5	5	150	Importante	S	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	Revisión	Semana	Operario	
	B2	Cilindro se mueve muy lento	1 Acoplador flojo	9	7	2	112	Importante	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Revisión	Semana	Operario	
			2 Obstrucción de mangueras	9	5	5	225	Importante	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Revisión	Semana	Operario	
			3 Insuficiente presión de fluido	9	6	2	108	Tolerable	S	N	N	N	N	N	S	S	S	S	N	S	S	Revisión	Semana	Operario	
			4 Sellos de cilindro en mal estado	8	5	2	80	Tolerable	N	N	N	N	N	S	S	S	S	N	N	N	N	Revisión	Mensual	Técnico externo	
			1 Acoplador flojo	7	6	2	84	Tolerable	N	N	N	N	N	S	S	S	N	N	N	N	N	Revisión	Semana	Operario	
			2 Falta de líquido hidráulico	9	7	3	189	Importante	S	N	N	N	N	S	S	S	S	N	N	N	N	N	Reposición	Semana	Operario
B3	Cilindro no se mueve	3 Obstrucción de filtros	6	5	5	150	Importante	S	N	N	N	N	S	S	N	N	N	N	N	N	Sustitución	Semana	Operario		
		4 Bomba dañada	7	5	3	105	Tolerable	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Revisión	Semana	Operario		
		5 Mangueras obstruidas	8	6	2	96	Tolerable	S	N	N	N	N	S	S	S	N	N	N	N	N	Revisión	Semana	Operario		
B4	Cilindro se extiende solo parcialmente	1 El nivel de líquido hidráulico es bajo en el depósito de la bomba	8	6	2	96	Tolerable	S	N	N	N	S	S	S	N	N	N	N	N	N	Revisión	Semana	Operario		
		2 Barra del pistón del cilindro con poca carrera	8	7	3	168	Importante	S	N	N	S	S	S	S	N	N	S	N	N	S	Revisión	Semana	Operario		
Válvulas	B5	No gobierna ingreso de aire	1 Mal montaje	9	7	4	252	Importante	S	N	N	S	S	S	S	S	S	N	N	S	Sustitución	Semana	Operario		
			2 Mala lubricación	9	7	4	252	Importante	N	N	N	S	S	S	S	N	N	S	N	N	S	Sustitución	Semana	Operario	
			3 Obsolescencia	9	5	2	90	Tolerable	N	N	N	S	N	S	S	N	N	S	N	N	S	Revisión	Semana	Operario	
			4 Deterioro de elementos internos	9	6	2	108	Tolerable	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Revisión	Mensual	Técnico externo	
Mangueras	D1	No suministra fluido	1 Mangueras retorcidas	8	5	2	80	Tolerable	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Revisión	Semana	Operario	
			2 Acoples en mal estado	6	6	4	144	Importante	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Revisión	Semana	Operario	
			3 Vida útil vencida	8	7	4	224	Importante	S	N	N	N	N	N	N	S	N	N	N	N	N	Revisión	Semana	Operario	
			4 Mal acopladas	9	7	5	315	Importante	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Revisión	Semana	Operario	
			5 Mangueras obstruidas	8	6	5	240	Importante	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Revisión	Semana	Operario
Reguladores de presión	E1	Inapropiada presión para mover líquido	1 Boquilla trancada	8	6	5	240	Importante	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Revisión	Semana	Operario	
			2 Falta de lubricación	6	7	2	84	Tolerable	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Revisión	Semana	Operario	
Tanque de aceite	D1	Obstrucción	1 Filtro sucio	9	6	3	162	Importante	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Reemplazo Revisión y limpieza	Semestral	Operario	
			2 Lubricación a destiempo	8	6	5	240	Importante	N	N	N	S	S	N	N	N	S	N	S	N	S	Revisión y limpieza	Mensual	Operario	
			3 Lubricación inadecuado	9	6	3	162	Importante	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	S	Revisión y limpieza	Mensual	Operario
			4 Filtros deteriorados	8	6	5	240	Importante	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Revisión y limpieza	Mensual	Operario
D2	Fugas de aceite	1 Sello de tapón de drenaje roto	7	5	2	70	Tolerable	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Revisión	Semana	Operario		

Tabla 19
AMFE eléctrico y matriz de decisiones RCM para formadora de puntas

		AMEF ELÉCTRICO										DECISIONES RCM																
		MAQUINA: ARMADORA DE PUNTAS		REALIZADO: Bachilleres Katherinee García y Diana Quispe			FECHA: 20/10/2021					Evaluación de las consecuencias				H1			H2			H3			Tareas "a falta de"			Frecuencia Inicial
COMPONENTE	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO		EFECTO DE FALLA			G	O	D	NRP	Fallo oculto H	Consec Operac S	SSO E	No operac O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	Tareas propuestas							
		Cómo falla?	Qué ocasiona la falla?	Qué consecuencia?	Gravedad	Ocurre									Detecta	01	02					03						
Temporizador	A	No controla el tiempo con la presión ejercida	1	Sobrecarga	No calienta ni forma	6	2	7	84	Tolerable	N	N	N	S	N	N	S	S	N	S	Revisión rutinaria	Semanal	Operario					
			2							Variación de voltaje	4	2	3	24	Tolerable	N	N	N	S	N	N	S	N	N	Revisión rutinaria	Semanal	Operario	
			3							Antigüedad	5	4	6	120	Tolerable	S	N	N	S	N	N	S	S	N	N	Revisión rutinaria	Semanal	Operario
Resistencias	B	No calienta	1	Resistencias quemadas	Placas no realizan el planchado	4	2	7	56	Tolerable	N	N	N	S	N	N	S	S	N	N	Revisión rutinaria	Semanal	Operario					
			2							Cortocircuito	4	1	8	32	Tolerable	S	N	N	S	N	N	S	S	N	N	Revisión rutinaria	Semanal	Operario
Relés	C	No controlan tiempo de	1	Máquina no arma punta	No arma punta	4	3	5	60	Tolerable	S	N	N	S	N	N	S	S	N	N	Revisión rutinaria	Semanal	Operario					
Motor de enfriamiento	D	No enfría	1	Cortocircuito	No arma	6	3	6	108	Tolerable	S	N	N	S	N	N	N	S	N	S	Revisión rutinaria	Semanal	Operario					
			2							Sobrecarga	6	3	3	54	Tolerable	S	N	N	S	N	N	N	S	N	S	Revisión rutinaria	Semanal	Operario
			3							Falla operativa	6	3	6	108	Tolerable	S	N	N	S	N	N	N	N	S	N	S	Revisión rutinaria	Semanal
Cableado	E	Deterioro	1	Antigüedad	Riesgo de accidentes	6	3	2	36	Tolerable	S	N	N	S	N	N	N	S	N	N	Revisión rutinaria	Semanal	Operario					

De igual manera, con base en las matrices anteriores y las recomendaciones del fabricante de la máquina formadora de talón, se preparó el siguiente cronograma de mantenimiento preventivo.

Tabla 20
Cronograma de mantenimiento preventivo para la formadora de punta

Armadora de puntas	Diario	Semanal	Mensual	Semestral	Anual
Calibración de las pinzas laterales					
Cambio de filtro					
Limpieza de actuadores hidráulicos					
Limpieza de filtro					
Limpieza superficial					
Llenado del depósito de aceite					
Lubricación de piezas móviles					
Revisión de contactores					
Revisión de relés					
Revisión de resistencias					
Revisión de temporizadores					
Revisión del estado de las mangueras					
Revisión del estado de las válvulas					
Revisión del estado de los pistones					
Revisión del estado del depósito de aceite					
Verificación de los sellos de los cilindros					
Verificación del funcionamiento del fin de carrera					
Verificar el estado de las pinzas laterales					
Verificar sistema de alimentación eléctrico					
Verificar sistema electrónico					

Para la propuesta de mejora de esta causa raíz. El gerente estima una disponibilidad no menos de 98.5% al utilizar herramientas de ingeniería industrial para el plan de mantenimiento como: AMFE, RCM y árbol de decisiones.

Aplicando dicho plan de mantenimiento se podrá llegar a la disponibilidad objetiva aumentando así la disponibilidad actual de 97.41% a 98.5%, tomando como valor esta nueva disponibilidad, se puede decir que la falta de disponibilidad por problemas de mantenimiento sería de 1.5%. Esto quiere decir que la línea de producción estaría inoperativa durante 1,260 minutos o 21 horas.

En este tiempo, considerando el tiempo de ciclo de 7.8 minutos, se dejaron de producir 162 pares.

La utilidad por cada par de botines es S/51.14. Por ello, el nuevo perjuicio económico del mantenimiento deficiente sería de S/8,260

Cabe resaltar que el perjuicio actual es de S/14,273 y con la propuesta de mejora se reduce a S/8,260, generando un beneficio de S/6,012.

