

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO
TOTAL EN LEONCITO S. A. PARA MEJORAR INDICADORES DE
GESTIÓN**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

REYNALDO ABEL GRENTZ ADRIAZOLA

ASESOR

ALEJANDRO SEGUNDO VERA LÁZARO

<https://orcid.org/0000-0003-0198-338X>

Chiclayo, 2021

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PRODUCTIVO TOTAL EN LEONCITO S. A. PARA MEJORAR
INDICADORES DE GESTIÓN**

PRESENTADA POR:
REYNALDO ABEL GRENTZ ADRIAZOLA

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

Maximiliano Rodolfo Arroyo Ulloa
PRESIDENTE

Vidarte Llaja Annie Mariella
SECRETARIO

Alejandro Segundo Vera Lázaro
VOCAL

Dedicatoria

A mis padres y hermanas, quienes han sido mi apoyo incondicional en todo el proceso de la presente investigación

Agradecimiento

A Dios, por darme la vida. A mis padres y hermanas, quienes no han dejado de impulsarme y motivarme a continuar con mis metas. A mi asesor, Ing. Alejandro Vera, quien me ha acompañado y orientado durante este proceso académico. Al jefe de producción de la empresa Leoncito S.A.C. Ing. Martín Aldana Juárez, por brindarme la oportunidad de recolectar la información en la empresa y pueda llevar a cabo la presente investigación.

Índice

Resumen	8
Abstract	9
Introducción.....	10
Revisión de literatura.....	11
Materiales y métodos	14
Resultados y discusión	14
Conclusiones	31
Recomendaciones	32
Referencias.....	33
Anexos	36

Lista de Tablas

Tabla 1. Programa de actividades de mantenimiento de la Seccionadora.	24
Tabla 2. Programa de actividades de mantenimiento de la Enchapadora 1	25
Tabla 3 Programa de actividades de mantenimiento de la Enchapadora 2	26
Tabla 4. Programa de actividades de mantenimiento de la Compresora 2	26
Tabla 5. Etapas para alcanzar el Mantenimiento Autónomo	27
Tabla 6. Flujo de Caja	30

Lista de Figuras

Figura 1. Radar de Auditoría de Gestión de Mantenimiento	16
Figura 2. Resultados del cálculo del OEE.....	18
Figura 3. Resultados del cálculo del tiempo medio entre fallas.....	18
Figura 4. Resultados del cálculo del tiempo medio entre reparaciones.....	19
Figura 5. Cronograma de actividades del plan de formación y entrenamiento.....	23
Figura 6. Tiempo medio entre fallas de las máquinas críticas.....	28
Figura 7. Tiempo medio entre fallas de las máquinas críticas	28
Figura 8. Confiabilidad de las máquinas críticas.....	29
Figura 9. Productividad de las máquinas críticas para 2020.....	29

Lista de Anexos

Anexo 1. Criterios de evaluación para el AMEF.....	36
Anexo 2. Diagrama de flujo del proceso.....	37
Anexo 3. Tiempos estándares para la fabricación de ropero “Kendall”	38
Anexo 4. Hoja de Instrucción de Trabajo Estandarizado.....	38
Anexo 5. Organigrama actual.....	39
Anexo 6. Formato de Orden de trabajo para Mantenimiento Preventivo o Correctivo.....	40
Anexo 7. Formato de Solicitud de Servicio de Mantenimiento.....	41

Anexo 8. Diagrama de Flujo del proceso de Mantenimiento Correctivo.....	42
Anexo 9. Diagrama de Flujo del proceso de Mantenimiento Preventivo.	43
Anexo 10. Cuestionarios para la auditoría de gestión de mantenimiento	44
Anexo 11. Criterios de evaluación de frecuencia de Fallos	48
Anexo 12. Criterios para la evaluación del nivel de impacto o consecuencia	48
Anexo 13. Matriz de clasificación de nivel de Criticidad.	48
Anexo 14. Resultados del análisis de criticidad de las máquinas del área de producción	48
Anexo 15. Cálculo del Overall Equipment Effectiveness (OEE).	49
Anexo 16. Cálculo de la Productividad alcanzada.	54
Anexo 17. Árbol de fallas de máquina Seccionadora.	55
Anexo 18. Árbol de fallas de máquina Enchapadora 1.	57
Anexo 19. Árbol de fallas de Enchapadora 2.	58
Anexo 20. Árbol de fallas de Compresora.	60
Anexo 21. Análisis de Modo y Efecto de Falla de las máquinas críticas.	61
Anexo 22. Evaluación de Conocimientos y capacidades a operarios de Leoncito S. A.	65
Anexo 23. Selección de los pilares del TPM.	66
Anexo 24. Plan de implementación del TPM	67
Anexo 25. Planificación de actividades para la ejecución del proyecto.	67
Anexo 26. Contenido temático para el programa de formación y entrenamiento.....	68
Anexo 27. AMEF mejorado.	70
Anexo 28. Organigrama Propuesto.	73
Anexo 29. Cronograma de Mantenimiento planificado	74
Anexo 30. Clasificación de las 6 grandes pérdidas en la fabricación de muebles	77
Anexo 31. Procedimientos ante una detección de falla.....	78
Anexo 32. Procedimientos para el desarrollo de mantenimiento autónomo en Seccionadora	79
Anexo 33. Procedimientos para el desarrollo de mantenimiento autónomo en Enchapadora 1	80

Anexo 34. Procedimientos para el desarrollo de mantenimiento autónomo en Enchapadora 2	81
Anexo 35. OEE futuros con implementación de propuesta.	82
Anexo 36. Herramientas básicas para Mantenimiento Autónomo.....	84
Anexo 37. Herramientas básicas para Mantenimiento Autónomo.....	84
Anexo 38. Costos de Inversión	84
Anexo 39. Costo de contratación de técnico electricista.....	84
Anexo 40. Depreciación de activos tangibles	85

Resumen

La presente investigación, tuvo como objetivo general proponer un plan de Mantenimiento Productivo Total en la empresa Leoncito S. A. para mejorar indicadores de gestión. Por lo que, se plantearon tres objetivos específicos; donde el primero fue diagnosticar la situación actual de la empresa dado que se identificó los procedimientos actuales del mantenimiento, asimismo, se definieron los indicadores actuales y se identificó el estado inicial de las máquinas críticas y sus modos de falla. El segundo fue proponer un plan de Mantenimiento Productivo Total en la empresa Leoncito S.A. para mejorar los indicadores de gestión. Dicho plan está conformado por 4 etapas: preparación; introducción; implementación, donde se desarrollaron pilares de formación y entrenamiento, mantenimiento autónomo y planificado; y consolidación. Asimismo, se calcularon los indicadores futuros al aplicar la propuesta. Finalmente, el tercer objetivo fue realizar un análisis costo-beneficio, mediante la realización del flujo de caja, en el cual se consideraron como ingreso a las unidades adicionales obtenidas al implementar la propuesta, y como egresos, a costos de inversión. Entre los resultados se obtuvo que la ejecución de la propuesta permitió mejorar indicadores de gestión, en las máquinas críticas como la seccionadora, que obtuvo un incremento del OEE y productividad en 22,5% y 16,51% respectivamente; La enchapadora 1 obtuvo un incremento del OEE y productividad en 17,2%, y 16,11% respectivamente; La enchapadora 2 obtuvo un incremento del OEE y productividad en 15,1% y 21,16% respectivamente; y la compresora 2 obtuvo un incremento del OEE y productividad del 6,6% y 8,01% respectivamente.

Palabras claves: Mantenimiento Productivo Total, OEE, Análisis de modo y efecto de falla, Formación y entrenamiento, Mantenimiento autónomo, Mantenimiento planificado.

Abstract

The present research had as a general objective to propose a Total Productive Maintenance plan in the company Leoncito S. A. to improve management indicators. Therefore, three specific objectives were raised; where the first was to diagnose the current situation of the company since the current maintenance procedures were identified, likewise, the current indicators were defined and the initial state of the critical machines and their failure modes were identified. The second was to propose a Total Productive Maintenance plan in the company Leoncito S.A. to improve management indicators. This plan is made up of four stages: preparation; introduction; implementation, where pillars of education and training, autonomous and planned maintenance were developed; and consolidation. Likewise, future indicators were calculated when applying the proposal. Finally, the third objective was to carry out a cost-benefit analysis, by carrying out the cash flow, in which the additional units obtained by implementing the proposal will be considered as income, and as expenses, investment costs. Among the results, it was obtained that the execution of the proposal improved the management indicators in critical machines such as the sectioning machine, which obtained an increase in OEE and productivity by 22.5% and 16.51% respectively; The plating machine 1 obtained an increase in OEE and productivity in 17.2%, and 16.11% respectively; Plating machine 2 obtained an increase in OEE and productivity in 15.1% and 21.16% respectively; and compressor 2 obtained an increase in OEE and productivity of 6.6% and 8.01% respectively.

Keywords: Total Productive Maintenance, OEE, Failure Mode and Effect Analysis, Education and Training, Autonomous Maintenance, Planned Maintenance.

Introducción

El mantenimiento se ha convertido en una herramienta indispensable en las empresas u organizaciones para incrementar la producción y garantizar la calidad de sus procesos. En la 23ª Conferencia internacional sobre tecnologías emergentes y automatización de fábricas (ETFAs) [1], sostuvieron que el mantenimiento industrial se ha convertido en un factor estratégico el cual favorece a las mismas, garantizando la productividad y un mejor rendimiento de todos sus sistemas de producción.

Por otro lado, el mantenimiento ha ido evolucionando en búsqueda de una mejora continua, surgiendo así el Mantenimiento Productivo Total (TPM). Esta herramienta de *Lean Manufacturing* ayuda a mejorar los indicadores de gestión como la productividad, los costos de producción a través de la reducción de las pérdidas económicas y la gestión de los tiempos por medio del incremento del tiempo medio entre fallas (MTBF), la disminución del tiempo de reparaciones (MTTR) y el aumento de la disponibilidad y uso eficiente de las máquinas en búsqueda de su óptima efectividad [2]. Sin embargo, las empresas que no ponen en práctica el TPM, son vulnerables a sufrir pérdidas en su sistema productivo tales como: baja eficiencia y disponibilidad de máquinas a causa de los diferentes modos de falla, tiempos muertos ocasionados por los paros de producción, gastos de reparación que generan pérdidas económicas, deterioro prematuro de las máquinas, reproceso de productos por baja calidad, entre otros [3].

En el año 2018, las empresas manufactureras del Perú pertenecientes al sector maderero tuvieron una importante participación en el mercado. De modo que, Según indica el ministerio de la producción [4], en dicho año representaron el 7,5% del subsector manufacturero no primario, de los cuales, el 6% le pertenece a la industria de fabricación de muebles. En definitiva, el TPM podría favorecer a las empresas pertenecientes a la industria de fabricación de muebles en el Perú, que en el año 2019 tuvo una disminución de la producción en 0,2% tal como lo indica la Oficina de Estudios Económicos [5].

Según [6], el 3,3% de las empresas dedicadas a la fabricación de muebles pertenecen al departamento de Lambayeque. Una de ellas es Leoncito Sociedad Anónima, cuya planta de producción de muebles de melamina se encuentra ubicada en el distrito La Victoria-Chiclayo. Cuenta con 10 máquinas: dos escuadradoras, una seccionadora, dos enchapadoras, una enchapadora para canto curvo, una postformadora y tres compresoras industriales. Hasta el periodo de 2019, la empresa realizó un mantenimiento preventivo y correctivo. Sin embargo, se siguen originando desperdicios tales como averías de máquinas en 68%, pérdidas por funcionamiento a velocidad reducida en 11,6%, paradas por motivos internos en 9,9%, paradas por motivos externos en 9,3% y pérdidas por defectos de calidad en 1,12% del total de paradas no programadas en el 2019.

Con respecto a las averías, el 42,7% fue originado por errores de configuración y calibración, el 38,5% por fallas mecánicas y el 18,8% por fallas eléctricas. Con respecto a las pérdidas por funcionamiento a velocidad reducida, el 87,8% hace referencia a paros por limpieza y el 12,2% a cambios de repuestos como filtros. Para el tercer tipo de pérdida, paradas por motivos internos, el 72,6% fue ocasionado por cortes de energía eléctrica y el 27,4% por falta de materia prima. Para el cuarto tipo de pérdida, paradas por motivos externos, el 51,4% fue originado por la reubicación de la maquinaria y el 48,6% por inventario. Y, por último, las pérdidas por defectos de calidad, hace referencia al tiempo de reproceso de piezas defectuosas.

En este sentido, dichas pérdidas han generado el incumplimiento de la producción planificada, pues solo se ejecutó el 90,51% de la misma, ocasionando pérdidas económicas del 18,44% del total de sus utilidades por la venta de muebles en el mismo periodo, las cuales

fueron consecuencia de los costos por reparación de sus máquinas averiadas e ingresos no percibidos al no cumplir con la producción proyectada

De manera que, la presente investigación tiene como finalidad dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿En qué medida un plan de Mantenimiento Productivo Total impactará en los indicadores de gestión de la empresa Leoncito S. A.?

Es por ello, que se planteó como objetivo general proponer un plan de Mantenimiento Productivo Total en la empresa Leoncito S. A. para mejorar indicadores de gestión. Por consiguiente, tiene por objetivos específicos: diagnosticar la situación actual de la empresa Leoncito S. A., proponer un plan de Mantenimiento Productivo Total en la empresa Leoncito S.A. para mejorar los indicadores de gestión, y por último evaluar la propuesta de un plan de Mantenimiento productivo Total mediante un análisis costo-beneficio.

Revisión de literatura

Budi y Suhandini [7], en su artículo científico titulado "Analisis Total Productive Maintenance pada mesin-mesin unit work working 2 dan 5 (Studi Kasus di Divisi Produksi 2 PT KTI)", realizaron una investigación en la empresa PT KTI Probolinggo, dedicada a la fabricación de muebles de madera y tableros de material aglomerado, en donde identificaron problemas presentes en el área producción, tales como tiempos muertos generados por las constantes fallas de la máquina WW2 y WW5, en donde la primera presentó una disponibilidad de 88%, un MTBF de 9,64 horas y un MTTR de 1,32 horas; y la segunda máquina presentó disponibilidad de 95%, un MTBF de 34,15 horas y un MTTR de 1,86 horas. Ante ello, implementaron el Mantenimiento Productivo total para elevar el rendimiento de dichas máquinas y, además, analizaron los modos de fallas que presentaban ambas máquinas en dicho periodo. Se obtuvo como resultados que en la máquina WW2 incrementó su disponibilidad en 10%, el MTBF en 96% y el MTTF aumentó en 4,31 horas. Mientras que la máquina WW5 se logró incrementar la disponibilidad en 4% y el MTBF en 93,7%.

Firman, Puspita y Arvianto [8], en su artículo científico titulado "Analisis penyebab cacat produk furniture dengan menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA) (studi kasus pada PT. Ebako Nusantara)", realizaron una investigación en la empresa PT. Ebako Nusantara, dedicada a la fabricación de muebles. En donde identificaron que el 34,86% de las piezas producidas eran defectuosas, para lo cual emplearon la herramienta de Árbol de Fallas para determinar las causas potenciales de las fallas y el AMEF para evaluar las fallas y formulas medidas correctivas. Ante ello, se identificó 2 modos de fallas con un RPN de 150 y 120, esto debido a errores humanos, discos de corte desgastados, falta de limpieza y error de configuración.

Reyes et. al. [9], en su investigación titulada "Total Productive Maintenance for the Sewing Process in Footwear", identificaron que el 54,6% de los paros de producción se debieron a errores humanos, el 30% a averías mecánicas, el 8,9% a averías eléctricas y neumáticas y el 6% a otros. Frente a ello, implementaron el Mantenimiento Productivo Total (TPM) mediante los pilares de mantenimiento autónomo y Formación y entrenamiento, en base al plan que consta de cuatro fases: preparación, introducción, implementación y consolidación. Como resultados se pudo determinar las fallas y los tiempos muertos en base a un análisis de criticidad de sus máquinas. Esto permitió que incrementara la producción en 5%, reducir los errores humanos en 20% e incluso, reducir en un 72,2% las fallas en las máquinas.

Hardi, Wijaayanto y Aristiara [10], en su investigación titulada "Analysis of Overall Equipment Effectiveness (OEE) with Total Productive Maintenance Method on Jig Cutting: A Case Study in Manufacturing Industry", identificaron una baja eficacia de las máquinas en el área de corte de una empresa manufacturera, obteniendo una disponibilidad de 92,9%, un

rendimiento de 93,83% y una tasa de calidad de 95,76%. Para lo cual implementaron el Mantenimiento Productivo Total, mediante el pilar de Mantenimiento planificado y evaluaron las 6 grandes pérdidas en la empresa. Logrando incrementar la disponibilidad en 3,14%, el rendimiento en 0,5%, la calidad en 0,35% y el OEE en 6,16%.

Morales y Silva [11], en su investigación titulada “Total productive maintenance (TPM) as a tool for improving productivity: a case study of application in the bottleneck of an auto-parts machining line”, detectaron paros de producción ocasionados por los cuellos de botella que generaban un MBF de 42,1 horas, un MTTR de 4,3 horas, una disponibilidad de 82%, una eficiencia de 84%, una tasa de calidad de 94% y un OEE de 64,7%. Ante ello, implementaron el Mantenimiento Productivo total para eliminar las pérdidas ocasionadas por averías en las máquinas. Para lo cual, midieron la productividad de sus máquinas mediante el indicador Overall Equipment Effectiveness (OEE) y aplicaron la metodología 5S como requisito previo a la implementar los pilares del TPM. Se obtuvo como resultados la reducción del MTBF en 51,9%, incremento en el tiempo medio de reparaciones (MTTR) en 30,2%. Así mismo, se logró aumentar la disponibilidad en 8%; aumentar la eficiencia en 2,3% y aumentar la tasa de calidad 4%, es decir, el OEE varió en 14,7%.

Según Peng [12, p. 46], el TPM es un concepto dirigido a la gestión y mantenimiento de los equipos, cuya filosofía principal se basa en la integración del factor humano en los procesos de mantenimiento y asimismo, la eliminación de las averías y productos defectuosos. Por otro lado, Cuatrecasas [13, p. 17], define al TPM como una herramienta de manufactura esbelta que tiene como objetivo principal asegurar la efectividad global de las máquinas y equipos presentes un sistema productivo, con la finalidad de eliminar las averías mediante una adecuada gestión del funcionamiento y rendimiento del mismo lo cual asegura tener una mayor producción y aumentar la fabricación de productos sin defectos. Mientras tanto, Zuzuki [14, p. 7], sostiene que el TPM es una herramienta fundamental para lograr operaciones justo a tiempo, lo cual exige el involucramiento de todas las áreas de la empresa y un cambio de actitud y mentalidad orientada a eliminación de las pérdidas.

Dichas pérdidas son factores que imposibilitan el desarrollo óptimo de los procesos productivos. En consecuencia, Cuatrecasas [13, p. 53] los clasifica en: Tiempos muertos, que comprenden las averías y los tiempos de preparación; Reducción de velocidad, que comprende las paradas cortas y disminución de la velocidad; y Productos defectuosos, que incluyen los defectos generados en la puesta en marcha y tiempos de reprocesamientos. Denominando a estos tiempos las seis grandes pérdidas.

Por otro lado, Sacristán [3] sostiene que alguno de los beneficios que trae consigo la implementación del TPM en las empresas son la calidad total de los productos, el aprovechamiento de la capacidad de las máquinas, asimismo incrementar su disponibilidad y confiabilidad al evitar las averías a través de la detección de las fallas potenciales en el momento oportuno.

Una de las herramientas que permiten la identificación de modos de fallas potenciales es el Árbol de Fallas (FTA, *Fault Tree Analysis*), que según Cuatrecasas [13, p. 292], es una técnica utilizada para la identificación y análisis de averías potenciales de un equipo y sus causas, permitiendo priorizar las actividades de mantenimiento a ejecutar. Dicha relación entre averías y sus posibles causas se realiza mediante conectores lógicos, los cuales pueden ser: Puerta “Y” en donde todas las causas se deben presentar para dar lugar a una avería, y la puerta “O” en donde solo se requiere una sola causa para dar lugar a una avería.

Después de haber identificado las averías y sus posibles causas, una herramienta que permita evaluarlos y así poder plantear medidas correctivas es el Análisis del Modo y Efecto de Falla (AMEF), que según Agustiad y Cudney [15, p. 119], es una herramienta de mejora continua que permite mitigar o eliminar las fallas en los equipos, mejorando la fiabilidad y el

mantenimiento óptimo de los equipos a través del análisis de los modos de falla, sus causas y posibles riesgos.

A partir de las fallas potenciales y los modos de falla, se calcula el Número de Prioridad de Riesgo (RPN), que según Mora [16, p. 343], clasifica cuantitativamente los modos de falla, de modo que, se priorizan las actividades a ejecutar en cada equipo en base a su nivel de criticidad. Dicha clasificación se efectúa con respecto a la severidad, ocurrencia y detección de la falla.

- Severidad. Para la valoración de la severidad, se evalúa la criticidad de cada modo de falla, teniendo en cuenta su impacto operacional, ambiental y seguridad que generan los distintos modos de falla, tal como se muestra en el Anexo 1.
- Ocurrencia. Hace referencia a la frecuencia en la que se presenta la falla potencial o modo de falla. Para su evaluación se considera una serie de criterios, los cuales se detallan en el Anexo 1.
- Detección. Hace referencia a la probabilidad de detectar el modo de falla potenciales. Para ello, se debe considerar una serie de criterios, los cuales se detallan en el Anexo 1.

Por otra parte, uno de los métodos para medir la efectividad del uso de las máquinas es el OEE, que de acuerdo a Cuatrecasas [13, p. 95] es un indicador que mide la eficacia global en un sistema productivo. Para su cálculo, según Collantes [17, p. 21], se debe contar con el tiempo de funcionamiento, el cual es el tiempo disponible menos el tiempo de paradas planificadas, con ello se emplean las siguientes fórmulas:

$$\text{Tiempo de Operación (TOP)} = TF - TPA$$

Donde:

- TF = Tiempo de funcionamiento
- TPA = Tiempo de preparación

Luego se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo de Operación Neta (TON)} = TOP - TPNP$$

Donde:

- TOP = Tiempo de operación
- $TPNP$ = Tiempo de parada no planificada

Paso siguiente se emplea las siguientes fórmulas en el orden en que se presenta

$$\text{Tiempo de Operación Utilizable (TOU)} = \text{Producción/ Meta} = TON / TPOP$$

Donde:

- $TPOP$ = Tiempo perdido por operación

$$\text{Tiempo perdido por defecto (TPD)} = \text{Defecto} / \text{Meta}$$

$$\text{Tiempo Productivo Neto (TPN)} = TOU / TPD$$

Una vez se cuenta con todos los tiempos antes detallados en las fórmulas se podrá desarrollar el cálculo del OEE propiamente dicho el cual viene a estar dado por la siguiente fórmula

$$OEE = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$$

Este indicador de clase mundial señala que la disponibilidad debe ser mayor a 90%, la eficiencia del rendimiento debe ser mayor al 95% y la tasa de calidad debe ser mayor al 99%. En consecuencia, el OEE debe ser mayor al 85% para tener un máximo rendimiento de las máquinas.

Peng [12, p. 20] sostiene que los indicadores para la gestión de los equipos permiten medir la confiabilidad de las máquinas y eficacia del mantenimiento. Uno de ellos es el Tiempo Medio entre Fallas (MTBF), el cual representa el tiempo de operación con respecto al número de averías, es decir, mide la frecuencia en que falla una máquina en promedio. Otro indicador es el Tiempo Medio entre Reparaciones (MTTR), el cual mide el tiempo de reparación en función al número de averías en un intervalo de tiempo, es decir, permite conocer el grado de dificultad para solucionar una avería.

Materiales y métodos

La presente investigación se desarrolló en el área de producción de la empresa Leoncito S. A. durante el periodo enero a diciembre de 2019.

Para realizar el diagnóstico de la situación actual de la empresa, se emplearon técnicas de recolección de datos tales como: la observación directa con respecto a los procesos de producción, la forma en cómo se llevaban a cabo las actividades de mantenimiento y el funcionamiento de las máquinas presentes en la empresa; registros históricos de producción, paros de producción y plan de mantenimiento preventivo de las máquinas, las cuales fueron procesadas para el cálculo de indicadores de gestión tales como la productividad alcanzada, el tiempo medio entre fallas (MTBF), el tiempo medio de reparaciones (MTTR) y la efectividad de las máquinas a través del OEE; y también, se realizó una Auditoría de Gestión de Mantenimiento con respecto al modelo propuesto por Coetzee [18], en donde se analizó las 12 áreas de gestión que componen el departamento de Mantenimiento, con el fin de identificar las oportunidades de mejora, los riesgos potenciales destacar las buenas prácticas de Mantenimiento en la empresa, por lo que se utilizó un cuestionario tal como se muestra en los anexos A.1 - A.12. Posteriormente se realizó un análisis de los modos potenciales de falla, en a través de las herramientas Árbol de Fallas y Análisis de Modo y Efecto de Falla. Luego se evaluó a cada operario con el fin de conocer su nivel de conocimiento y habilidades en temas de mantenimiento básico.

Para la evaluación de los pilares del Mantenimiento Productivo Total se utilizó el método de factores ponderados entre las principales pérdidas y despilfarros presentes en la producción, tales como paros por falla de máquina, paros por errores de operarios, paros por ajustes y paros por reproceso de piezas defectuosas. De modo que, se le asignó un valor a cada factor y se determinó cuál o cuáles son los factores más importantes.

Posteriormente, se propuso un plan de Mantenimiento Productivo Total en la empresa Leoncito S. A. con respecto al plan propuesto por [13, p. 39], con el fin de reducir las pérdidas en el área de producción tales como las paradas de máquinas no programadas y tiempos improductivos. Dicho plan está conformado por 4 etapas tal como se muestra en el Anexo 24. La primera fase consiste en la introducción del TPM en la empresa en colaboración con la alta dirección, en donde se definió los objetivos y políticas para el TPM, y además, se elaboró el plan maestro para el desarrollo del TPM, en donde se formuló las actividades a poner en práctica, para lo cual se consideró el alcance *Production TPM* como primera fase para su desarrollo [14]. En dicho plan se consideraron los pilares de Formación y Entrenamiento, mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado. Después de haber realizado la propuesta, se calculó los indicadores gestión futuros.

Finalmente, se realizó la evaluación Costo-Beneficio donde se determinará la viabilidad del proyecto.

Resultados y discusión

A. Diagnóstico.

Leoncito S. A. es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de muebles de melamina. Su proceso de fabricación comprende 5 etapas principales, tal como se muestra en el Anexo 2.

El primer proceso es el de corte de la plancha de melamina por medio de una Seccionadora Casadei, modelo AXo 300, esta es capaz de cortar entre 1 a 4 plancha de melamina simultáneamente y es manipulada por un operario. Cuenta con sistemas neumáticos, por lo que es abastecida de aire comprimido por una compresora vertical industrial Baldor de modelo BD – 10A.

Una vez obtenida las piezas de melamina, el proceso siguiente es el canteado, que consiste en pegar el canto grueso o delgado en los laterales de las piezas para recubrir el aglomerado que queda expuesto al realizar el proceso de corte. Para el canteo en superficies planas, la empresa cuenta con dos Enchapadoras semi-automatizadas. Ambas máquinas están a cargo de 2 operarios cada una y son responsables de la carga y descarga de dichas piezas. Para el canteo delgado, la empresa cuenta con una Enchapadora *Italy Compact* de modelo 515 A, que es abastecida de aire comprimido por una compresora tipo tornillo Baldor de modelo BD – 10 A. Mientras que, para canto grueso, la empresa cuenta con una Enchapadora *Italy Compact* de modelo 515 B, la cual es abastecida de aire comprimido por una compresora horizontal industrial GALEAZZI de modelo TE 1 BFOXON. Por otro lado, para el canteo en superficies curvas, se hace uso de una Enchapadora COMEVA modelo Piccolina 50.

Posteriormente, las piezas pasan al proceso de habilitado, que consiste en hacer perforaciones o ranuras en las piezas de melamina con el fin de establecer con precisión el lugar donde se colocarán los accesorios, de acuerdo a lo indicado en el plano. Para este proceso se hace uso de taladros manuales y además dos Escuadradoras Casadei de modelos Robland Z 320 y XENIA 30, cuya función principal es generar ranuras en las piezas de melamina y cortar las planchas de MDF.

Seguidamente, las piezas pasan al proceso de ensamblaje, en donde la empresa cuenta con 5 líneas ensamblaje las cuales unen las piezas canteadas y habilitadas y las une mediante tornillos, dando la forma al mueble. Posteriormente se le colocan los accesorios, tales como jaladores, armellas, cerrojos, correderas, entre otros. Finalmente, se realiza el proceso de acabado que consiste en la limpieza del mueble de melamina para su posterior venta.

- **Estandarización del proceso.**

Luego de conocer el proceso productivo de muebles de melamina, se determinó mediante un análisis ABC que el mueble con mayor rotación es el ropero “Kendall”, cuyos tiempos estándares para un lote de 12 unidades se halló mediante la toma de 5 muestras y el sistema de calificación Westinghouse, tal como se muestra en Anexo 3.

Posteriormente, se calculó el takt time mediante la fórmula dada por Cabrera [19, p. 365], la cual resultó de 2 700 s/und. Finalmente se calculó el WIP mediante la fórmula dada por Cabrera [19, p. 366] que resultó de 13 unidades. Con dicha información se elaboró la hoja de instrucción de trabajo estandarizado, tal como se muestra en el Anexo 4.

- **Área de Mantenimiento.**

El área de mantenimiento de la empresa Leoncito S. A. está conformada por un técnico especialista en el área mecánica eléctrica, el cual responsable del óptimo funcionamiento de la maquinaria presentes en el área de producción. Tiene como funciones diagnosticar y reparar averías, desempeñar actividades técnicas de mantenimientos preventivos y correctivo, prolongar la vida útil de la Maquina y herramientas que se usan en la producción diaria.

El cargo de jefe de mantenimiento es ejercido por el jefe de producción, quien es responsable de la planificación anual de mantenimiento y la asignación de órdenes de trabajo al técnico antes mencionado, tal como se muestra en el Anexo 5. Además, es el responsable de asegurar el cumplimiento correcto de las actividades de mantenimiento. Para ello, se emplea un formato de orden de trabajo para la ejecución de Mantenimiento Preventivo o Correctivo como se muestra en el Anexo 6. En caso el técnico de mantenimiento no tenga las habilidades y conocimientos necesarios para ejecutar ciertas actividades de mantenimiento, se emplea el formato de solicitud de Servicio de Mantenimiento, tal como se muestra en el Anexo 7, de manera que se terceriza dicho servicio.