Propuesta de mejora para la causa Raíz 2: Deficiente planeamiento

Se propone planificar la producción de botines de vestir, talla 37, con pronóstico basados en la información de producción y ventas de los dos años previos, que consignamos a continuación.

Tabla 21
Producción y ventas 2019

2019	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Producido	775	610	600	765	1,400	1,310	1,100	925	600	600	610	2,120	11,415
Pedidos	709	641	626	837	1,366	1,401	1,154	891	672	587	655	1,038	10,577
Despachado	709	641	626	774	1,366	1,344	1,100	891	634	587	623	1,038	10,333
Saldo	66	35	9	-	34	-	-	34	-	13	-	1,082	1,273
Venta perdida	-	-	-	63	-	57	54	-	38	-	32	-	244

Tabla 22
Producción y ventas 2020

2020	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Producido	750	650	628	901	1,285	1,200	1,220	860	655	625	700	980	10,454
Pedidos	731	668	643	906	1,393	1,200	1,188	905	701	599	683	1,062	10,679
Despachado	731	668	629	901	1,285	1,200	1,188	892	655	599	683	1,023	10,454
Saldo	19	1	-	-	-	-	32	-	-	26	43	-	121
Venta perdida	-	-	14	5	108	-	-	13	46	-	-	39	225

Seguidamente se calcula el índice de estacionalidad, con los promedios mensuales de los años previos, dividido entre el promedio general.

Tabla 23
Cálculo del índice de estacionalidad

2019-2020 índice	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom
Pedidos 2019	709	641	626	837	1,366	1,401	1,154	891	672	587	655	1,038	881
Pedidos 2020	731	668	643	906	1,393	1,200	1,188	905	701	599	683	1,062	890
Prom 2019/2020	720	655	635	872	1,380	1,301	1,171	898	687	593	669	1,050	886
índice estac	0.81	0.74	0.72	0.98	1.56	1.47	1.32	1.01	0.78	0.67	0.76	1.19	

Luego se procede a calcular la línea de tendencia de los pedidos.

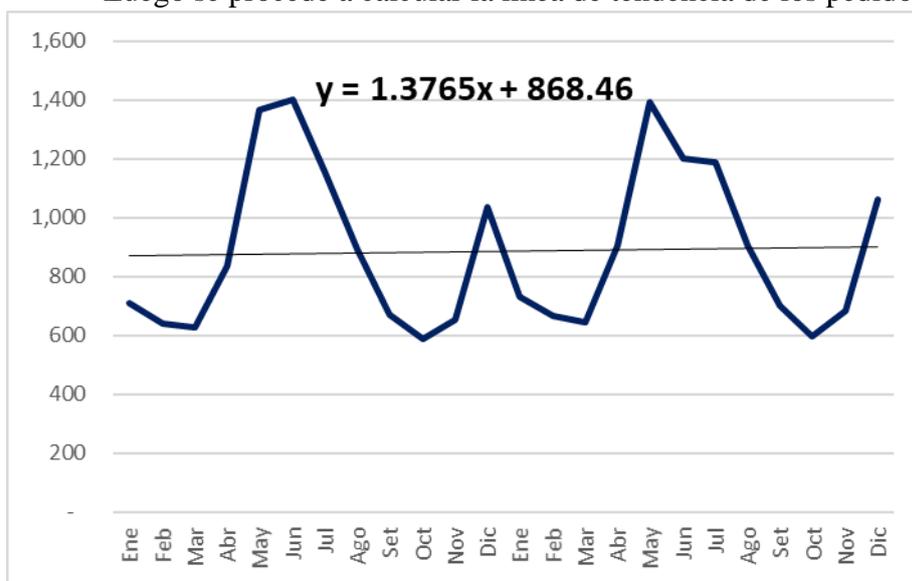


Figura 17. Línea de tendencia de pedidos 2019-2020

En la siguiente tabla, usando la ecuación de la línea de tendencia se proyectan los pedidos, que luego serán corregidos, multiplicándolos por el índice de estacionalidad, calculado líneas arriba, para determinar la demanda estacional.

En columna de la derecha, se calcula la desviación media absoluta, MAD, que representa el error promedio del pronóstico en valores absolutos y mide la dispersión de un valor observado, respecto al valor esperado.

También se medirá la señal de rastreo de este pronóstico, que indica la medida en que el promedio del pronóstico está siguiendo la tendencia de la demanda, considerándose como aceptable, un rango de ± 4 .

Tabla 24
Pronóstico estacional 2021

Período (x)	Mes	Pedidos (At)	Índice estacion	Proyección estacional (Ft)	Proyección lineal	[At - Ft]	Σ [At - Ft]	Σ [At - Ft]/X	(At - Ft)	Σ (At - Ft)	Σ (At - Ft)/MAD
						Error absoluto	Σ Error absoluto	MAD Error absoluto	Error normal	Σ Error normal	Señal de rastreo
1 Ene		709	0.81	707	870	2	2	2	2	2	1.0
2 Feb		641	0.74	644	871	3	5	2	3	3	1.2
3 Mar		626	0.72	625	873	1	6	2	1	1	0.5
4 Abr		837	0.98	860	874	23	29	7	23	23	3.2
5 May		1,366	1.56	1,363	875	3	31	6	3	3	0.4
6 Jun		1,401	1.47	1,287	877	114	145	24	114	114	4.7
7 Jul		1,154	1.32	1,161	878	7	152	22	7	7	0.3
8 Ago		891	1.01	892	879	1	152	19	1	1	0.0
9 Set		672	0.78	683	881	11	163	18	11	11	0.6
10 Oct		587	0.67	591	882	4	167	17	4	4	0.2
11 Nov		655	0.76	667	884	12	179	16	12	12	0.8
12 Dic		1,038	1.19	1,049	885	11	191	16	11	11	0.7
13 Ene		731	0.81	721	886	10	201	15	10	10	0.7
14 Feb		668	0.74	656	888	12	213	15	12	12	0.8
15 Mar		643	0.72	637	889	6	219	15	6	6	0.4
16 Abr		906	0.98	876	890	30	249	16	30	30	1.9
17 May		1,393	1.56	1,389	892	4	253	15	4	4	0.3
18 Jun		1,200	1.47	1,312	893	112	364	20	112	112	5.5
19 Jul		1,188	1.32	1,183	895	5	369	19	5	5	0.3
20 Ago		905	1.01	908	896	3	373	19	3	3	0.2
21 Set		701	0.78	696	897	5	378	18	5	5	0.3
22 Oct		599	0.67	602	899	3	381	17	3	3	0.2
23 Nov		683	0.76	680	900	3	384	17	3	3	0.2
24 Dic		1,062	1.19	1,069	901	7	391	16	7	7	0.4
25 Ene		700	0.81	734	903						
26 Feb		712	0.74	668	904						
27 Mar		645	0.72	649	906						
28 Abr		888	0.98	892	907						
29 May		1,425	1.56	1,415	908						
30 Jun		1,345	1.47	1,336	910						
31 Jul		1,200	1.32	1,205	911						
32 Ago		925	1.01	925	913						
33 Set		715	0.78	708	914						
34 Oct		610	0.67	613	915						
35 Nov		705	0.76	692	917						
36 Dic		1,100	1.19	1,088	918						

Se observa que la señal de rastreo se mantiene dentro de los límites aceptables, salvo en dos puntos, correspondientes a los meses de junio de ambos años previos y que se

interpreta como un desajuste, con seguridad, debida a las complicaciones de la demanda, causada por la pandemia de Covid-19.

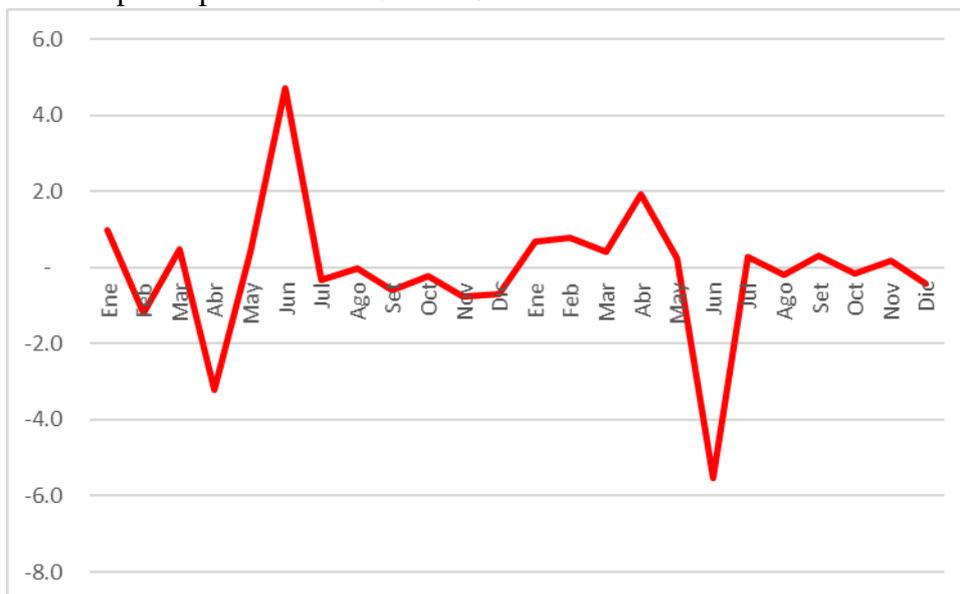


Figura 18. Señal de rastreo del pronóstico estacional

Ahora, se valida el beneficio de este pronóstico, reemplazándolo en la fila de datos de producción del año 2021, para evaluar el comportamiento de las ventas perdidas, por rotura de stock.

Tabla 25

Evaluación del pronóstico estacional año 2021

2021 Propuesta	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Producido	734	668	649	892	1,415	1,336	1,205	925	708	613	692	1,088	10,926
Pedidos	700	705	645	888	1,425	1,345	1,200	925	715	610	705	1,100	10,963
Despachado	700	702	645	888	1,423	1,336	1,200	925	713	610	695	1,088	10,926
Saldo	34	-	4	8	-	-	5	5	-	3	-	-	
Venta perdida	-	3	-	-	2	9	-	-	2	-	10	12	37

Se observa que, con este pronóstico, las ventas perdidas se reducen de 214 pares o S/ 10,944, que fue el perjuicio por trabajar con pronósticos empíricos, a 37, o S/1,888.

Esto indica que el % de pares no despachados fue reducido de 1.95% a 0.34%, trayendo consigo un beneficio de S/ 9,055.

Seguidamente se evalúa el uso del pronóstico por regresión lineal, que omite el uso de la estacionalidad.

Tabla 26
Pronóstico por regresión lineal 2021

Período (x)	Mes	Pedidos (At)	Índice estacion	Proyección estacional (Ft)	Proyección lineal	[At - Ft]	$\sum [At - Ft]$	$\sum [At - Ft]/X$	(At - Ft)	$\sum (At - Ft)$	$\sum (At - Ft)/MAD$
						Error absoluto	\sum Error absoluto	MAD Error absoluto	Error normal	\sum Error normal	Señal de rastreo
1 Ene		709			870	161	161	161	709	709	4.4
2 Feb		641			871	230	391	196	641	641	3.3
3 Mar		626			873	247	638	213	626	626	2.9
4 Abr		837			874	37	675	169	837	837	5.0
5 May		1,366			875	491	1,165	233	1,366	1,366	5.9
6 Jun		1,401			877	524	1,690	282	1,401	1,401	5.0
7 Jul		1,154			878	276	1,965	281	1,154	1,154	4.1
8 Ago		891			879	12	1,977	247	891	891	3.6
9 Set		672			881	209	2,186	243	672	672	2.8
10 Oct		587			882	295	2,481	248	587	587	2.4
11 Nov		655			884	229	2,710	246	655	655	2.7
12 Dic		1,038			885	153	2,863	239	1,038	1,038	4.4
13 Ene		731			886	155	3,018	232	731	731	3.1
14 Feb		668			888	220	3,238	231	668	668	2.9
15 Mar		643			889	246	3,484	232	643	643	2.8
16 Abr		906			890	16	3,499	219	906	906	4.1
17 May		1,393			892	501	4,001	235	1,393	1,393	5.9
18 Jun		1,200			893	307	4,307	239	1,200	1,200	5.0
19 Jul		1,188			895	293	4,601	242	1,188	1,188	4.9
20 Ago		905			896	9	4,610	230	905	905	3.9
21 Set		701			897	196	4,806	229	701	701	3.1
22 Oct		599			899	300	5,106	232	599	599	2.6
23 Nov		683			900	217	5,323	231	683	683	3.0
24 Dic		1,062			901	161	5,483	228	1,062	1,062	4.6
25 Ene		700			903						
26 Feb		712			904						
27 Mar		645			906						
28 Abr		888			907						
29 May		1,425			908						
30 Jun		1,345			910						
31 Jul		1,200			911						
32 Ago		925			913						
33 Set		715			914						
34 Oct		610			915						
35 Nov		705			917						
36 Dic		1,100			918						

Luego de ver ambos pronósticos, se determina que el pronóstico estacional, tiene mejor cercanía a la realidad, que queda demostrado por que tiene un MAD de 16, contra un MAD de 228 del pronóstico por proyección lineal.

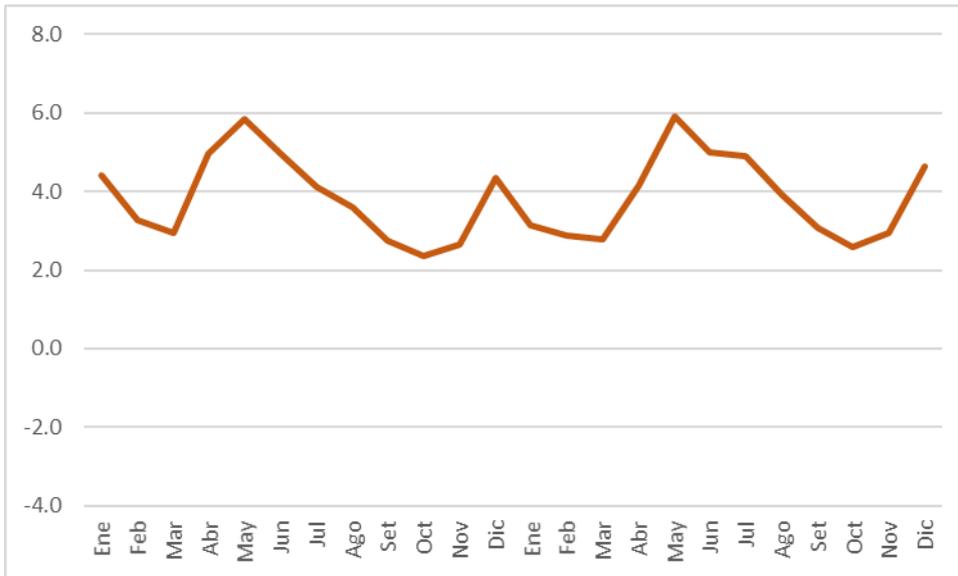


Figura 19. Señal de rastreo del pronóstico por regresión lineal

Además, la señal de rastreo de este último tiene más puntos fuera de los límites aceptables de ± 4 .

Propuesta de mejora para la causa Raíz 3: Falta de capacitación del proceso

Se aplicarán los pasos definidos por Chiavenato (2011), para formular un plan de capacitación, que resuelva la problemática de zapato defectuosos.

1. Inventario de necesidades:

Se requiere que los operarios reciban conocimientos, que potencien sus habilidades, que les permita tomar las mejores decisiones, para reducir los defectos usuales, encontrados en el producto terminado, como son:

- Cuero sucio: manchas por tintes mal aplicados.
- Arrugas: cuero mal estirado, durante el armado
- Calzados desnivelados: error en el ensamblado de piezas
- Calzado descentrado: error en el ensamblado de piezas
- Suela mal pegada: uso de pegamento insuficiente o mal distribuido.
- Taco mal clavado: Error en ensamblaje. Insuficiente pegamento.
- Forro sucio: Salpicaduras de tintes.
- Diseño del programa de capacitación

Se tomará el servicio de Citeccal Trujillo, organismo adjunto al Ministerio de la Producción.

La capacitación requerida, abarcará de manera específica:

Módulo 1: Materiales

- Adhesivos y disolventes
- Tipos de adhesivos: solventes, acuosos, termoplásticos, etc.
- Características y propiedades
- Formas de aplicación
- Tinturas, ceras, pigmentos y otros

Cremas, grasas, tintes
 Módulo 2: Operaciones de Proceso
 Tipos de calzado, partes y nomenclatura
 Diseño técnico del calzado.
 Anatomía y horma del pie humano.
 Ajuste y patronaje del calzado y complementos.
 Cálculo del pietaje de los modelos
 Técnicas y procedimientos de ensamblaje de distintos materiales
 Ensamblado de piezas de forma manual
 Ensamblado de piezas con máquinas de coser.
 Unión de piezas descosidas con hilo grueso de forma manual.