En el Anexo 8 se muestra el proceso de mantenimiento correctivo, Para la ejecución de Mantenimiento Correctivo, en donde se puede apreciar que los operarios no participan en ningún momento en las actividades de mantenimiento. Por otro lado, en el Anexo 9, se muestra

el proceso de mantenimiento preventivo, en donde también se aprecia que los operarios no participan en el mantenimiento básico de las máquinas y a pesar de tener planificado las actividades, en ocasiones deben recurrir a la subcontratación del servicio de mantenimiento especializado, lo cual evidencia aspectos a mejorar.

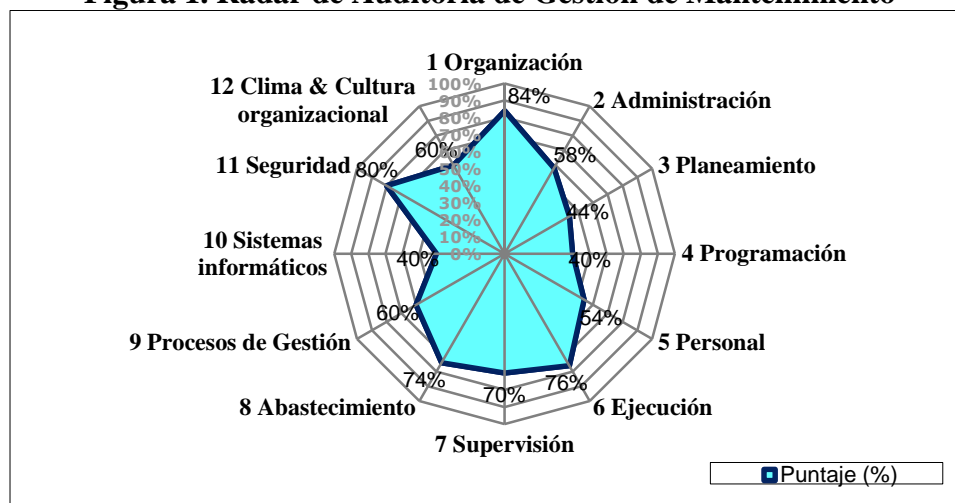
- **Auditoría de gestión de mantenimiento**

Con el objetivo de lograr un correcto análisis del diagnóstico de la situación actual de la empresa, se realizó una Auditoría de Gestión de Mantenimiento, en donde se analizó las 12 áreas de gestión que componen el departamento de Mantenimiento mediante un cuestionario propuesto por Coetzee (Ver Anexo 10), cuyos resultados fueron sintetizados mediante el método del Radar, tal como se muestra en la Figura 1.

Según los resultados obtenidos en la auditoría, la organización del departamento de Mantenimiento alcanzó un puntaje promedio del 84%. Esto se debe a la claridad de ubicación y organización del departamento dentro de la empresa, la autonomía del mismo y la disponibilidad para realizar mantenimiento programado. Sin embargo, se identificó la presencia de Layouts inadecuados de almacenes de mantenimiento, la baja calidad y cantidad de herramientas y equipos de mantenimiento y el insatisfactorio reconocimiento al personal de mantenimiento dentro de la organización.

En cuanto a la administración del departamento de mantenimiento, se obtuvo un puntaje promedio del 58%. Esto se debe a que no existe una adecuada comunicación entre el área de mantenimiento y las demás áreas e incluso, no se realiza un seguimiento ni registro de la evolución del mantenimiento.

Figura 1. Radar de Auditoría de Gestión de Mantenimiento



Fuente. Elaboración propia.

Por otro lado, la sección de Planeamiento y programación de mantenimiento se obtuvo un puntaje promedio del 44% y 40% respectivamente, lo que las convierte en áreas que presentan muchas oportunidades de mejora. Así pues, se identificó que la empresa a pesar de que realice mantenimiento preventivo, no se planifica de manera eficiente y oportuna. Además, no emplean ordenes de trabajo donde se reflejen las actividades a realizar y las necesidades de recursos para su ejecución. Asimismo, no se establecen mecanismos para la identificación de la causa raíz, debido a que se realizan actividades de forma repetitiva sin buscar mejoras continuamente.

Además, la frecuencia de mantenimiento preventivo no se realiza en cantidad suficiente, lo que ocasiona fallas eventuales de las máquinas y paros de producción.

En cuanto a la sección de Personal de mantenimiento, se obtuvo un puntaje promedio del 54%, es decir, se cuenta con un personal con la capacidad y experiencia suficiente, sin embargo, desconocen las mejores prácticas de mantenimiento. Además, se identificó que el personal de mantenimiento tiene un mejor desempeño en las actividades mecánicas que en las eléctricas debido a que la capacitación que recibe el personal no es constante.

Por otra parte, la sección de Ejecución de mantenimiento, obtuvo un puntaje promedio del 76%. Esto se debe a que el personal de mantenimiento usualmente cuenta con los recursos suficientes en momento oportuno, lo que le permite una respuesta rápida ante imprevistos.

En cuanto al Abastecimiento del Mantenimiento, obtuvo un puntaje promedio del 74%. Esto se debe a que existe una excelente respuesta ante las solicitudes de requerimientos de compras por parte del departamento de mantenimiento. Sin embargo, no se lleva un adecuado registro y control de las existencias de repuestos en el almacén.

En la sección de Procesos de Gestión para el departamento de mantenimiento se obtuvo un puntaje promedio del 60%, es decir que cuentan con un sistema básico de gestión y se desconocen sus buenas prácticas. Esto se debe a que no se lleva un adecuado registro de los indicadores de medición del desempeño en el departamento de mantenimiento.

En tanto a la sección de Sistemas informáticos para el departamento de mantenimiento, se obtuvo un puntaje promedio del 40%, debido a que no existe un adecuado registro de las órdenes de trabajo, el planeamiento y programación en el Sistema Informático de Mantenimiento.

En la sección de Seguridad para el departamento de mantenimiento se obtuvo un puntaje promedio del 80%. Esto se debe a que existe una conciencia de seguridad bien formada en la empresa y se puede demostrar con el constante apoyo del departamento de seguridad y salud en el trabajo, quien busca permanentemente el trabajo en equipo para el logro de los objetivos.

Finalmente, en la sección de Clima & Cultura organizacional para el departamento de mantenimiento, se obtuvo un puntaje promedio del 60%, ya que existe un buen trabajo en equipo entre gerencia de operaciones, el departamento de Producción y El departamento de Mantenimiento, sin embargo, aún existen oportunidades de mejora.

- **Análisis de criticidad.**

Para realizar la evaluación de la gestión de mantenimiento de la maquinaria de la empresa, se consideró el desarrollo del análisis de criticidad. Que según Parra y Crespo [20, p. 60], el análisis de criticidad es un plan que relaciona la frecuencia de falla de una máquina (ver Anexo 11), con su nivel de impacto o consecuencia (ver Anexo 12). Ayuda a determinar cuál es la máquina con mayor grado de criticidad en el sistema productivo y una falla de esta puede generar grandes pérdidas. Para el cálculo de la misma, se evaluó el impacto por flexibilidad operacional, por pérdida de producción, en costos de mantenimiento y en la seguridad, higiene y ambiente de la maquinaria presente en el área de producción, tal como se muestra en el Anexo 13.

Como resultados se obtuvo que la máquina Seccionadora y la compresora neumática 2 cuentan con un nivel de “muy crítico”, seguidas de las enchapadoras 1 y 2 con un nivel “crítico”, tal como se muestra en el Anexo 14.

- **Medición del Overall Equipment Effectiveness (OEE).**

Para el cálculo del OEE se aplicaron los pasos y fórmulas desarrolladas Collantes [17] en las máquinas muy críticas y críticas para el año 2019 tal como se muestra en el Anexo 15. Como resultados se obtuvo que la máquina Seccionadora, Enchapadora 1 y Enchapadora 2 y

Compresora 2 alcanzaron un OEE del 50,2%, 42,5%, 50,8% y 85,5% respectivamente, que según Cruelles, [21, p. 107] las tres primeras cuentan con un nivel inaceptable y la cuarta con un nivel bueno.

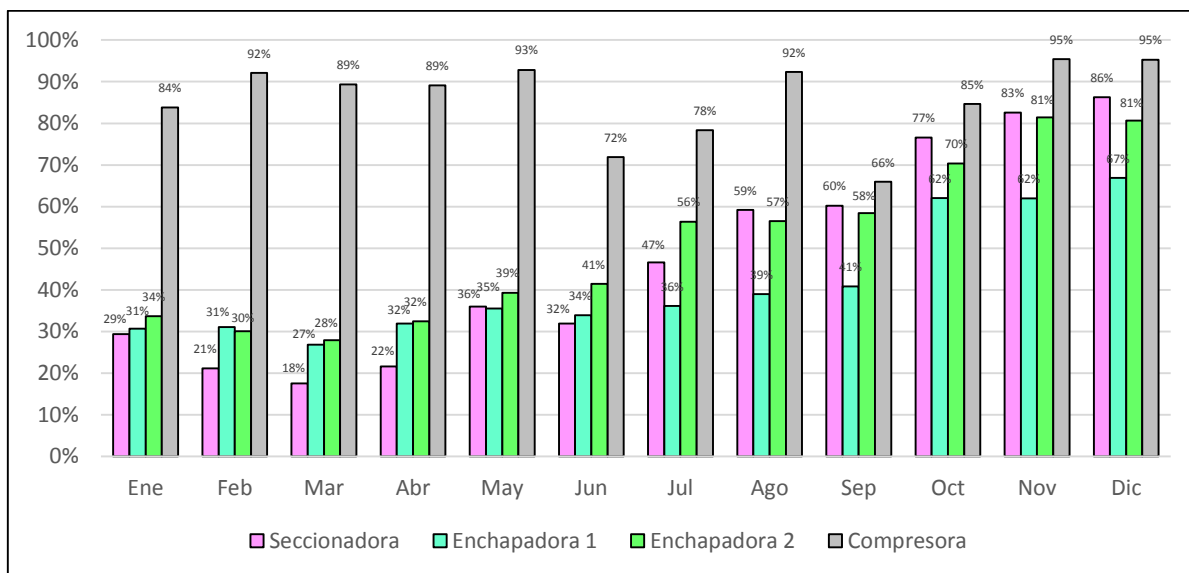


Figura 2. Resultados del cálculo del OEE.

Fuente: Elaboración propia.

- **Medición del Tiempo medio entre fallas (MTBF).**

Para el cálculo del tiempo medio entre fallas de las máquinas críticas, se utilizó el tiempo de operación neta y el número de fallas acontecidas en cada mes. En la Figura 3 se representa de manera gráfica el comportamiento del MTBF a lo largo del periodo de 2019, donde se evidencia que la seccionadora tuvo un tiempo de 17 h entre cada falla en junio, la Enchapadora 1 a 24 h entre cada falla en enero, la Enchapadora 2 a 39 h entre cada falla en octubre y la Compresora 2 con 38 h entre cada falla en septiembre.

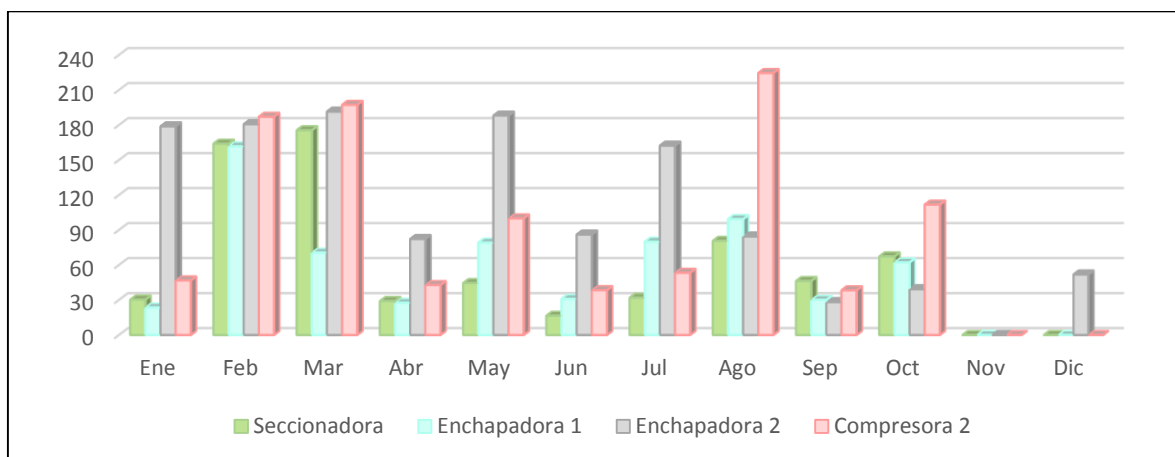


Figura 3. Resultados del cálculo del tiempo medio entre fallas.

Fuente: Elaboración propia.

- **Medición del Tiempo medio entre reparaciones (MTTR).**

Para el cálculo del tiempo medio entre reparaciones de las máquinas críticas, se utilizó el Tiempo de paradas no planificadas y el número de fallas acontecidas en cada mes. En la Figura 4 se representa de manera gráfica el comportamiento del MTTR a lo largo del periodo de 2019, donde se evidencia que la seccionadora tuvo un tiempo promedio de 15,4 h para reparaciones en junio, la Enchapadora 1 a 16,5 h para reparaciones en marzo, la Enchapadora 2 a 9 h para reparaciones en enero y septiembre y la Compresora 2 a 7,2 h para reparaciones en septiembre.

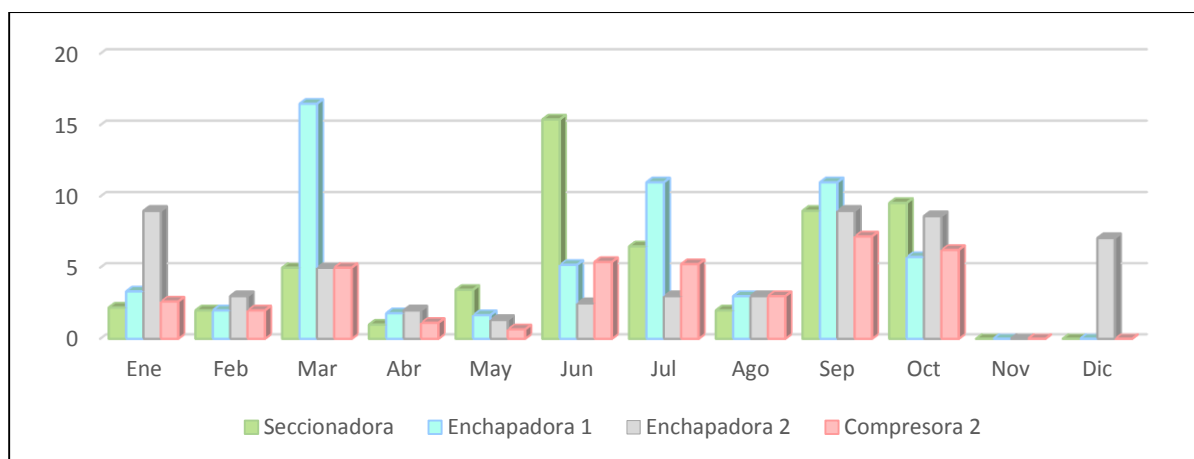


Figura 4. Resultados del cálculo del tiempo medio entre reparaciones.

Fuente: Elaboración propia.