Módulo 3: Solución de problemas

Verificación de la calidad de las piezas ensambladas.
 Buenas prácticas
 Corrección de anomalías

2. Aplicación del programa de capacitación

El curso será virtual, con charlas en vivo, lunes, miércoles y viernes de 5 p.m. a 8:30 p.m., según el siguiente cronograma:

Tabla 27

Cronograma de capacitación para operarios de Calzados Paredes

		21 mar - 23 mar	24 mar - 27 mar	28 mar - 30 mar	31mar - 02 abr	03 abr - 05 abr
Modulo 1	Materiales: tipos, usos y manejo					
Módulo 2	Operaciones de proceso					
Módulo 3	Solución de problema					

3. Evaluación de los resultados:

En base a la experiencia del Gerente se prevé que, aplicando la capacitación en el proceso, va a permitir reducir los defectos de fabricación en 0.10%, que actualmente ascienden al 0.96%, de la producción.

Cabe resaltar que el perjuicio actual es 103 pares defectuosos equivalente a S/5,267 y con la propuesta de mejora se reduce a 11 pares equivalente a S/560, generando un beneficio de S/4,708.

Adicionalmente, se recomienda reemplazar a las máquinas formadoras de talón y taco, cuyo desempeño actual, son parte de la causa de los defectos y, además, son motivo de la pérdida de disponibilidad.

Propuesta de mejora para la causa Raíz 4: Deficiente rotación de stock

Se propone prorratear las compras de cuero en forma mensual respetando el volumen de compra anual actual con el objetivo de incrementar el índice de rotación.

De modo que estas sean de menor cuantía y los saldos a fin de mes, se reduzcan, mejorando la situación de caja de la fábrica.

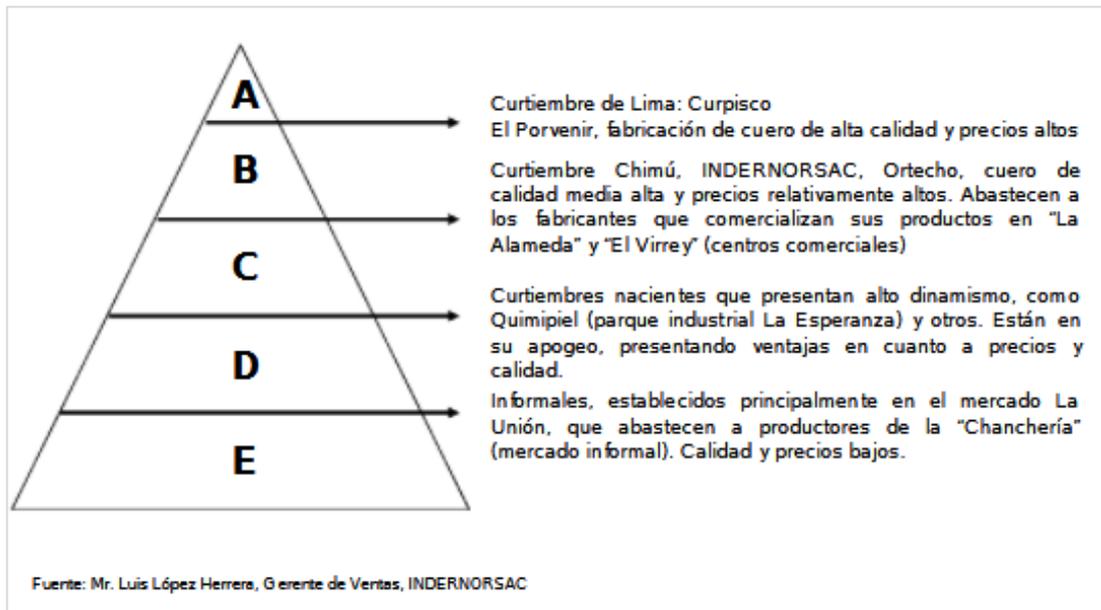


Figura 20. Estatus de curtiembres en el Perú

Fuente. Woodman (2008)

En la figura anterior, se puede ver que, en El Porvenir, están ubicados muchos e importantes curtiembres, que producen pieles de buena calidad.

Esto significa que no hay razón para hacer compras tan espaciadas, como se acostumbra actualmente, que es bimensualmente.

En la siguiente tabla, se simula un escenario de compras mensuales de cuero, que totaliza 2,400 unidades anuales, como fue realmente. Los saldos se monetizaron y se calculó una tasa de rendimiento efectivo anual, TREA, de 2.70%, ofrecido por el BBVA.

Tabla 28
Rotación de inventario propuesta de cuero

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
Saldo de cueros x 25 pies ²	200	253	120	190	211	128	61	20	35	93	171	232	
Ingreso de Cueros x 25 pie ²	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	2,400
<u>Consumo</u>													
Cuero consumido (pie ²)	3,670	3,341	3,244	4,462	7,074	6,679	6,023	4,626	3,542	3,064	3,462	5,442	54,630
Cueros x 25 pie ²	147	134	130	178	283	267	241	185	142	123	138	218	2,185
<u>Saldo</u>													
Saldo a fin de mes	253	120	190	211	128	61	20.21	35	93	171	232	215	144
<u>Monetización</u>													
Saldo monetizado	S/ 102,547	S/ 48,420	S/ 76,868	S/ 85,575	S/ 51,971	S/ 24,765	S/ 8,187	S/ 14,244	S/ 37,866	S/ 69,228	S/ 94,144	S/ 86,988	S/ 58,400
Tasa rendimiento efectiva anual	0.23%	0.23%	0.23%	0.23%	0.23%	0.23%	0.23%	0.23%	0.23%	0.23%	0.23%	0.23%	2.70%
Valor futuro mensual	231	109	173	193	117	56	18	32	85	156	212	196	
Valor presente mensual	230	108	172	191	116	55	18	31	83	152	207	191	
Valor presente inmovilizado	S/ 1,554												
Total de salidas	2,185												
Saldo promedio	144												
índice de rotación (I_R)	16.0												

Se observa que al realizar las compras mensuales se reducirá el saldo promedio mensual a fin de mes, de S/173,150 a S/58,400, con lo cual el índice de rotación se incrementará a 16.

De igual manera se considera el escenario donde los saldos monetizados mensuales estuviesen invertidos en el Banco BBVA, lo cuales son traídos a valor presente con una TREA de 2.7% anual. De esta manera se generaría un beneficio promedio anual de S/1,554, en vez de que el dinero este inmovilizado en el almacén de la fábrica de zapatos, donde no genera ningún beneficio, salvo el de dar tranquilidad, al momento de planificar la producción.

La rotación de inventario propuesta es 16, mientras que la rotación actual fue 6. La pérdida monetizada entre ambos escenarios es S/4,607, contra S/1,554, como se sabe estos montos en las tablas son beneficios que generaría el banco BBVA si los saldos monetizados estuvieran invertidos, pero lamentablemente estos bienes se encuentran almacenados en la fábrica de zapatos, lo cual dicho beneficio se convierte en una pérdida de costo de oportunidad. Con la propuesta de mejora se obtendrá un beneficio de S/3,052.

El cuero se almacena, formando pilas de un metro de altura y distanciados cada 50 cm entre cada apilado, cambiándoselas de posición mensualmente. La piel de la parte superior de la ruma se ubicará en la parte inferior y viceversa. De esta manera, se evita la proliferación de insectos o roedores en el local.

El almacén tendrá espacios libres para la ventilación, de buena aireación, seco y de baja temperatura. Un retorno al estado húmedo puede provocar un auto calentamiento de la piel que, sumado a la acción de las bacterias, propiciaría la aparición de microorganismos, que afectarían la calidad del cuero.

Todo este protocolo se complica y el riesgo de deterioro de los cueros aumenta, mientras mayor sea el inventario. Por ello, mantener saldo ajustados, es muy conveniente.

Evaluación Económica y Financiera

2.8.3. Inversión propuesta

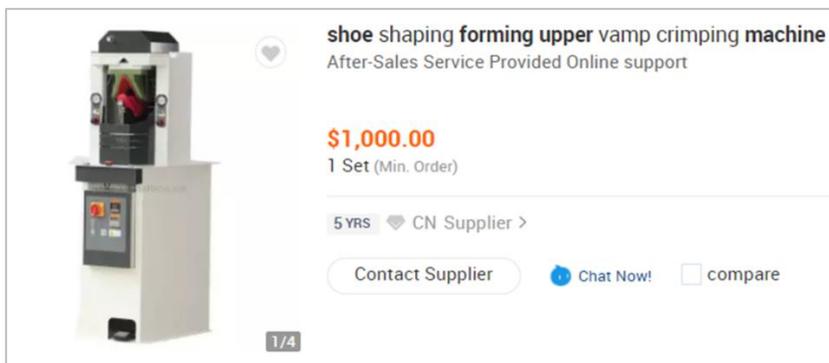


Figura 21. Formadora de puntas

Tabla 29
Cotización de máquina formadora de puntas

	Cantidad	Dolares	Total \$	Soles
Formadora de puntas	1	1,000	1,000	3,800
Flete	30.0%			1,140
Seguro	3.0%			114
Base imponible				5,054
Ad valorem	4.0%			202
Agente aduana	1.5%			76
IGV	18.0%			910
Total				6,242
Flete local				300
Total				S/ 6,542

Fuente.alibaba.com



Figura 22. Formadora de talones

Fuente. Alibaba.com

Tabla 30
Cotización de máquina formadora de talones

	Cantidad	Dolares	Total \$	Soles
Formadora de talón	1	530	530	2,014
Flete	30.0%			604
Seguro	3.0%			60
Base imponible				2,679
Ad valorem	4.0%			107
Agente aduana	1.5%			40
IGV	18.0%			482
Total				3,308
Flete local				300
Total				S/ 3,608

Fuente. Alibaba.com

Tabla 31
Flujo de caja proyectado

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Anual
<u>Inversión</u>													
Formadora de puntas	-		6,542										
Formadora de talón	-		3,608										
Total inversión	-		10,150										
<u>Ingresos</u>													
Lucro cesante del deficiente mantenimiento y disponibilidad	501	501	501	501	501	501	501	501	501	501	501	501	6,012
Lucro cesante de la rotura de stock de producto terminado	755	755	755	755	755	755	755	755	755	755	755	755	9,055
Lucro cesante de zapatos defectuosos	392	392	392	392	392	392	392	392	392	392	392	392	4,708
Incremento del índice de rotación del stock de cuero	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	3,052
Total ingresos	1,902	1,902	1,902	1,902	1,902	1,902	1,902	1,902	1,902	1,902	1,902	1,902	22,828
Total ingresos actualizados	1,879	1,856	1,833	1,810	1,788	1,766	1,744	1,722	1,701	1,680	1,659	1,639	21,076
<u>Egresos</u>													
Capacitación en gestión logística	-	1,000	-	1,000	-	1,000							-
Total egresos	-	1,000	-	1,000	-	1,000							3,000
Total egresos actualizados	-	988	-	975	-	963							2,927
Saldo antes de impuestos	902	902	902	1,902	1,902	1,902	1,902	1,902	1,902	1,902	1,902	1,902	25,828
Impuesto a la renta	235	235	235	495	495	495	495	495	495	495	495	495	7,748
Saldo después de impuestos	668	668	668	1,408	1,408	1,408	1,408	1,408	1,408	1,408	1,408	1,408	18,079
Flujo actualizado	-	10,150	659	651	643	1,339	1,323	1,307	1,290	1,275	1,259	1,243	1,213
TMAR			15.000% anual										
			1.250% mensual										
VAN			3,281										
TIR			65.730%										
B/C			1.61										
Tiempo de retorno (años)			0.5										
Tiempo de retorno (meses)			6										

Fuente. La tabla 6, muestra los beneficios y la inversión de la propuesta

Tabla 32
Estado de resultados

	Actual		Propuesta	
Ventas botines talla 37	S/	1,728,644	S/	1,728,644
Beneficio se la mayor disponibilidad			S/	6,012
Reducción botines defectuosos			S/	4,708
Beneficio de mayor rotación del inventario de cuero			S/	3,052
Reducción de ventas peridas por rotura de stock			S/	9,055
Costo botines talla 37	-S/	1,168,003	-S/	1,168,003
Utilidad bruta	S/	560,641	S/	583,469
Depreciación	S/	-	-S/	508
Utilidad operativa	S/	560,641	S/	582,961
Gastos financieros	S/	-	-S/	1,015
Utilidad antes de participación e impuestos	S/	560,641	S/	581,946
Impuesto a la renta	-S/	145,767	-S/	151,306
Utilidad neta	S/	414,874	S/	430,640
Reserva (10%)	S/	-	S/	-
Resultado del ejercicio	S/	414,874	S/	430,640
Rentabilidad sobre ventas		24.0%		24.9%
				3.80%

Fuente. Información de la empresa y Tabla 6

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Rentabilidad

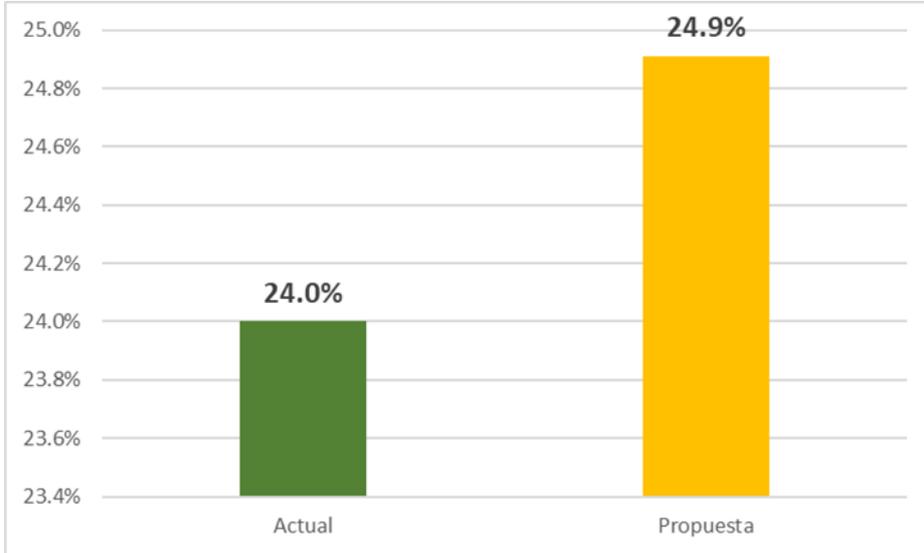


Figura 23. Rentabilidad

Fuente. Tabla 32

Con la propuesta, se incrementó la rentabilidad sobre las ventas, de 24.0% a 24.9%

Resultados del ejercicio

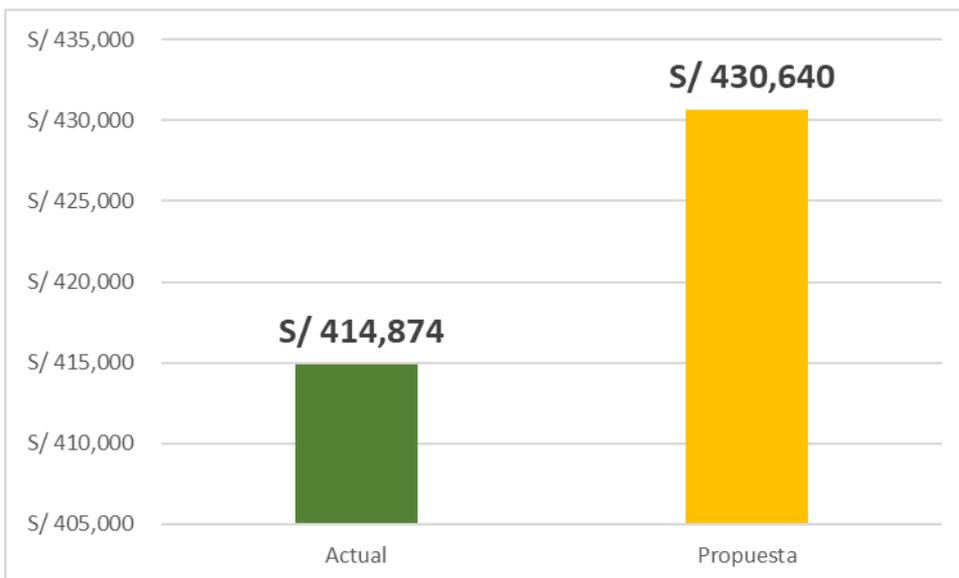


Figura 24. Resultados del ejercicio

Fuente. Tabla 32

El resultado del ejercicio, subió de S/ 414,874 a S/ 430,640.