- **Productividad alcanzada.**

Para el cálculo de la productividad alcanzada se consideró el aprovechamiento del tiempo disponible y el cumplimiento de la producción planificada, donde la Seccionadora alcanzó una productividad de 64,17%, la Enchapadora 1 de 53,92%, la Enchapadora 2 de 55,72% y la Compresora 2 de 85,98%. (Ver Anexo 16)

- **Árbol de fallas**

Una vez identificadas las máquinas más críticas para la fabricación de muebles de melamina, se identificó sus modos de falla a través de un árbol de fallas, con el fin de determinar sus modos de fallo de cada componente y posteriormente clasificarlos por su número de riesgo prioritario (RPN). Para la Seccionadora, se analizó la computadora, cadenas de transmisión, tuberías, carriles y motor eléctrico (ver Anexo 17). Para la Enchapadora 1 se analizó los modos de falla de la computadora, extrusora, motor eléctrico y cilindros neumáticos (ver Anexo 18). Para la Enchapadora 2 se analizó los modos de falla del motor eléctrico, calderín, resistencias y rodamientos (ver Anexo 19). Y en cuanto a la Compresora 2, se analizó los modos de falla del radiador, tuberías y el tornillo (ver Anexo 20).

- **Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF)**

Luego de conocer las fallas potenciales y los modos de falla, se procede a calcular el RPN con respecto a la severidad, ocurrencia y detección de la falla. Para ello, se debe de considerar una serie de criterios los cuales se mencionan en el Anexo 1.

Como resultados, puede observar los componentes de la máquina Seccionadora que tienen un nivel prioritario de riesgo crítico, por exceder al promedio, son el motor eléctrico por tener fallas causadas por instalaciones eléctrica antiguas o inadecuadas, rodamientos por inadecuada lubricación, tuberías por presencia de perforaciones y la cadena de transmisión por lubricación inadecuada o suciedad excesiva (ver Anexo 21.1).

Por otro lado, en el Anexo 21.3 y Anexo 21.4, se muestran los resultados del AMEF de la máquina Enchapadora 1, la cual tiene como componentes críticos la extrusora de pegamento, debido al exceso de suciedad, el cual puede obstruir el flujo normal del pegamento derretido. Otro componente crítico es el motor eléctrico, debido que puede detener el proceso de canteado al no calibrar adecuadamente ni realizar limpieza constante.

En el Anexo 21.5 y el Anexo 21.6 se muestra muestran los resultados del AMEF de la máquina Enchapadora 2, cuyos componentes críticos son las resistencias por sus fallas frecuentes, los rodamientos debido a la suciedad excesiva y los motores eléctricos por inadecuada calibración.

En cuanto al Anexo 21.7, se puede observar que la máquina Compresora 2 presenta componentes críticos como los filtros de agua, aire y aceite, ya que una falla en cualquiera de ellos puede comprometer gravemente al tornillo de la compresora. Además, otro componente crítico es la tubería, ya que, al presentarse fugas o pérdidas de aire, podría no cumplir con la presión requerida por la máquina. Por otro lado, el radiador es un componente crítico debido a las frecuentes fallas que se presentaron en este, causando un inadecuado enfriamiento del sistema mecánico y neumático de la compresora.

De los 37 modos potenciales de falla, el 67,6% alcanzaron un NPR superior a 100, clasificándolas como riegos inaceptables, debido a que según Firman, Puspita y Arvianto [8, p. 4] un NPR superior a 100 representa un riesgo alto en una empresa fabricante de muebles. Mientras que los 23,4% restantes se clasificaron como aceptables por ser menores a 100.

- **Evaluación de conocimientos y capacidades**

Todo colaborador de producción debe contar con los conocimientos y habilidades suficientes para poder operar una máquina y entender su funcionamiento. Es por ello que, Suzuki [14, p. 263] propone una evaluación que permite identificar a 4 niveles de capacidad, los cuales son:

- **Primer nivel:** Carencia de conocimiento teórico y habilidad práctica.
- **Segundo nivel:** Entiende la teoría, pero no lo pone en práctica.
- **Tercer nivel:** Tiene la práctica, pero no la teoría, y no puede enseñar a los demás.
- **Cuarto nivel:** Entiende la teoría, lo pone en práctica y puede enseñar a los demás.

En el Anexo 22, se observa la evaluación realizada a los operarios de producción de la empresa Leoncito S. A.

Como resultados de la evaluación, se obtuvo que en promedio, el 66% de los conceptos de conocimiento y habilidades de los operarios se encuentran en primer nivel, el 19% en segundo nivel, el 10% en tercer nivel y solo el 6% en cuarto nivel, tal como se observa en el Anexo 22. La mayor puntuación la obtuvo el técnico de mantenimiento debido a que este se encuentra más capacitado para actuar frente a una falla. Sin embargo, aún tiene aspectos por mejorar al igual que los demás colaboradores, con la finalidad que no dependan solamente de este colaborador ante una eventual falla.

- **Evaluación de los pilares del TPM.**

Para la evaluación de los pilares del Mantenimiento Productivo Total se utilizó el método de factores ponderados entre las principales pérdidas y despilfarros presentes en la producción, tales como paros por falla de máquina, paros por errores de operarios, paros por ajustes y paros por reproceso de piezas defectuosas. De modo que, se le asignó un valor a cada factor y se determinó cuál o cuáles son los factores más importantes. (Ver Anexo 23). Como resultados se seleccionó el pilar de Mantenimiento Autónomo, Mantenimiento Planificado y Formación y adiestramiento.

B. Propuesta del plan de Mantenimiento Productivo Total.

- **Preparación.**

- **Decisión de aplicar el TPM en la empresa.**

Según Suzuki [14], este es uno de los pasos más importantes para llevar a cabo la implementación del TPM. Para ello, la Gerencia general de la empresa debe comprometerse a participar activa y constante en el desarrollo desde el inicio hasta su finalización, teniendo en cuenta las metas y objetivos planteados en el Plan maestro de TPM.

- **Informar sobre TPM.**

Una vez firmado un compromiso, Gerencia general debe anunciar dicha decisión a toda la empresa, para posteriormente brindar capacitaciones y charlas de las ventajas e implicaciones de la implementación del TPM en la empresa. El fin de este paso es concientizar a las partes interesadas en el impacto que pueda llegar a tener en la organización y asegurar una correcta implementación del TPM y a su vez una mejora continua.

- **Estructura promocional del TPM**

- **Objetivos y políticas básicas TPM.**

Políticas:

Garantizar la participación de todos para la eliminación de errores, averías y defectos.

Ante alguna falla o imprevisto, comunicar de forma eficiente y oportuna al responsable a cargo (Jefe de producción).

Mantener un área de trabajo limpio y eficiente.

Buscar la mejora continua de los procesos.

Consolidar el TPM

Objetivos:

Incrementar la disponibilidad en 20%

Incrementar la eficiencia de las máquinas en 20%

Incrementar la productividad alcanzada de cada proceso en 25%

Reducir los costos de reparaciones en 50%

- **Plan maestro de desarrollo del TPM**

En esta fase, se establecen una planificación detallada de las actividades a realizar. En el Anexo 24, se definen dichas actividades en un periodo de tiempo requerido para la ejecución del plan maestro TPM. Para lo cual, se ha considerado dos meses para la preparación del TPM, una semana para su introducción, un mes de capacitaciones y entrenamiento a las partes interesadas, y un mes para las primeras actividades del mantenimiento planificado y autónomo como se observa en el Anexo 25.

- **Introducción**

En esta fase, se declara el inicio formal del TPM en la empresa Leoncito.

- **Implementación**

A continuación, se desarrollará la propuesta del plan de formación y entrenamiento, el plan de mantenimiento autónomo y el plan de mantenimiento planificado, correspondientes a los pilares seleccionados previamente.

a. Plan de Formación y entrenamiento

- Alcance

El alcance del plan de formación y entrenamiento de la empresa Leoncito S. A. ubicada en La Victoria-Chiclayo, incluye la capacitación y auto-desarrollo de los colaboradores del área mantenimiento y de producción que operen la maquinaria y equipos de la empresa.

- Política

La política de formación para los colaboradores de la planta de producción de Leoncito S. A. es el desarrollo de competencias y capacidades en operación y mantenimiento, el cual se llevará a cabo principalmente en el lugar de trabajo y ocasionalmente se realizará fuera del mismo para la ejecución práctica de temas específicos. De manera que, la empresa se compromete a promover el auto-desarrollo y la mejora continua de las partes interesadas, potenciando sus capacidades para su óptimo desempeño en la ejecución de sus actividades.

- Objetivo

Desarrollar competencias y capacidades de operación y mantenimiento de equipos en los colaboradores de producción de la empresa Leoncito S. A. para la adecuada gestión de sus funciones.

- Competencias

El Plan de Formación y entrenamiento contribuye al perfil del operario en cuanto a:

- Detectar los defectos o anomalías en la máquina que se encuentre a su disposición, corregirlas y prevenirlas.
- Conocer la importancia de la prevención del deterioro a través de la limpieza, lubricación y minimización de contaminantes.
- Comprender las funciones de los componentes de la máquina para la identificación de causas de los defectos y anomalías.
- Participar en el montaje y desmontaje de componentes de la máquina.
- Registrar y documentar la información.

Por otro lado, el presente plan contribuye al perfil de los colaboradores de mantenimiento en cuanto a:

- Realizar evaluaciones periódicas para asegurar el correcto funcionamiento de las máquinas.
- Adiestrar a los operarios en las actividades de operación y mantenimiento de las máquinas.
- Incrementar la disponibilidad y fiabilidad de la maquinaria por medio de la optimización de tiempo y costo de reparación.
- Registrar y documentar la información.

- Metodología (en el trabajo y fuera del trabajo)

Las capacitaciones para la formación y entrenamiento de los colaboradores de producción y mantenimiento se llevarán a cabo dentro del área de trabajo, haciendo uso de las máquinas, equipos y herramientas propias de su puesto de trabajo.

Por otro lado, se realizarán sesiones fuera del área de trabajo, con la finalidad de desarrollar habilidades especializadas, para lo cual se requerirá la tercerización de capacitación en mantenimiento de una institución especializada.

Asimismo, cada participante tendrá la obligación de informar sus progresos, conocimientos adquiridos, debilidades y rendir las evaluaciones respectivas.

- Recursos

Para las capacitaciones dentro del área de trabajo se requiere de disponibilidad del tiempo de las partes interesadas, con el fin de no perjudicar significativamente al tiempo de jornada laboral. Además, se requiere la disponibilidad de la maquinaria, equipos y herramientas para el desarrollo de la capacitación. Por otro lado, se facilitará la información mediante documentos y vídeos.

En cuanto a las capacitaciones fuera del área de trabajo, se requerirá de instrumentos y equipos de laboratorio solicitados por la empresa externa.

- Evaluación

El tiempo de tolerancia será 10 minutos después de la hora pactada.

La asistencia es de carácter obligatorio, la misma que será registrada por el coordinador en cada sesión.

Toda inasistencia podrá ser justificada en las próximas 48 horas.

El límite de inasistencias justificadas acumuladas es del 30 %.

En el Anexo 26 A-B, se muestra el contenido temático para la ejecución del programa de capacitación, con respecto a las competencias y habilidades que se buscan desarrollar en los operarios y colaboradores de mantenimiento. Con respecto a ello, se estableció un cronograma de actividades donde se detallan los días de capacitación y los días de evaluación (Ver Figura 5)

	Semana 1						Semana 2						Semana 3						Semana 4						Semana 5																																				
	Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb																										
Colaborador de producción																																																													
Colaborador de Mantenimiento																																																													
Unidades																																																													
N° 1	■																																																												
N° 2																				■																																									
N° 3																																						■																							
N° 4																																																													

Figura 5. Cronograma de actividades del plan de formación y entrenamiento.

Fuente: Elaboración propia.

b. Desarrollar un programa de mantenimiento planificado

Para el desarrollo del programa de mantenimiento planificado se hizo uso del AMEF, en donde se calculó el nuevo NPR con las actividades de mejora, considerando las variaciones necesarias en la severidad de fallo, probabilidad de ocurrencia y la detección de fallas, tal como se muestra en el Anexo 27. Se consideró que la severidad de fallo será la misma debido a que en caso de ocurrir la falla, generará los mismos efectos. Sin embargo, se estimó una disminución en la probabilidad de ocurrencia y la detección del problema debido principalmente a que dentro del plan de mantenimiento planificado se contempla el mantenimiento preventivo y correctivo. Esto generará una disminución en la probabilidad de ocurrencia y una mayor posibilidad de detectar fallos antes de que ocurran, aunque no es suficiente para poder convertir todas las fallas en aceptables, pues aún existen riesgos inaceptables a pesar de su mejora en el plan de mantenimiento.

De los 37 modos potenciales de falla, 5 alcanzaron un NPR superior a 100, clasificándolas como riesgos inaceptables, indicando una disminución del 80% en esta calificación. Mientras

que 32 modos de falla alcanzaron un NPR inferior a 100, clasificándolas como riesgos aceptables, indicando un incremento del 62,5% en esta calificación.

La proporción de riesgos descenderían a los niveles aceptables, indicando que el plan de mantenimiento planificado podrá generar mejoras en el mantenimiento de las máquinas de la empresa LEONCITO S.A. Se definieron los encargados de realizar las actividades o estrategias del plan de mantenimiento, estableciendo la actuación del mecánico y del electricista, indicando que existirá un constante monitoreo por parte de la jefatura de mantenimiento en coordinación constante con el área de producción para la planificación y el área de logística para los repuestos o instrumentos necesarios, tal como se observa en el Anexo 28.

Tras analizar los árboles de falla y el AMEF de las máquinas críticas se elaboró un plan programa de mantenimiento planificado como se observan en las tablas 1-4. Además, en el Anexo 29 se observa el cronograma de mantenimiento planificado donde se detallan las actividades.

Tabla 1. Programa de actividades de mantenimiento de la Seccionadora.