Causa raíz 1: Deficiente plan de mantenimiento

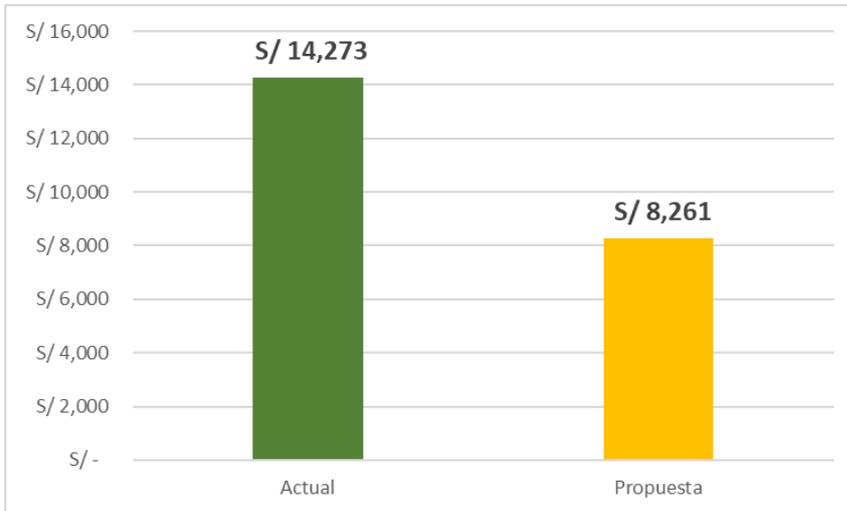


Figura 25. Pérdida de utilidad de ventas frustradas por falta de disponibilidad de máquinas

Con un plan de mantenimiento preventivo, se reducirá el incumplimiento de pedidos, de S/14,273 a S/8,261

Causa raíz 2: Deficiente planeamiento

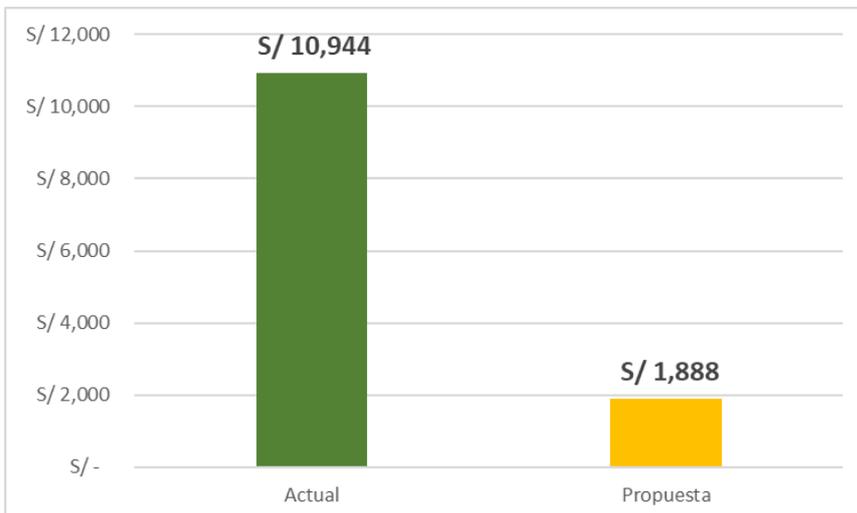


Figura 26. Utilidad perdida por rotura de stock

Con mejores pronósticos, se reducirá el incumplimiento de pedidos, de S/10,944 a S/1,888

Causa raíz 3: Falta capacitación de proceso

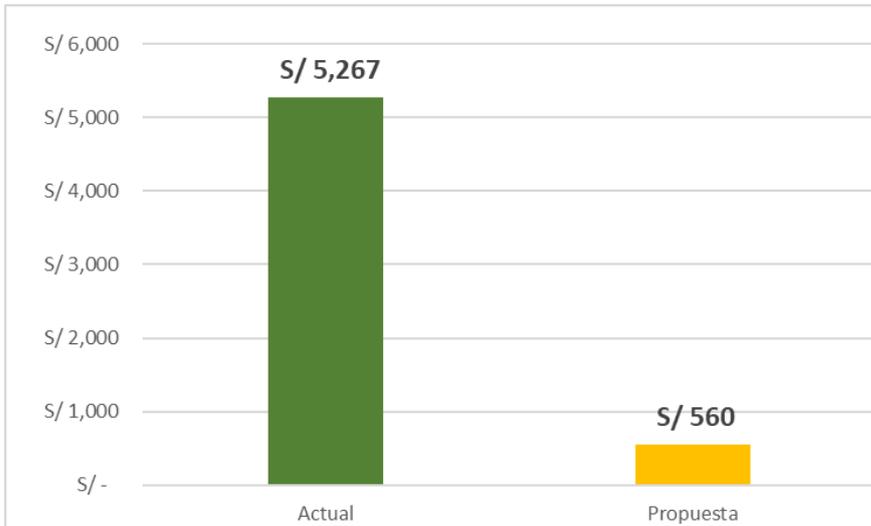


Figura 27. Reducción de pérdida de utilidad de zapatos defectuosos

Capacitando al personal, se reducirá el costo de reprocesos, de S/5,267 a S/560.

Causa raíz 4: Deficiente rotación de stock

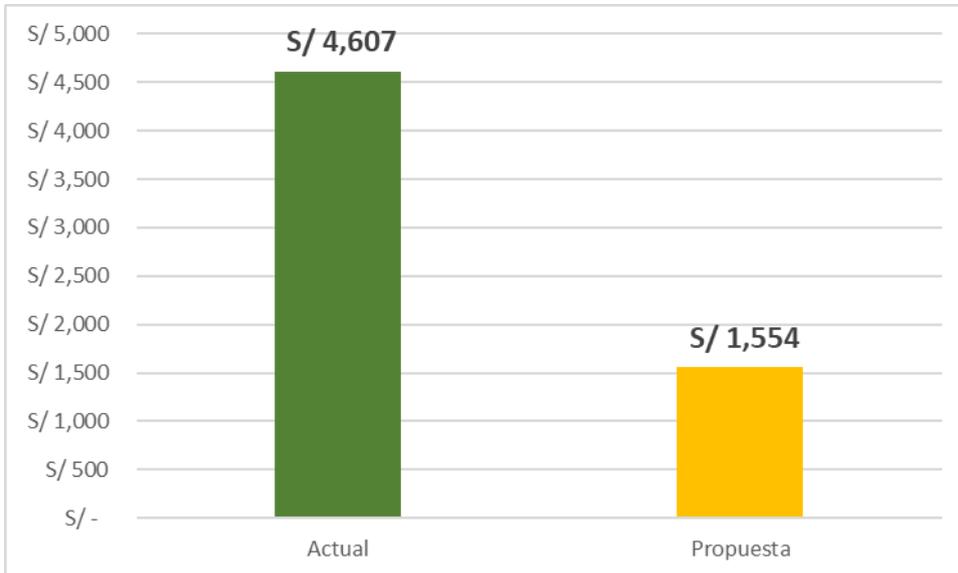


Figura 28. Reducción de pérdida de utilidad por zapatos defectuosos

Incrementando el índice de rotación de materiales, se reducirá el dinero entretenido, de S/4,607 a S/1,554

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

3.1. Discusión

Se guarda coincidencias con Gayón y Ospina (2019) cuando en su tesis, sostiene que, los problemas más frecuentes en la gestión logística, se derivan de la falta de capacitación y empirismo en las empresas que, en su caso específico, causó una pérdida de S/1,800. Continuó comentando que luego de brindarla, recuperó su mejor nivel e incluso creció en 30%. En este punto también descubrió que muchas de las pérdidas se ocasionan porque no tenían ningún formato de guía para capacitación. En la presente tesis, se propuso capacitar a las personas involucradas en el planeamiento, en temas relativos a pronósticos; mantenimiento preventivo; gestión logística, específicamente acerca de mejora del índice de rotación; etc., consiguiendo con esto, incrementar la rentabilidad de la fábrica de calzado, de 24.0% a 24.9% y el resultado del ejercicio, de S/560,641 a S/582,961.

En ambos casos se pudo apreciar que la mejora en los procesos, influyó de manera positiva en los resultados de la línea de producción y en su rentabilidad.

Se tiene coincidencias con Mejía (2017) cuando sostiene que, con el correcto uso de las herramientas de manufactura esbelta, se pueden lograr mejoras en la gestión de la empresa. Manifiesta que, con su propuesta, logró incrementar en 25% la disponibilidad de las máquinas, mientras que, en la presente tesis, se estima una mejora de 97.41% a 98.50%, que parecería pequeña, pero el nivel actual es alto, logrando reducir la rotura de stock, en más 100 pares de botines.

Dicho autor, sostiene que la tasa de calidad se incrementó en 4.3%, mientras que, en la presente tesis, se determinó una mejora de 99.6% a 99.9%.

Mejía (2017) no tocó el tema logístico, que, en este estudio, se reflejó en la propuesta de mejora en el índice de rotación del cuero, de 6 a 19, obteniendo con ello un beneficio financiero de S/3,052, además de colaborar a mejorar las condiciones de almacenamiento.

Considerando un valor venta unitario de S/157.68, el beneficio por estos conceptos, ascendería a cerca de setenta mil soles. Al igual que lo que asevera Sánchez (2020) esta cifra será significativamente mayor, dado que el producto que se estudió en la presente tesis, representa el 66% del total.