Seccionadora					
Nº	Componente	Actividad	Encargado	Frecuencia	Duración
1		Revisión del sistema eléctrico	Técnico de mantenimiento	Revisión anual	30 min
2		Revisión de sistema mecánico	Técnico de mantenimiento	Revisión anual	30 min
3		Limpieza de motor	Técnico de mantenimiento	Revisión anual	5 min
4	Motores eléctricos	Inspección visual y calibración. Realizar pruebas posteriores a la calibración.	Técnico de mantenimiento	Trimestral	30 min
5		Pruebas operativas de velocidad	Técnico de mantenimiento-operario	Mensual	10 min
6		Revisión y ajuste de pernos	Operario	semanal	10 min
7		Lubricación y engrase de rodamientos	Técnico de mantenimiento-operario	Semestral	30 min
8		Inspección visual al sistema de ventilación.	Técnico de mantenimiento	Anual	10 min
9	PC	Inspección visual y limpieza.	Técnico de mantenimiento	Anual	10 min
10		Pruebas operativas al inicio de jornada laboral	Operario	Diario	5 min
11	Carriles	Limpieza periódica	Operario	Diario	10 min
12	Rodamiento	Revisión de sistema mecánico	Técnico de mantenimiento	Revisión anual	20 min
13		Lubricación	Técnico de mantenimiento	Semestral	60 min
14	Cadena de transmisión	Limpieza periódica	Operario	Diario	15 min
15	Tuberías de aire	Ensayos no destructivos	Operario	Trimestral	10 min

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Programa de actividades de mantenimiento de la Enchapadora 1

Enchapadora 1					
N°	Componente	Actividad	Encargado	Frecuencia	Duración
1		Inspección visual al sistema de ventilación	Técnico de mantenimiento	Anual	10 min
2	Computadora	Limpieza	Técnico de mantenimiento	Anual	10 min
3		Pruebas operativas al inicio de jornada laboral	Operario	Diario	3 min
4		Implementar un programa de limpieza	Operario	Semanal	5 min
6		Medición y control de temperatura	Operario	Diario	1 min
7	Extrusora	Inspección visual y pruebas operativas después de cada carga de pegamento	Operario	Después de cada carga de pegamento	0,5 min
8		Revisión del sistema eléctrico	Técnico de mantenimiento	Revisión anual	30 min
9		Revisión de sistema mecánico	Técnico de mantenimiento	Revisión anual	30 min
10		Inspección visual y calibración. Realizar pruebas posteriores a la calibración.	Técnico de mantenimiento	Trimestral	30 min
11	Motores	Limpieza de motor	Técnico de mantenimiento	Revisión anual	20 min
12		Pruebas operativas de velocidad	Técnico de mantenimiento-operario	Mensual	10 min
13		Revisión y ajuste de pernos	Operario	semanal	5 min
14		Lubricación y engrase de rodamientos	Técnico de mantenimiento-operario	Semestral	20 min
15		Revisión y ajuste de pernos	Operario	semanal	5 min
18		Lubricación y engrase de cilindros	Técnico de mantenimiento	Trimestral	30 min
19	Cilindro neumático	Limpieza general	Técnico de mantenimiento	Trimestral	20 min
20		Inspección de temperatura	Técnico de mantenimiento	Trimestral	5 min

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3 Programa de actividades de mantenimiento de la Enchapadora 2

Enchapadora 2					
N°	Componente	Actividad	Encargado	Frecuencia	Duración
1		Medición de tensión	Técnico de mantenimiento	Trimestral	20 min
2	Resistencias	Inspección de marca y características técnicas del componente	Técnico de mantenimiento	Cada vez que se cambie el componente	10 min
3		Revisión del sistema eléctrico	Técnico de mantenimiento	Revisión anual	30 min
4		Revisión de sistema mecánico	Técnico de mantenimiento	Revisión anual	30 min
5		Inspección visual y calibración. Realizar pruebas posteriores a la calibración.	Técnico de mantenimiento	Trimestral	30 min
6	Motores	Limpieza de motor	Técnico de mantenimiento	Revisión anual	20 min
8		Revisión y ajuste de pernos	Operario	semanal	10 min
9		Lubricación	Técnico de mantenimiento-operario	semanal	30 h
		Engrase de rodamientos	Técnico de mantenimiento-operario	Semestral	30h
10		Implementar un programa de limpieza	Operario	Semanal	15 min
11	Calderín	Medición y control de temperatura	Operario	Después de cada lote	1 min
12		Inspección visual y pruebas operativas después de cada carga de pegamento	Operario	Después de cada carga de pegamento	1 min
13	Rodamientos	Cambio de rodaje	Técnico de mantenimiento	Anual	30 min
14		Implementar un programa de limpieza	Técnico de mantenimiento	mensual	30 min

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Programa de actividades de mantenimiento de la Compresora 2

Compresora 2					
N°	Componente	Actividad	Encargado	Frecuencia	Duración
1	Filtros	Cambio de filtros	Técnico de mantenimiento	Trimestral	20 min
2		Inspección visual y pruebas operativas	Operario	Mensual	5 min
5	Manómetro	Inspección visual y calibración	Técnico de mantenimiento	Trimestral	10 min
6	Electroválvula	Inspección de temperatura	Mecánico	Trimestral	10 min
7		Medición de presión	Mecánico	Trimestral	5 min
8		Inspección visual de fugas de aire caliente	Mecánico	Mensual	10 min
9	Tuberías	Inspección visual de fugas o perforaciones	Mecánico	Mensual	10 min
10		Ensayos no destructivos	Operario	Trimestral	10 min
11	Tornillo	Inspección de la lubricación	Mecánico	Trimestral	30 min

Fuente: Elaboración propia

c. Desarrollar un programa de Mantenimiento Autónomo

Según Cuatrecasas [13, p. 147], define al mantenimiento Autónomo como una de las características principales del TPM, debido a que es mediante este pilar donde se integran a los operarios en las actividades de mantenimiento. Estas actividades constan principalmente en la limpieza de las máquinas, inspección y la detección de anomalías. Además, Cuatrecasas [13, p. 126] sostiene que para una implementación efectiva del mantenimiento autónomo, se debe dar un cambio de actitud y mentalidad en todos los trabajadores de producción.

En el Anexo 30, se detallan las seis grandes pérdidas en la máquina seccionadora, enchapadora 1 y 2 y compresora 2, los cuales podrán servir como referente para definir los siete pasos del mantenimiento autónomo, tal como se muestra en la Tabla 5. Posteriormente se definió el procedimiento ante una detección de falla, tal como se aprecia en el Anexo 31.

Por último, se estableció las instrucciones de mantenimiento autónomo a lo largo de toda la jornada laboral, para la máquina Seccionadora, Enchapadora 1 y Enchapadora 2 (Ver Anexo 32, Anexo 33 y Anexo 34 respectivamente).

Tabla 5. Etapas para alcanzar el Mantenimiento Autónomo

Etapa	Actividad		
	Seccionadora	Enchapadora 1 y 2	Compresora
Limpieza inicial	Limpieza de carriles: eliminar polvo, virutas de madera y material particulado dentro y alrededor de la máquina; Lubricar los motores, discos de corte y carriles. Buscar y corregir defectos.	Limpieza de máquina: eliminar residuos de pegamento granulado y canto dentro y alrededor de la máquina; además, lubricar los pistones, motores y discos de corte y faja transportadora. Buscar y corregir defectos.	Limpieza de compresora: eliminar polvo y desperdicios, aceite y líquidos derramados. Buscar y corregir defectos.
Medidas por causas y efectos de la suciedad	Evitar el exceso de aserrín en los carriles, motores, filtros. Proteger las zonas difíciles de limpiar Reducción de los tiempos de limpieza	Evitar la acumulación de residuos de pegamento granulado y canto en la máquina. Proteger las zonas difíciles de limpiar Reducción de los tiempos de limpieza.	Prevenir las causas que provocan suciedad. Evitar el derramamiento de aceite y líquidos, revisión de filtros. Proteger las zonas difíciles de limpiar Reducción de los tiempos de limpieza
Estándares de limpieza y lubricación	Establecer estándares de limpieza y lubricación, inspección periódica y reducción de tiempos		
Inspección general	Capacitar a los operarios en la detección de problemas, con el fin de evitar defectos. De manera que logre identificar en qué momentos la máquina requiere de actividades como limpieza o lubricación.		
Inspección autónoma	Programación de actividades de mantenimiento autónomo. Inspección y seguimiento para su cumplimiento		
Organización y orden	Estandarizar y sistematizar las actividades de limpieza y lubricación. Además, recolectar y almacenar información.		
Implantación plena del mantenimiento autónomo	Incrementar la Eficiencia Global de las máquinas, analizar el MTTR y el MTBF, eliminar las seis grandes pérdidas.		

Fuente: Elaboración propia. Adaptado de Cuatrecasas [13, p. 154]

d. Indicadores futuros con implementación de propuesta

- **Resultados del OEE futuro.**

Para el cálculo del OEE se aplicaron los pasos y fórmulas desarrolladas Collantes [17] en las máquinas muy críticas y críticas para el año 2020 tal como se muestra en el Anexo 35. Para lo cual, se proyectó la demanda del 2020 y se consideró una reducción en las paradas no programadas como sostiene Reyes *et. al.* [9]. Como resultados se obtuvo que la máquina Seccionadora, Enchapadora 1 y Enchapadora 2 y Compresora 2 alcanzaron un OEE del 72,63%, 60,08%, 65,91% y 92,13% respectivamente, que según Cruelles, [21, p. 107] la maquina Enchapadora 1 aún se mantiene en nivel Inaceptable, la seccionadora y enchapadora 2 obtuvieron un nivel Regular y la Compresora 2 obtuvo un nivel bueno.

- **Tiempo medio entre fallas futuro.**

Se calculó el tiempo medio entre fallas en las máquinas críticas, en donde se obtuvo en la máquina Enchapadora 2 un MTBF de 151,27 h para el 2020. Del mismo modo, se obtuvo en la compresora 2 un MTBF de 147,64 h. En cuanto a la máquina seccionadora, alcanzó un MTBF de 106,42 h, seguido de la enchapadora1 que alcanzó un MTBF de 99,79 horas. Tal como se aprecian en la Figura 6.

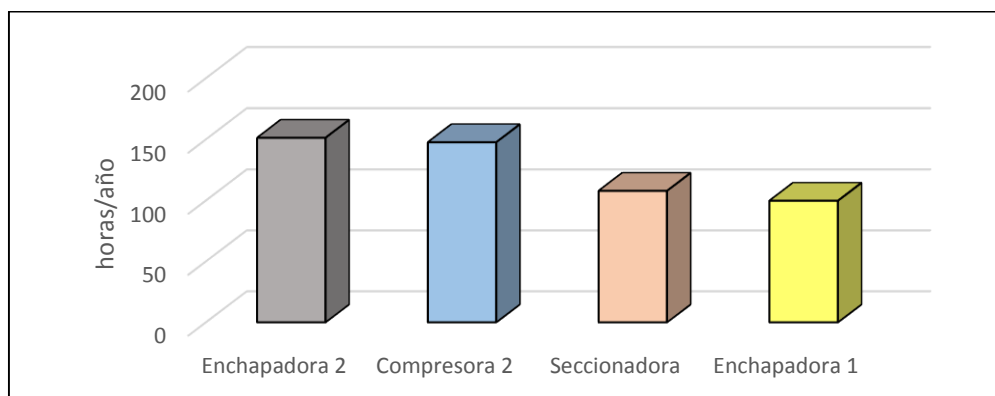


Figura 6. Tiempo medio entre fallas de las máquinas críticas.

Fuente. Elaboración propia

- **Tiempo medio entre reparaciones.**

Se calculó el tiempo promedio para darle solución a una falla, en donde se obtuvo que la enchapadora 2, para el 2020, obtendrá un MTTR de 7,42 h, la compresora obtendrá un MTTR de 4,95 h. Mientras que la seccionadora obtendrá un MTTR de 4,89 y finalmente la Enchapadora 1 con 1,59 h. Tal como se muestra en la Figura 7.

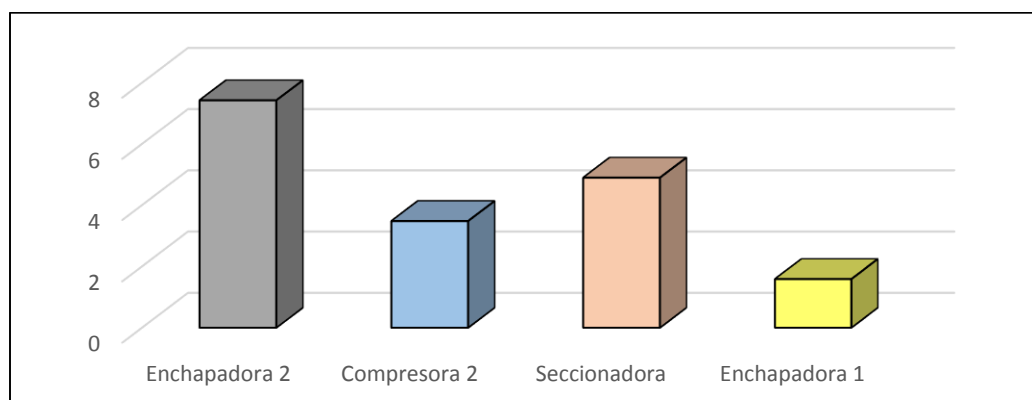


Figura 7. Tiempo medio entre fallas de las máquinas críticas

Fuente. Elaboración propia

- **Confiabilidad de las máquinas críticas.**

En cuanto a la confiabilidad de las máquinas críticas, al implementar el TPM, la compresora 2 tendrá una confiabilidad de 99%, la seccionadora de 96% y la enchapadora 1 y enchapadora 2 de 95% cada uno. Tal como se muestra en la Figura 8.

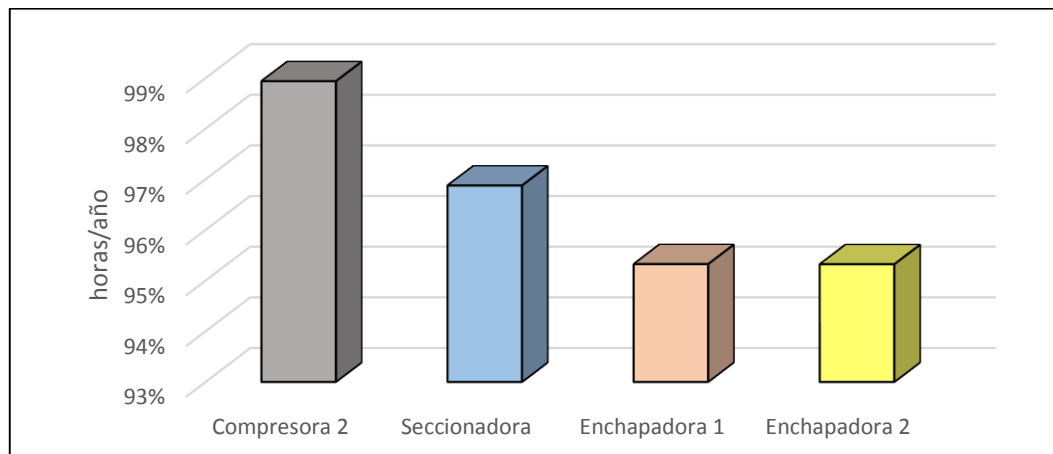


Figura 8. Confiabilidad de las máquinas críticas.

Fuente. Elaboración propia

- **Productividad alcanzada.**

Para el 2020 la compresora 2 alcanzará una productividad del 94%, la seccionadora alcanzará una productividad de 81%, mientras que Enchapadora 2 alcanzará una productividad del 77% y la Enchapadora 1 de 70%. Tal como se muestra en la Figura 9.

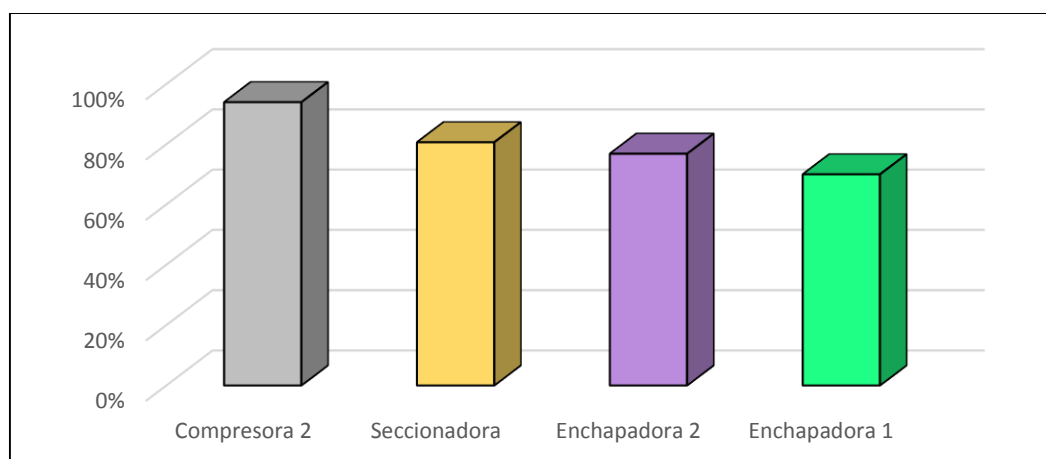


Figura 9. Productividad de las máquinas críticas para 2020.

Fuente. Elaboración propia

e. Análisis Costo-Beneficio.

Para la evaluación económica de la propuesta realizada, se consideró como costos de inversión a la compra de herramientas básicas y útiles de limpieza destinados al desarrollo del mantenimiento Autónomo, cuyos valores equivalen a S/ 1 223,95 y S/ 220 respectivamente (ver Anexo 36 y Anexo 37).

Asimismo, se consideraron otros costos tales como: útiles de oficina, impresión de separatas, capacitaciones para la formación y entrenamiento del personal de las áreas de producción y mantenimiento y el sueldo de trabajadores por las horas empleadas en capacitación. En el Anexo 38 se detalla el valor equivalente de cada uno. Además, se consideró la depreciación de

las herramientas y equipos (ver Anexo 40), en donde se consideró una depreciación anual de 10% según el artículo 22° del Reglamento del TUO de la Ley del Impuesto a la Renta [22].

Por último, otro costo también considerado fue la contratación de un técnico electricista y un jefe de mantenimiento los cuales pertenecerán al área de mantenimiento para la ejecución del plan. En el Anexo 39, se presenta el costo correspondiente a dicha contratación. Cabe resaltar que se tomó en cuenta un 51% más del salario correspondiente al costo de los beneficios del colaborador establecido por la ley general del trabajo.

En la Tabla 6, se presenta al flujo de caja mensual en la cual se consideró como ingresos a las utilidades netas adicionales obtenida por el plan propuesto y como egresos al costo de inversión y la contratación del nuevo colaborador.

Tabla 6. Flujo de Caja

Ítem	0 MES	1 MES	2 MES	3 MES	4 MES	5 MES	6 MES
<u>Inversión</u>							
Capital Social	S/23 276						
Total Inversión	S/23 276						
<u>INGRESOS</u>							
Utilidades netas adicionales con propuesta		S/24 300	S/22 378	S/20 107	S/45 894	S/15 849	S/26 985
TOTAL INGRESOS		S/24 300	S/22 378	S/20 107	S/45 894	S/15 849	S/26 985
<u>EGRESOS</u>							
Salario de personal a contratar		S/10 016	S/10 016	S/10 016	S/10 016	S/10 016	S/10 016
Depreciación de activos		S/17	S/17	S/17	S/17	S/17	S/17
TOTAL EGRESOS		S/10 033	S/10 033	S/10 033	S/10 033	S/10 033	S/10 033
SALDO FINAL (Déficit / Superávit)	-S/23 276	S/14 267	S/12 344	S/10 074	S/35 861	S/5 815	S/16 952
UTILIDAD ACUMULADA	-S/23 276	-S/9 010	S/3 335	S/13 409	S/49 270	S/55 085	S/72 037

Fuente. Elaboración propia

Para el cálculo de la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR), se consideró una tasa inflacionaria de 1,72% y 10% de riesgo de inversión [23]. Obteniendo así un TMAR de 11,72%.

Por otro lado, se calculó la tasa interna de retorno (TIR), el cuál es equivalente a 59,9%, y el Valor Actualizado neto (VAN) equivalente a S/41 687,92.

Los resultados indicaron que la inversión se recuperará en el segundo mes y la relación beneficio/costo es igual a 2,58; lo que significa que por cada S/ 1,00 invertido, la empresa obtendrá una ganancia de S/ 1,58.

f. Discusión

Tras diagnosticar la situación actual de la empresa, al igual que la investigación de Budi y Suhandini [7], se determinó que las averías principalmente fueron originadas por errores de configuración y calibración; pues, se hacía uso inadecuado de las máquinas y se cometían errores en el montaje de repuestos por la falta de habilidad del operario. Además, los valores del MTBF y MTTR calculados por la misma investigación fueron menores a los determinados

por la presente investigación, dicha diferencia radica en que los errores humanos eran más graves; pues, cada vez que se contrataba a un nuevo operario, este no era capacitado de la manera más adecuada y solamente era guiado por otro colaborador de la misma área. Finalmente se determinaron indicadores futuros donde se incrementó la disponibilidad en 10% y el MTBF en 74% en promedio, valores semejantes a los determinados por la citada investigación, debido a que en ambos casos se propuso el pilar de mantenimiento planificado y el mantenimiento autónomo.

Una de las herramientas utilizadas para determinar la causa principal de las averías, se es el análisis de los modos de falla a través de la herramienta Árbol de Fallas, en donde se obtuvo un RPN máximo de 384. No obstante, en la investigación de Firman, Puspita y Arvianto [8], se obtuvo como RPN máximo de 150. Dicha diferencia radica en que la investigación en mención realizó el AMEF enfocado el nivel de severidad de las fallas solo en los productos. En cambio, la presente investigación se enfocó adicionalmente en los peligros potenciales que pueden impactar tanto en el producto final como en el trabajador.

Posteriormente, se seleccionaron los pilares del TPM, al igual que la investigación Reyes *et al.* [9], en donde se evaluó los citados pilares con respecto al tipo de fallas y pérdidas suscitadas en el proceso de fabricación, seleccionando los pilares de mantenimiento autónomo y formación y entrenamiento. No obstante, en la presente investigación se seleccionó adicionalmente el pilar de mantenimiento planificado, debido a que el 57,3% de las averías fueron generados por una carencia en el control y seguimiento del mantenimiento preventivo, desencadenando fallas mecánicas y eléctricas en las máquinas.

Por otro lado, en el área de corte se cuenta con una máquina cuya eficiencia es de 70,89% debido a que tuvo una baja demanda en los primeros meses del año, que a diferencia de la eficiencia determinada en la máquina de corte en la investigación de Hardi, Wijaayanto y Aristiara [10], cuyo valor es igual a 93,83%, debido a que se mantuvo una demanda constante. Asimismo, la diferencia del OEE calculado entre de la presente investigación y la expuesta anteriormente, radica en que dicho indicador se encontraba inicialmente en un nivel aceptable, lo que dio paso a que tengan mejores resultados futuros.

Al igual que la investigación desarrollada por Morales y Silva [11], se evaluaron las máquinas críticas involucradas en el proceso productivo para luego desarrollar un plan de Mantenimiento Productivo Total. No obstante, existe una diferencia en el incremento del OEE de las máquinas cortadoras en comparación con la presente investigación. Esto se debe principalmente a que el plan de TPM se enfoca en el Mantenimiento autónomo. Sin embargo, en la presente investigación se decidió reforzar previamente los conocimientos y habilidades de los operarios como base para una adecuada implementación del mantenimiento autónomo.

Conclusiones

La ejecución de la propuesta de un plan de Mantenimiento productivo total en la empresa Leoncito S. A. permitió mejorar indicadores de gestión, en las máquinas críticas tales como la seccionadora, la cual se pudo incrementar el OEE en 22,5%, incrementar el MTBF en 46,1 horas, reducir el MTTR en 1,3 horas, mejorar su confiabilidad en 5% e incrementar su productividad en 16,51%. La enchapadora 1 en donde se logró incrementar el OEE en 17,2%, mejorar el MTBF en 43,1 horas, reducir el MTTR en 1,2 horas, mejorar su confiabilidad en 5,1% e incrementar su productividad en 16,11%. La enchapadora 2 que se obtuvo un

incremento del OEE en 15,1%, mejorar del MTBF en 19,2 horas, reducir el MTTR en 0,7 horas, mejorar su confiabilidad en 2% e incrementar su productividad en 21,16%. La compresora 2 donde se obtuvo un incremento del OEE del 6,6%, mejorar el MTBF en 62,6 horas, reducir el MTTR en 2,7 horas, mejorar su confiabilidad en 3,7% e incrementar su productividad en 8,01%.

Mediante el diagnóstico realizado de la situación actual de Leoncito S. A. se pudo identificar que la empresa a pesar de realizar un mantenimiento preventivo, no lo planifica de manera oportuna. Además, no emplean órdenes de trabajo donde se detallen las actividades a realizar, los recursos necesarios para su ejecución y el registro del cumplimiento de los mismos. Asimismo, no se establecen mecanismos para la identificación de la causa raíz de las fallas, debido a que realizan actividades de forma repetitiva sin busca de la mejora continua. Por otro lado, se identificó que el personal de mantenimiento tiene un mejor desempeño en las actividades mecánicas que en las eléctricas debido a que la capacitación brindada al personal no es constante.

El plan de Mantenimiento Productivo Total basado en las 4 fases: preparación, introducción, aplicación y consolidación, pudo ser implementado en la empresa Leoncito S. A. por medio de un programa de formación y entrenamiento con la finalidad de establecer nuevos compromiso y cambios de actitud de todo el personal de la empresa, orientándolos hacia una mejora continua. También se ejecutó un programa de Mantenimiento Planificado y Mantenimiento Autónomo para reducir imprevistos que afectan de manera negativa a la gestión de la empresa.

De acuerdo a la evaluación del costo-beneficio, se puede concluir que la propuesta de un plan de Mantenimiento productivo Total es económicamente viable.

Recomendaciones

Se recomienda la aplicación de herramientas *Lean Manufacturing* tales como *Just in time*, mediante la técnica Kanban, debido a que esta permitiría la reducción del Stock en proceso y las actividades improductivas.

Referencias

- [1] A. Cachada, J. Barboza, P. Leitño, C. A. Geraldés, L. Deusdado, J. Costa, C. Teixeira, J. Teixeira, A. H. Moreira, P. M. Moreira y L. Romero, “Maintenance 4.0: Intelligent and Predictive Maintenance System Architecture,” de *2018 IEEE 23^a Conferencia Internacional sobre Tecnologías Emergentes y Automatización de Fábricas (ETFa)*, Torino. Italia, 2018.
- [2] L. Cuatrecasas Arbós y F. Torrell Martínez, *TPM en un entorno Lean Management*, Barcelona: PROFIT, 2010.
- [3] F. Rey Sacristán, *Mantenimiento Total de la Producción: Procesos de Implementación y Desarrollo*, Madrid: FC Editorial, 2001.
- [4] Gerencia de Información y Análisis Económico; Gerencia Central de Estudios Económicos, “Notas de Estudios del BCRP”, Banco Central de Reserva del Perú (BCRP), Lima, 2019.
- [5] Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos de la Secretaría General del Ministerio de la Producción, “Reporte de Producción Manufacturera”, Ministerio de la Producción, Lima, 2019.
- [6] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; Instituto Tecnológico de la Producción; CITEmadera, “La Industria de la Madera”, Ausangraf S.A.C., Lima, 2018.
- [7] A. Budi Wijayanto y Y. Suhandini Tjahjaningsih, “Analisis Total Productive Maintenance pada mesin-mesin unit work working 2 dan 5 (Studi Kasus di Divisi Produksi 2 PT KTI),” *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri 2019*, vol. 1, n° 1, pp. 176-181, 2019.
- [8] M. Firman Prayogi, D. Puspita Sari y A. Arvianto, “Analisis penyebab cacat produk furniture dengan menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA) (studi kasus pada PT. Ebako Nusantara),” *Industrial Engineering Online Journal*, vol. 5, n° 4, pp. 1-8, 2016.
- [9] J. Reyes, K. Álvarez, A. Martínez y J. Guamán, “Total Productive Maintenance for the Sewing Process in Footwear,” *Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 11, n° 4, pp. 814-822, 2018.

- [10] H. Hardi Purba, E. Wijayanto y N. Aristiara, "Analysis of Overall Equipment Effectiveness (OEE) with Total Productive Maintenance Method on Jig Cutting: A Case Study in Manufacturing Industry," *Journal of Scientific and Engineering Research*, vol. 5, n° 7, pp. 397-406, 2018.
- [11] J. D. Morales Méndez y R. Silva Rodríguez, "Total productive maintenance (TPM) as a tool for improving productivity: a case study of application in the bottleneck of an auto-parts machining line," *The International Journal of Advance Manufacturing*, vol. 92, n° 1, pp. 1-14, 2017.
- [12] K. Peng, *Equipment Management in the Post-Maintenance Era: A New Alternative to total Productive Maintenance (TPM)*, Boca Raton: CRC Press, 2012.
- [13] L. Cuatrecasas, "Total Productive Maintenance: Hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción," *Gestión*, Barcelona, 2000.
- [14] T. Suzuki, *TPM en industrias de proceso*, Madrid: Productivity Press, 1994.
- [15] A. Tina y C. Elizabeth, *Total Productive Maintenance: Estrategies and Implementation guide*, Boca Ratón: CRC PRESS, 2016.
- [16] A. Mora Gutiérrez, *Mantenimiento: Planeación, ejecución y control*, México: Alfaomega, 2009.
- [17] J. Collantes, "Efectividad Global de los equipos (OEE): Una Poderosa Herramienta para Incrementar la Rentabilidad de Mantenimiento", de *IV Foro DataStream de Mantenimiento e Industria: A la vanguardia en Tecnología y Producción*, Lima, 2016.
- [18] J. L. Coetzee, *Maintenance*, Trafford Publishing, 2006.
- [19] R. Cabrebra, *Manual de Lean Manufacturing*, EAE Editorial Academia Española, 2012.
- [20] C. A. Parra Márquez y A. Crespo Márquez, *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos*, Sevilla: ingeman, 2012.
- [21] J. A. Cruelles, *La teoría de la Medición del Despilfarro*, Torrijos: ZADECON, 2010.
- [22] superintendencia nacional de aduanas y de administración tributaria , SUNAT, [En línea]. Disponible en: <http://www.sunat.gob.pe/legislacion/oficios/2006/oficios/i1962006.htm>. [Último acceso: 18 11 2020].

- [23] BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ, “BCRP,” [En línea]. Disponible en: <https://www.bcrp.gob.pe/145-publicaciones/reporte-de-inflacion.html>. [Último acceso: 18 11 2020].
- [24] E. J. Vásquez González, “Diseño de un modelo para auditoría de la Gestión de Mantenimiento basado en el modelo de gerencia de Mantenimientode PDVSA”, Tesis de maestría, UDO - UNEFA, Barcelona, 2012.

Anexos

Anexo 1. Criterios de evaluación para el AMEF.

Anexo 1.1. Criterios de evaluación para Ocurrencia

Probabilidad de fracaso	Posibles tasas de falla	Clasificación
El fracaso es casi inevitable	más de 1 falla al mes	10
Alto: fallos repetidos	1 vez al mes	8
Moderado: fallas ocasionales	1 vez al año	6
Baja: muy pocas fallas	1 vez cada 5 años	3
Remoto: la falla es poco probable	1 vez cada 10 años	1

Fuente: Agustiady y Cudney [15, p. 68].