Gallardo (2017) explica que los costos del mantenimiento correctivo durante el periodo del estudio, fueron S/407,305 y hubo un total de 1,407 horas de paros no planificados. Se determinó que el nivel de criticidad de las maquinas en un nivel medio, solo con tres maquinarias en nivel de criticidad alto. Pero con el plan de mantenimiento se logró que el 50% de las maquinas tuvieran criticidad media y el otro 50% criticidad baja. También se produjo un ahorro de S/92,277.00.

Para reducir la criticidad, es necesario que sus componentes, gravedad, ocurrencia y defectibilidad, disminuyan, siendo este, el objetivo del plan de mantenimiento preventivo.

En el caso de Calzados Paredes, el beneficio de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, se traduce en pares de zapatos, cuya venta es posible atender. Esto fue 162 pares, con un beneficio de más de seis mil soles. La criticidad promedio es tolerable. Los problemas menores seguirán siendo atendidos correctivamente, mientras que los importantes, tendrán mantenimiento preventivo.

Sánchez (2020) sostiene que, con su propuesta, obtiene un ahorro significativo, al implementar un plan de mantenimiento preventivo y mejores pronósticos, con una inversión

inicial de S/22,000, obtuvo un VAN de S/146,760 y un TIR de 46%. Mientras que, en la presente tesis, con una inversión de S/10,150, y el uso de mejores pronósticos, incremento en la rotación de inventarios, se obtuvo un VAN de 10,150 y una TIR de 65.7%

4.2. Conclusiones

Se concluyó que la propuesta de mejora en la gestión de producción, mantenimiento y logística tuvo un incremento significativo en la rentabilidad de la fábrica de calzados, al obtener una ganancia total de S/22,828. La rentabilidad sobre las ventas se incrementó de 24.0% a 24.9% y la utilidad sobre ventas de S/ 414,874 a S/ 430,640.

El diagrama de Ishikawa se utilizó para identificar las causas raíz de la baja rentabilidad y fue importante para monetizar las pérdidas económicas.

Los resultados obtenidos con los métodos y herramientas de la ingeniería industrial para incrementar la rentabilidad evidencian la importancia de los mismos en su aplicación en las áreas de producción, mantenimiento y logística.

La propuesta de mejora en la gestión de producción, mantenimiento y logística en la fábrica de calzado es viable económica y financieramente al contar con un VAN de S/3,281. Además, la Tasa Interna de Retorno es 65.73% y el Beneficio/Costo de 1.61, que indica que, por cada sol invertido en la propuesta de mejora, se obtendrá una ganancia de S/0.61. El retorno de la inversión será en 6 meses.

REFERENCIAS

- Calderón, F. y Supelano, L. (2017). *Diseño del protocolo de pronóstico de demanda basado en modelos teóricos para el sistema de información en la empresa Comertex S.A.* (Tesis de Grado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. Recuperado de <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2012/146569.pdf>
- Carreño, A. (2011). *Cadena de Suministro y Logística*. Fondo Editorial de la PUCP. <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2019/08/59-Cadena-de-suministros-y-logisti-Adolfo-Joseph-Carreno-Solis.pdf>
- Chinabrands (2020). *Las 10 mejores fábricas de zapatos por mayor en China*. Recuperado de <https://es.chinabrands.com/dropshipping/article-los-10-mejores-fabricantes-de-zapatos-por-mayor-en-china-14845.html>
- D'Alessio, F. (2004). *Administración y dirección de la producción: enfoque estratégico y de calidad*. Lima: Pearson Educación México.
- Esparza, J. (2020). *Proyecto Empresarial II: Estacionalidades*. <http://web.uqroo.mx/archivos/jlesparza/acpsc138/Estacional.pdf>
- Gallardo, N. (2017). *Plan de mantenimiento preventivo para aumentar los indicadores operacionales y reducción de costos de mantenimiento de las máquinas de la municipalidad del distrito de Tambogrande – Piura* (Tesis de Grado). Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú. Recuperado de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/23063/gallardo_pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gayón, J. y Ospina, L. (2019). *Desarrollo de un sistema de gestión de inventarios para el control de materias primas y productos terminados dentro de la empresa calzado Fidenci y compañía LTDA* (Tesis de Grado). Universidad Libre, Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17848/DESARROLLO%20DE%20UN%20SISTEMA%20DE%20GESTI%C3%93N%20DE%20INVENTARIOS%20PARA%20EL%20CONTROL%20DE%20MATERIAS%20PRIMAS%20Y%20PRODUCTOS.pdf?sequence=3>
- García, L. (2016). *GESTION LOGISTICA INTEGRAL: las mejores prácticas en la cadena de abastecimiento*. Perú
- García, R. (2005). *Estudio del Trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. México: McGraw-Hill.
- Gerencie. (2020). *Rotación de inventarios*. Recuperado de <https://www.gerencie.com/rotacion-de-inventarios.html>
- ICEX (2019). *Calzado en Perú*. Recuperado de <https://www.icex.es/icex/wcm/idc/groups/public/documents/documento/mde5/ode5/~edisp/doc2019819676#:~:text=Per%C3%BA%20es%20el%20cuarto%20mayor,de%20China%20en%20el%20mercado>
- Lean Manufacturing10 (2019). *Previsión de la demanda: Importancia y métodos para realizarla*. Recuperado de <https://leanmanufacturing10.com/prevision-de-la-demanda-importancia-y-metodos-para-realizarla>

- Mejía, S. (2017). *Análisis y propuesta de mejora del proceso productivo de una línea de confecciones de ropa interior en una empresa textil mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta* (Tesis de Grado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Recuperado de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/4922>
- Morillo, M. (2005). Análisis de la Cadena de Valor Industrial y de la Cadena de Valor Agregado para las Pequeñas y Medianas Industrias. *Actualidad Contable FACES*, 8(10), 53-70.
- Pardo, W. (2017). *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad para reducir costos de mantenimiento para el tren de asfalto de Constructora Chamonte SAC* (Tesis de Grado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. Recuperado de <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9996?show=full>
- Peinado, J. y Reis, A. (2007). *Administração da Produção (Operações Industriais e de Serviços)* Centro universitario positivo. Curitiba- Brazil 2007.
- Pérez, A., Rodríguez, A. y Molina, M. (2002). Factores determinantes de la rentabilidad financiera de las pymes. *Spanish Journal of Finance and Accounting/Revista Española de Financiación y Contabilidad*, 31(112), 395-429.
- Revista del Calzado (2019). *Anuario del sector mundial del calzado: año 2018*. Recuperado de <http://revistadelcalzado.com/anuario-sector-mundial-calzado-2018/>
- Sánchez, T. (2020). *Mejora de la gestión de inventarios para reducir quiebres de stock en una empresa comercializadora de prendas de vestir y calzado* (Tesis Grado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Recuperado de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18618/S%c3%81NCHEZ_VERAMENDI_THALIA_MEJORA_GESTI%c3%93N_INVENTARIOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vargas, M., (2015). *La importancia de implementar el uso de pronósticos en las empresas*. Recuperado de <https://www.esan.edu.pe/conexion/actualidad/2015/05/11/importancia-implementar-el-uso-de-pronosticos-empresas/>

ANEXOS

Anexo 1. Costo de botines de vestir

COSTO DE PRODUCCIÓN DE CALZADO DE VESTIR-BOTA BOTIN									
1 UNIDAD=1 PAR									
COSTOS PRIMOS					COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN				
MATERIA PRIMA DIRECTA					MATERIA PRIMA INDIRECTA				
MATERIALES DE CORTE	U/MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL POR UNIDAD	MATERIALES APARADO	U/MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL POR UNIDAD
Cuero	Pies ²	5.000	S/. 10.00	S/. 50.00	Hilos	Conos	0.017	S/. 6.50	S/. 0.11
Badana	Pies ²	5.417	S/. 3.00	S/. 16.25	Pegamento	Galon	0.005	S/. 28.00	S/. 0.14
Lona Delgada	Metro	0.017	S/. 4.00	S/. 0.07	Cintillos (200mts)	Conos	0.017	S/. 9.00	S/. 0.15
MATERIALES ARMADO	U/MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL POR UNIDAD	Jebe Liquido	Galon	0.005	S/. 19.20	S/. 0.10
Falsas	Docena	0.083	S/. 22.00	S/. 1.83	MATERIALES ARMADO	U/MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL POR UNIDAD
Contrafuerte	Plancha	0.028	S/. 18.50	S/. 0.51	Jebe Liquido	Galon	0.016	S/. 19.20	S/. 0.30
Tacos y Tap	docena	0.083	S/. 28.00	S/. 2.33	Pegamento	Galon	0.016	S/. 44.00	S/. 0.70
Suela	kilogramo	0.208	S/. 25.00	S/. 5.21	Disolvente	Galon	0.012	S/. 20.00	S/. 0.23
MATERIALES ALISTADO	U/MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL POR UNIDAD	Cera Abrasiva	Unidad	0.008	S/. 14.00	S/. 0.12
Etiquetas	Millar	0.002	S/. 75.00	S/. 0.13	Tinte Filo	Litro	0.004	S/. 25.00	S/. 0.10
Latex	Metro	0.017	S/. 14.50	S/. 0.24	Tinte Suela	Litro	0.014	S/. 22.00	S/. 0.31
COSTO TOTAL MATERIA PRIMA DIRECTA					Cera Abrillantadora	Unidad	0.003	S/. 15.00	S/. 0.04
MANO DE OBRA DIRECTA					Deslizador de Horma	Litro	0.004	S/. 22.00	S/. 0.09
ACTIVIDAD	U/MEDIDA			COSTO TOTAL POR UNIDAD	MATERIALES ALISTADO	U/MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL POR UNIDAD
Corte	Destajo/Unidad			S/. 1.50	Tintes	Litro	0.004	S/. 30.00	S/. 0.13
Perfilado	Destajo/Unidad			S/. 5.83	Bencina	Litro	0.017	S/. 3.50	S/. 0.06
Centrado	Destajo/Unidad			S/. 3.25	Bolsas	Millar	0.002	S/. 35.00	S/. 0.06
Cardado	Destajo/Unidad			S/. 1.08	Cajas	Millar	0.001	S/. 1,700.00	S/. 1.42
Rematado	Destajo/Unidad			S/. 1.17	MATERIAL	U/MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL POR UNIDAD
Acabado de filo	Destajo/Unidad			S/. 1.17	Clavos	Kg	0.008	S/. 20.00	S/. 0.17
Empavonado	Destajo/Unidad			S/. 0.50	Chinches	Cajas	0.021	S/. 7.00	S/. 0.15
Alistado	Destajo/Unidad			S/. 1.50	Hormas	Docena	0.000	S/. 620.00	S/. 0.69
Habilitado	Destajo/Unidad			S/. 0.50	Seriado	Docena	0.083	S/. 20.00	S/. 1.67
COSTO TOTAL MANO DE OBRA DIRECTA					COSTO TOTAL MATERIA PRIMA INDIRECTA				
MANO DE OBRA DIRECTA					MANO DE OBRA INDIRECTA				
ACTIVIDAD	U/MEDIDA			COSTO TOTAL POR UNIDAD	ACTIVIDAD	U/MEDIDA	COSTO	COSTO POR DOCENA	COSTO TOTAL POR UNIDAD
Corte	Destajo/Unidad			S/. 1.50	Almacenero	Mes	S/. 1,000.00	S/. 13.16	S/. 1.10
Perfilado	Destajo/Unidad			S/. 5.83	Modelista	Mes	S/. 140.00	S/. 1.84	S/. 0.15
Centrado	Destajo/Unidad			S/. 3.25	Jefe Producción	Mes	S/. 800.00	S/. 10.53	S/. 0.88
Cardado	Destajo/Unidad			S/. 1.08	Maestro General	Mes	S/. 1,500.00	S/. 19.74	S/. 1.65
Rematado	Destajo/Unidad			S/. 1.17	COSTO TOTAL MANO DE OBRA INDIRECTA				
Acabado de filo	Destajo/Unidad			S/. 1.17	S/. 3.77				
Empavonado	Destajo/Unidad			S/. 0.50	OTROS COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN				
Alistado	Destajo/Unidad			S/. 1.50	ESPECIFICACIÓN	U/MEDIDA	COSTO	COSTO POR DOCENA	COSTO TOTAL POR UNIDAD
Habilitado	Destajo/Unidad			S/. 0.50	Luz	Mes	S/. 300.00	S/. 3.95	S/. 0.33
COSTO TOTAL MANO DE OBRA DIRECTA					Agua	Mes	S/. 60.00	S/. 0.79	S/. 0.07
MANO DE OBRA DIRECTA					Depreciación	Mes	S/. 80.00	S/. 1.05	S/. 0.09
MANO DE OBRA DIRECTA					Mant. Rep	Mes	S/. 150.00	S/. 1.97	S/. 0.16
MANO DE OBRA DIRECTA					COSTO TOTAL OTROS CIF				
MANO DE OBRA DIRECTA					S/. 0.65				

GASTOS DEL PERIODO				
DESCRIPCIÓN	U/MEDIDA	COSTO	COSTO POR DOCENA	COSTO TOTAL POR UNIDAD
Impuestos	Mes	S/. 600.00	S/. 7.89	S/. 0.66
Transporte	Mes	S/. 200.00	S/. 2.63	S/. 0.22
Otros gastos administrativos y ventas	Mes	S/. 1,332.04	S/. 17.52	S/. 1.46
TOTAL GASTOS DEL PERIODO				S/. 2.34

RESUMEN COSTO DE PRODUCCIÓN	
MD+MOD+CIF TOTAL	
MATERIA PRIMA DIRECTA	S/. 76.57
MANO DE OBRA DIRECTA	S/. 16.50
CIF TOTAL	S/. 11.14
TOTAL	S/. 104.20

CIF TOTAL	
MI+MOI+OTROS CIF	
MI	S/. 6.72
MOI	S/. 3.77
OTROS CIF	S/. 0.65
TOTAL	S/. 11.14

COSTO TOTAL DEL PRODUCTO	
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN + GASTOS DEL PERIODO	
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN	S/. 104.20
GASTOS DEL PERIODO	S/. 2.34
TOTAL	S/. 106.54

PRECIO DE VENTA	
COSTO TOTAL DEL PRODUCTO + % DE GANANCIA	
COSTO TOTAL DEL PRODUCTO	S/. 106.54
% GANANCIA: 48%	S/. 51.14
TOTAL SIN I.G.V.	S/. 157.68
I.G.V (18%)	S/. 28.38
TOTAL CON I.G.V.	S/. 186.06

Anexo 2. Encuesta valorada a trabajadores

	1	2	3	4	5	
Operario	¿Si su ambiente se encontrará limpio y ordenado , trabajaría mejor?	¿En el almacén hay insumos suficientes para atender el proceso?	¿Las máquinas están siempre operativas?	¿Conozco claramente el proceso de fabricación del calzado?	¿Conozco con anticipación el programa de producción para la semana?	Σ
Oliver	4	4	3	3	2	16
Ismael	3	4	4	4	2	17
Luis	4	4	4	4	3	19
Oscar	4	5	3	3	2	17
Marelyn	5	5	4	4	3	21
María	5	4	3	3	2	17
Varianza	0.472	0.222	0.250	0.250	0.222	2.806

Número items 5
 Σ de varianzas 1.417
 Varianza total 2.806

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum Vi}{Vt} \right]$$

Alfa Cronbach	0.619	Este cuestionario es fiable

Anexo 3. Entrevista a gerente

		SI	NO
1	Los procedimientos de producción, logística y mantenimiento, están definidos por escrito.		
2	Tiene definidos los objetivos de estos procesos y los recursos que implican?		
3	Tiene definido quiénes son sus principales clientes?		
4	Escucha regularmente la voz del cliente y la tiene en consideración?		
5	Formalmente prepara planes de mejora continua?		
6	Considera los protocolos Covid en el día a día?		

Anexo 4. Resumen de la monetización de la propuesta

CR1 Deficiente mantenimiento			
Tiempo de ciclo/par (minutos)		7.8	
Turnos asignados para fabricar botines talla 37		175	
Horas		1,400	
Minutos		84,000	
Disponibilidad promedio actual		97.41%	
Pares dejados de producir actualmente		279	
Utilidad/par	S/	51.14	
Perjuicio actual	S/	14,273.14	
Disponibilidad meta		98.50%	
Pares dejados de producir con propuesta		162	
Perjuicio con la propuesta	S/	8,260.98	
Beneficio de la propuesta	S/	6,012.16	
CR2 Deficiente planeamiento			
Total pares pedidos		10,963	
Venta perdida por rotura de stock actual		214	1.95%
Venta perdida por rotura de stock con pronóstico		37	0.34%
Δ Venta		177	
Utilidad/par	S/	51.14	
Perjuicio actual	S/	10,944	
Perjuicio con la mejora	S/	1,888	
Beneficio de la propuesta	S/	9,055	
CR3 Falta capacitación en proceso			
Pares rechazados por el cliente actual		103	
Utilidad/par	S/	51.14	
Perjuicio actual	S/	5,267	
Pares rechazados por el cliente propuesta		11	
Perjuicio con propuesta	S/	560	
CR4 Deficiente rotación de stock		Actual	Con propuesta
Indice de rotación		6.0	16.0
Dinero inmovilizado	S/	4,607	S/ 1,554
Beneficio			S/ 3,052