Anexo 1.2. Criterios de evaluación para Severidad

Efecto	Criterios: severidad del efecto	Clasificación
Peligroso-sin previo aviso	Clasificación de gravedad muy alta cuando un modo de falla potencial afecta la seguridad e implica incumplimiento sin previo aviso.	10
Peligroso: con advertencia	Clasificación de gravedad muy alta cuando un modo de falla potencial afecta la seguridad e implica el incumplimiento de la advertencia.	9
Muy alto	El proceso no es operable y ha perdido su función principal.	8
Alto	El proceso es operable, pero con una funcionalidad reducida y un cliente descontento.	7
Moderar	El proceso es operable, pero no es fácil de fabricar. El cliente se siente incómodo.	6
Bajo	El proceso es operable, pero incómodo con un nivel reducido de rendimiento. El cliente no está satisfecho.	5
Muy bajo	El proceso no está en 100% de cumplimiento. La mayoría de los clientes son capaces de notar el defecto.	4
Menor	El proceso no está en 100% de cumplimiento. Algunos clientes son capaces de notar el defecto.	3
Muy menor	El proceso no está en 100% de cumplimiento. Muy pocos clientes son capaces de notar el defecto.	2
Ninguna	Sin efecto.	1

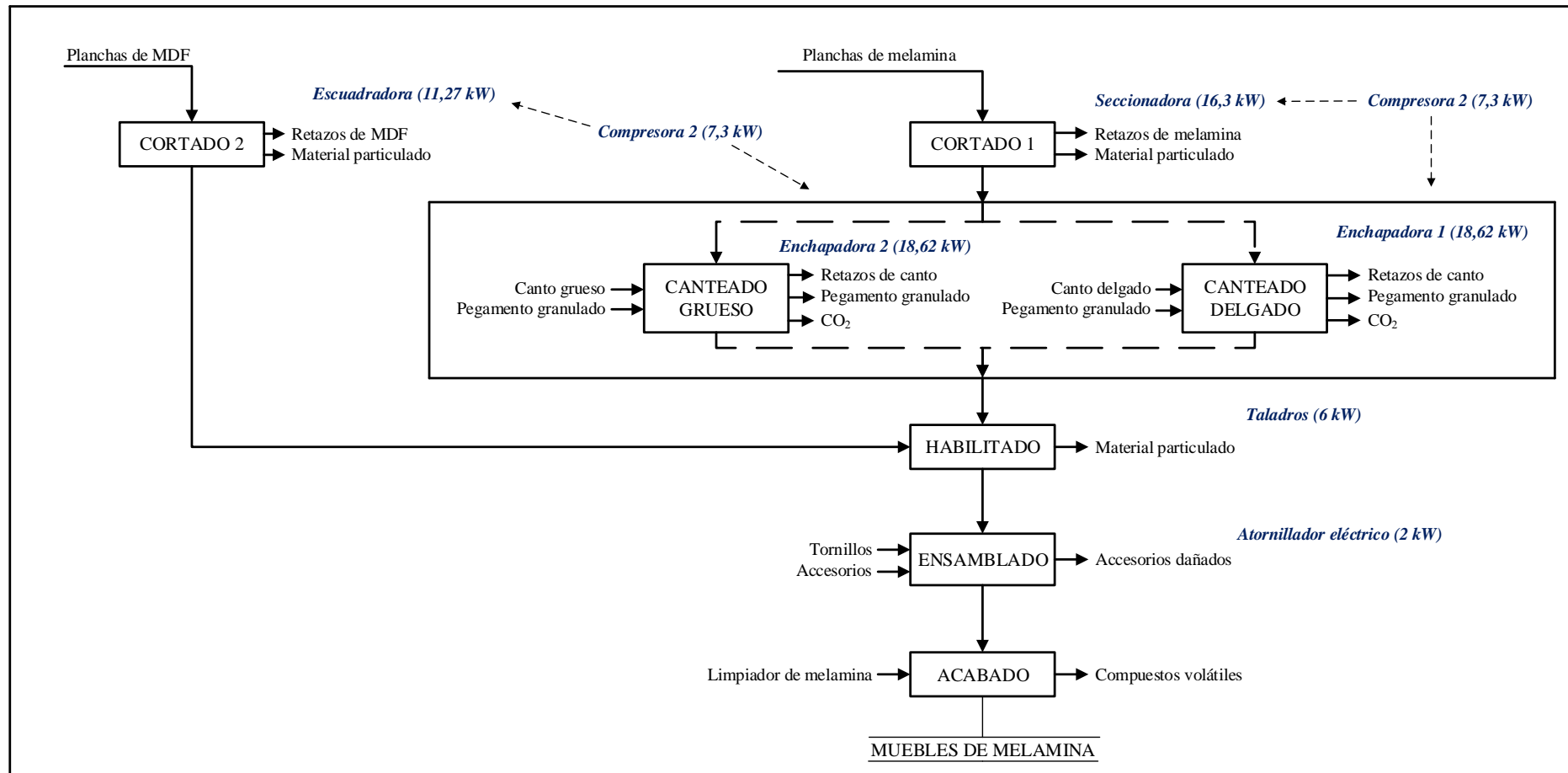
Fuente: Agustiady y Cudney [15, p. 68].

Anexo 1.3. Criterios de evaluación para Detección.

Probabilidad de detección		
Casi imposible	No hay ningún controlador capaz de detectar	10
Muy raramente	Los controladores actuales son muy difíciles de detectar la forma o la causa de la falla.	9
Raramente	Los controladores actuales tienen dificultades para detectar formas.	8
Muy bajo	y causas del fracaso	7
Bajo	La capacidad del controlador para detectar la forma y la causa de la falla es muy baja	6
Moderar	La capacidad del controlador para detectar la forma y la causa de la falla es baja	5
Es un poco alto	La capacidad del controlador para detectar formas moderadas y causas de falla.	4
Alto	La capacidad del controlador para detectar formas y causas de falla de moderadas a altas.	3
Muy alto	La capacidad de la herramienta de control para detectar la forma y la causa de la falla.	2
Casi seguro	alto	1

Fuente: Firman, Puspita y Arvianto [8, p. 4].

Anexo 2. Diagrama de flujo del proceso.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3. Tiempos estándares para la fabricación de ropero “Kendall”

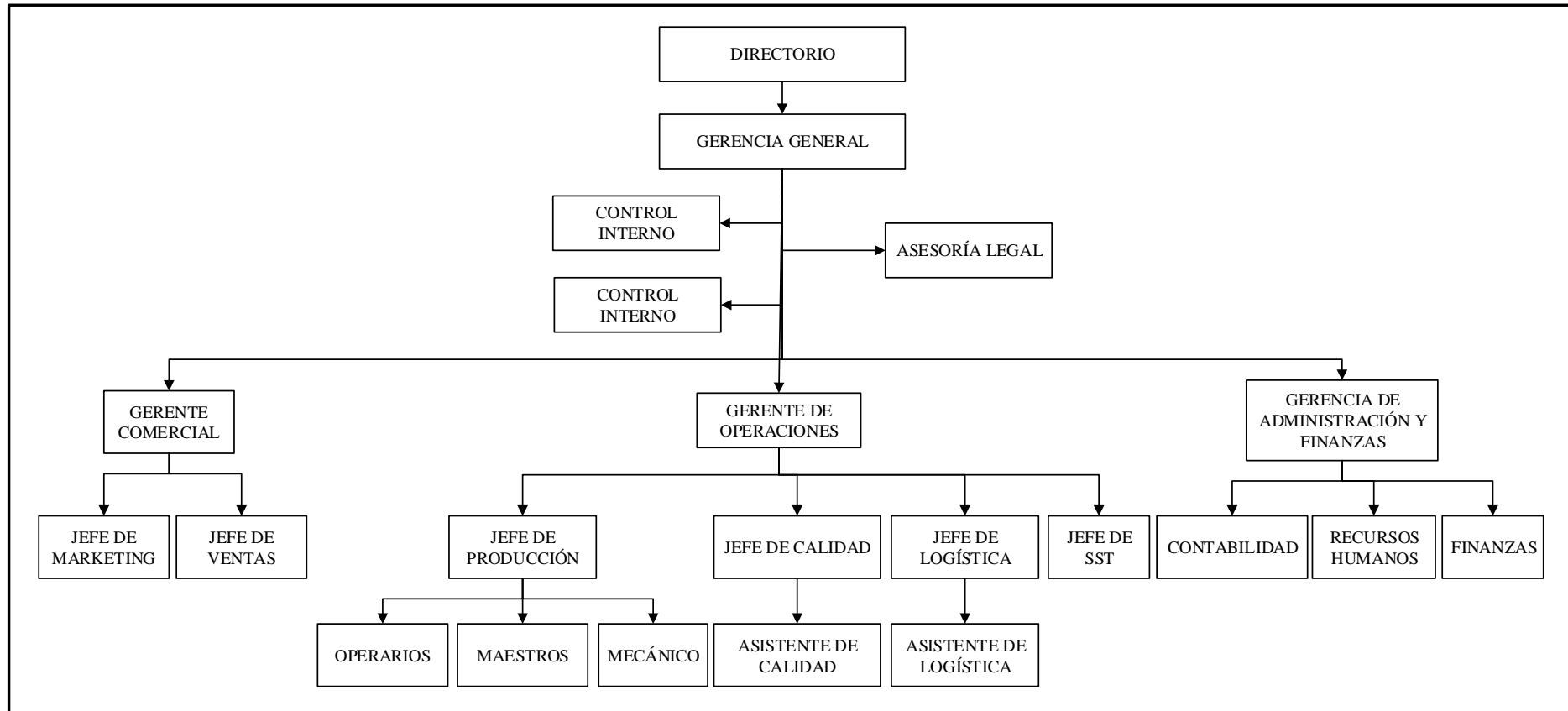
PROCESO	Tiempos registrado (min)					TO	FV	TN	FS	TE (min)	TE (s)
	1	2	3	4	5						
Corte	108	107	113	116	114	111,60	1	111,60	0,12	124,99	7 499,52
Cantado delgado	102	114	115	113	106	110,00	1	110,00	0,12	123,20	7 392,00
Cantado grueso	86	93	95	95	94	92,60	1	92,60	0,12	103,71	6 222,72
Habilitado y Ensamblaje	528	535	527	537	525	530,40	1	530,40	0,12	594,05	35 642,88
Acabado	8,00	8,20	8,04	8,18	8,2	8,12	1	8,12	0,12	9,10	545,93
TOTAL								852,72		955,05	57 303,05

Fuente: Elaboración propia


Anexo 4. Hoja de Instrucción de Trabajo Estandarizado

HOJA DE INSTRUCCIÓN DE TRABAJO ESTANDARIZADO										
Nombre del proceso		Código		Demanda del cliente			Ciclo de producción total (Segundos por pieza)		Preparado por	
Fabricación de Ropero Kendall		SKU-RK		12 und/día			2 700		Reynaldo Grentz	
				Tiempo disponible de Operación en segundos			Wip en proceso		Fecha	
				32 400			13		26/11/2020	
Número	Descripción del Trabajo	Calidad		Puntos clave	Tiempo		SWIP= ● Seguridad= ⊕ Calidad= ◇			
		Verificar	Medir		Minutos	Segundos				
1	Corte		Calibrar	Verificar desgaste de disco de corte y uso de Epp's		7 499,5				
2	Cantado delgado	Visual		Uso de faja con suspensión		7 392,0				
3	Cantado grueso	Visual		Uso de faja con suspensión		6 222,7				
4	Habilitado y Ensamblaje	Visual		En habilitado verificar que las ranuras y el MDF sean coincidentes		35 642,9				
5	Acabado	Visual		Verificar si espejos presentan rayaduras		545,9				

Fuente: Elaboración propia, Adaptado de Cabrera 2012 [19]


Anexo 5. Organigrama actual

Anexo 6. Formato de Orden de trabajo para Mantenimiento Preventivo o Correctivo.

										MANTENIMIENTO INDUSTRIAL CORRECCION DE FALLAS Y AVERIAS MECANICAS ORDEN DE TRABAJO									
ORDEN DE TRABAJO No.		Solicitud				FECHA:		DEPARTAMENTO											
MAQUINA/EQUIPO:		Mantenimiento				MARCA:		CODIGO:											
UBICACIÓN:		N ^º :				SERIE:													
MANTENIMIENTO:	Preventivo	<input type="checkbox"/>	Correctivo	<input type="checkbox"/>		PROBLEMA:	Mecanico:	<input type="checkbox"/>	Electrico:	<input type="checkbox"/>	Electronico:	<input type="checkbox"/>	Otro:	<input type="checkbox"/>					
PRIORIDAD	ALTA	<input type="checkbox"/>	MEDIA	<input type="checkbox"/>	BAJA		TURNO:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
FECHA DE INICIO:						FECHA DE TERMINACION:													
DESCRIPCION GENERAL DEL TRABAJO						COSTOS DE MANTENIMIENTO													
						MANO DE OBRA		REPUESTOS											
						Costo total	Hrs	Descripcion	Unid	Costo total									
Observaciones:																			
EJECUTADO POR:												FECHA:							

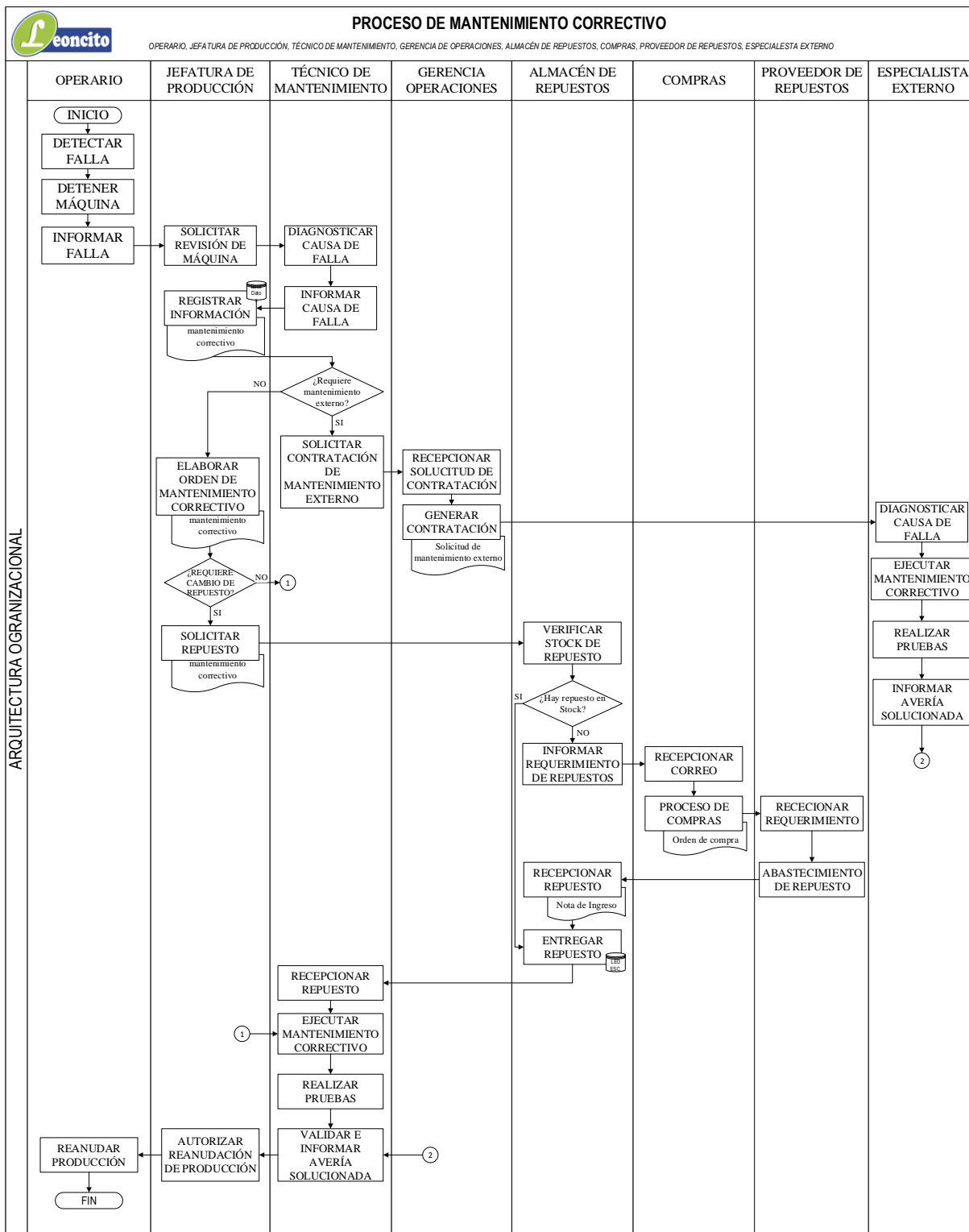
Fuente: Leoncito S. A.

Anexo 7. Formato de Solicitud de Servicio de Mantenimiento.

		MANTENIMIENTO GENERAL CORRECCION DE FALLAS Y AVERIAS MECANICAS SOLICITUD DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO													
		SOLICITUD No.				DEPARTAMENTO:			FECHA:						
MAQUINA/EQUIPO:					MARCA:			CODIGO:							
UBICACIÓN:					SECCION:			SERIE:							
MANTENIMIENTO:		PREVENTIVO	<input type="checkbox"/>	CORRECTIVO	<input type="checkbox"/>	OTRO:	<input type="checkbox"/>	PROBLEMA MECANICO.	<input type="checkbox"/>	ELECTRICO	<input type="checkbox"/>	ELECTRONICO:	<input type="checkbox"/>	OTRO:	<input type="checkbox"/>
CONDICION:		CRITICA	<input type="checkbox"/>	MEDIA	<input type="checkbox"/>	NORMAL	<input type="checkbox"/>	INFORMO:							
MECANISMO:															
SERVICIO SOLICITADO		SOLICITANTE		RESPONSABLE		DESCRIPCION DEL TRABAJO									
REVISION		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>											
AJUSTE		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>											
DESMONTAJE		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>											
REPARACION		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>											
LUBRICACION		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>											
TRASLADO		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>											
REFORMA		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>											
PROYECTO		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>											
ADECUACION		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>											
PINTURA		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>											
LIMPIEZA		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>											
OBSERVACIONES:															
EJECUTADO POR:					V°B°										

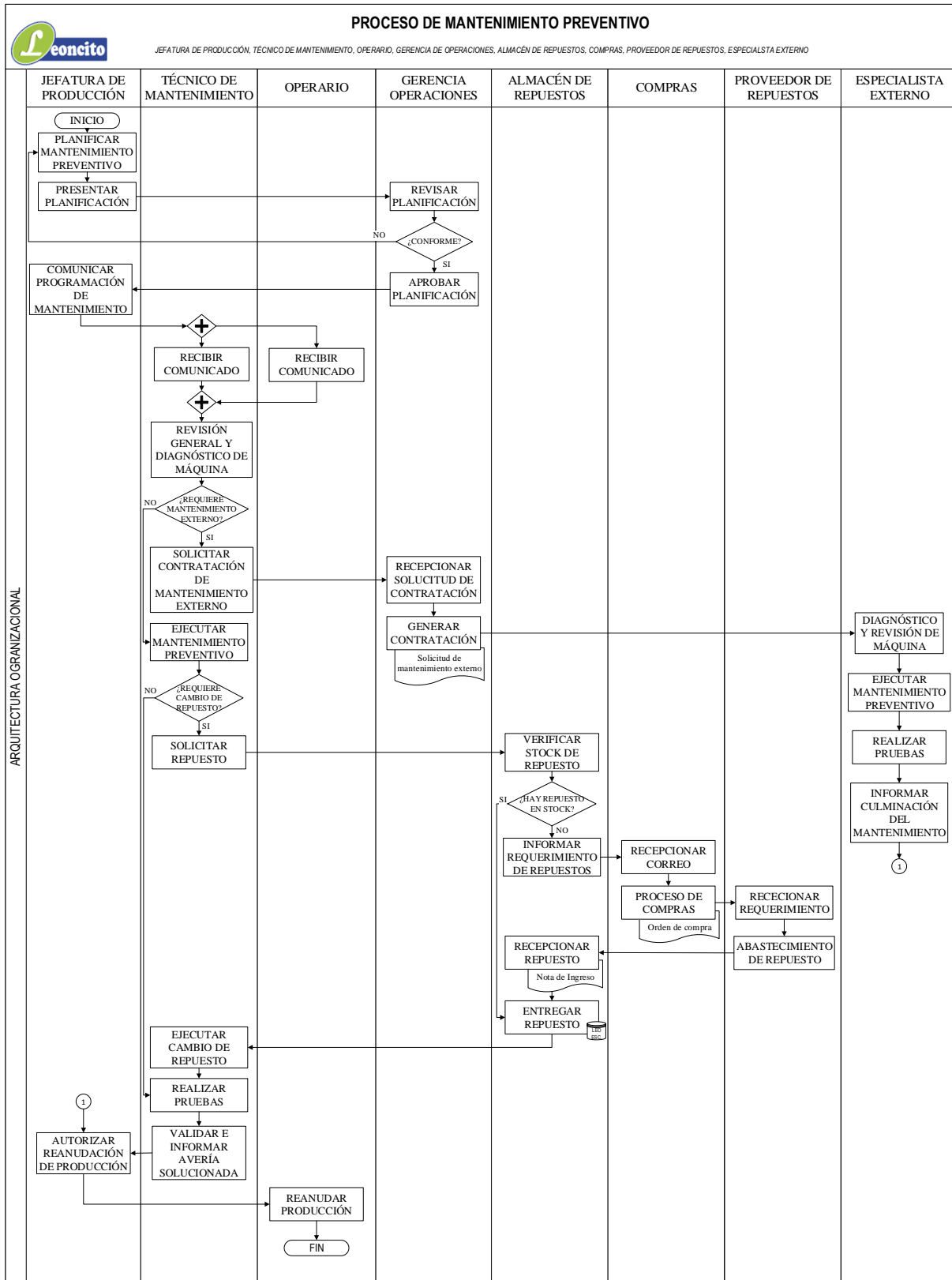
Fuente: Leoncito S. A.

Anexo 8. Diagrama de Flujo del proceso de Mantenimiento Correctivo.



Fuente: Leoncito S. A.

Anexo 9. Diagrama de Flujo del proceso de Mantenimiento Preventivo.



Fuente: Leoncito S. A.

Anexo 10. Cuestionarios para la auditoría de gestión de mantenimiento

Anexo 9.1. Cuestionario de Organización del departamento de Mantenimiento

Sección 1	
Nº	Organización del departamento de Mantenimiento
1,01	Claridad de la ubicación del Departamento de Mantenimiento dentro de la organización de la empresa.
1,02	Claridad de la Organización del departamento de Mantenimiento de la empresa.
1,03	Autonomía que el departamento de mantenimiento tiene dentro de la Organización de la empresa.
1,04	¿El organigrama garantiza que habrá personal disponible para realizar el mantenimiento programado, incluso en el caso de un aumento del mantenimiento correctivo?
1,05	¿Cómo calificaría las vías de comunicación entre el departamento de mantenimiento con los otros departamentos?
1,06	Grado de Impacto de mantenimiento sobre la ganancia de la empresa.
1,07	El departamento de mantenimiento tiene definidas claramente sus funciones y responsabilidades.
1,08	Layouts de almacenes de mantenimiento en áreas de trabajo:
1,09	Calidad y cantidad de herramientas / equipamiento de mantenimiento
1,10	¿El personal de mantenimiento se siente reconocido en su trabajo?

Fuente: Coetzee [18, p. 189]

Anexo 9.2. Cuestionario de Administración del departamento de Mantenimiento

Sección 2	
Nº	Administración del departamento de Mantenimiento
2,01	¿Cómo calificaría el Apoyo de la Gerencia de Operaciones al departamento de mantenimiento?
2,02	¿Cómo calificaría la comunicación de todos los departamentos de la empresa con el departamento de mantenimiento?
2,03	¿Cómo calificaría el Apoyo del departamento de Recursos Humanos al departamento de mantenimiento?
2,04	¿Cómo calificaría el Apoyo del departamento de Logística al departamento de mantenimiento?
2,05	¿Cómo calificaría el Apoyo del departamento de Contabilidad al departamento de mantenimiento?
2,06	¿Cómo calificaría el Apoyo del departamento de Finanzas al departamento de mantenimiento?
2,07	¿Cómo calificaría el Apoyo del departamento de Control de Calidad al departamento de mantenimiento?
2,08	¿El departamento de mantenimiento es considerado por los demás departamentos para tomar de decisiones?
2,09	¿La información de la planta le llega a Mantenimiento a tiempo y en forma?
2,10	¿Se emite un informe periódico que analiza la evolución del departamento de mantenimiento?

Fuente: Coetzee [18, p. 190]

Anexo 9.3. Cuestionario de Planeamiento del Mantenimiento

Sección 3	
Nº	Planeamiento del Mantenimiento
3,01	¿Cómo calificaría el Planeamiento de mantenimiento dentro de la organización de la empresa?
3,02	¿Todos los trabajos que se realizan se reflejan en una orden de trabajo?
3,03	¿El formato de esta orden de trabajo es adecuado?
3,04	¿Cómo calificaría el Planeamiento de la Mano de obra en el departamento de mantenimiento?
3,05	¿Cómo calificaría el Planeamiento de Materiales en el departamento de mantenimiento?
3,06	¿Cómo calificaría el Planeamiento del Equipo de Mantenimiento en el departamento de mantenimiento?
3,07	¿El Planeamiento está orientado a evitar fallos críticos de la planta y/o a reducir sus consecuencias?
3,08	¿Cómo calificaría la Coordinación de fechas para realizar mantenimiento con Producción?
3,09	¿Cómo calificaría el Planeamiento del mantenimiento preventivo en el departamento de mantenimiento?
3,10	¿Cómo calificaría el Reporte de cumplimiento de mantenimiento planeado por el departamento de mantenimiento?

Fuente: Coetzee [18, p. 192]

Anexo 9.4. Cuestionario de Programación del Mantenimiento

Sección 4	
Nº	Programación del Mantenimiento
4,01	¿Cómo calificaría la programación del mantenimiento dentro de la Organización de la empresa?
4,02	¿La programación de las tareas de mantenimiento se cumple?
4,03	¿Cómo calificaría la Programación de la Orden de trabajo en el departamento de mantenimiento?
4,04	¿La proporción entre horas/hombre dedicadas a mantenimiento programado y mantenimiento correctivo no programado es la adecuada?
4,05	¿Cómo calificaría la Programación de Materiales en el departamento de mantenimiento?
4,06	¿Cómo calificaría la Programación del Equipo de Mantenimiento en el departamento de mantenimiento?
4,07	¿La programación está orientado a evitar fallos críticos de la planta y/o a reducir sus consecuencias?
4,08	¿Cómo calificaría la Coordinación con Producción para la entrega de máquina para realizar mantenimiento?
4,09	¿Cómo calificaría la Programación del mantenimiento preventivo en el departamento de mantenimiento?
4,10	¿Cómo calificaría el Reporte de cumplimiento de mantenimiento programado por el departamento de mantenimiento?

Fuente: Coetzee [18, p. 192]

Anexo 9.5. Cuestionario de Personal del departamento de mantenimiento

Sección 5	
Nº	Personal del departamento de mantenimiento
5,01	¿El organigrama de mantenimiento garantiza la presencia de personal de mantenimiento preparado cuando se necesite?
5,02	¿El departamento de Mantenimiento tiene el personal con calidad técnica y experiencia suficiente?
5,03	¿El personal de Mantenimiento puede realizar tareas mecánicas?
5,04	¿El personal de Mantenimiento puede realizar tareas eléctricas?
5,05	¿El personal de Mantenimiento conoce y están involucrados con los objetivos de la Empresa?
5,06	¿El personal de Mantenimiento está involucrado con los objetivos propios de su departamento?
5,07	¿El personal de Mantenimiento es evaluado y calificado periódicamente?
5,08	Facilidad para cubrir al personal de Mantenimiento. (5 cuando es muy fácil)
5,09	El personal de Mantenimiento tiene habilidades para resolver problemas y tomar decisiones solo.
5,10	El personal del Mantenimiento recibe capacitación técnica externa permanentemente.

Fuente: Coetzee [18, p. 195]

Anexo 9.6. Cuestionario de Ejecución del Mantenimiento

Sección 6	
Nº	Ejecución del Mantenimiento
6,01	El personal de Mantenimiento acciona en base a planes y programas.
6,02	¿El departamento de mantenimiento participa en la elaboración de los programas de producción?
6,03	¿Cómo calificaría la aplicación del concepto de Mantenimiento Preventivo en la empresa?
6,04	¿Cómo calificaría el desempeño del departamento de mantenimiento para resolver los problemas de emergencia?
6,05	¿El departamento de mantenimiento devuelve las solicitudes de mantenimiento con la información de los trabajos realizados?
6,06	¿El departamento de mantenimiento tiene archivos de documentación técnica e historial de equipos al día?
6,07	¿El departamento de mantenimiento dispone de repuestos y suministros generales en los almacenes?
6,08	¿El departamento de mantenimiento dispone de suficientes herramientas, equipos y máquinas en buen estado?
6,09	¿El departamento de mantenimiento presta atención, estudia y resuelve los casos de fallas repetitivas?
6,10	¿El departamento de mantenimiento dispone con suficiente datos sobre costos y presupuestos?

Fuente: Coetzee [18, p. 207]

Anexo 9.7. Cuestionario de Supervisión en el departamento de Mantenimiento

Sección 7	
Nº	Supervisión en el departamento de Mantenimiento
7,01	¿Existe supervisión del personal de mantenimiento?
7,02	¿La supervisión de mantenimiento conoce sus obligaciones técnicas, funciones y responsabilidades?
7,03	¿La supervisión elabora los planes y programas de actividades de Mantenimiento y los controla?
7,04	¿La supervisión conoce, cumple y hace cumplir la política y objetivos del departamento de mantenimiento?
7,05	¿La supervisión maneja y aplica la economía y control de costos de mantenimiento de la empresa?
7,06	¿La supervisión de mantenimiento de la planta sabe escuchar a su personal?
7,07	¿La supervisión de mantenimiento de la planta analiza y resuelve problemas por sí misma?
7,08	¿La supervisión de mantenimiento de la planta sabe escuchar a otro personal de otros departamentos?
7,09	¿La supervisión de mantenimiento tiene fluida relación con los niveles superiores de la planta?
7,10	¿Cómo calificaría la relación entre los Supervisores de Operaciones con los supervisores de Mantenimiento?

Fuente: Coetzee [18, p. 210]

Anexo 9.8. Cuestionario de Abastecimiento para el departamento de mantenimiento

Sección 8	
Nº	Abastecimiento para el departamento de mantenimiento
8,01	¿Cómo calificaría la respuesta a las solicitudes de compras pedidos por el departamento de mantenimiento?
8,02	¿Los Almacenes de repuestos para mantenimiento están correctamente ordenados?
8,03	¿Los movimientos del almacén se registran de alguna forma (sistema informático, hoja de cálculo, libro, etc.)?
8,04	¿Se compra en base a especificaciones precisas del departamento de mantenimiento?
8,05	¿El Catálogo de Componentes (repuestos) de la planta es permanentemente actualizado?
8,06	¿Disponibilidad de repuestos, materiales y suministros para mantenimiento?
8,07	¿El departamento de Mantenimiento de la planta tiene participación en el proceso de compra?
8,08	¿El Registro de Proveedores para mantenimiento es actualizado permanentemente?
8,09	¿Se respetan los niveles máximos / mínimo de existencias para mantenimiento?
8,10	¿Es fácil contratar servicios de terceros para mantenimiento?

Fuente: Coetzee [18, p. 199]

Anexo 9.9. Cuestionario de Procesos de Gestión para el departamento de mantenimiento

Sección 9	
Nº	Procesos de Gestión para el departamento de mantenimiento
9,01	¿Cómo calificaría los Planes a Mediano y Largo plazo del departamento de mantenimiento?
9,02	¿Cómo calificaría las Metas y Objetivos para Todos los Niveles del departamento de mantenimiento?
9,03	¿Cómo calificaría el Presupuesto del departamento de mantenimiento?
9,04	¿Cómo calificaría los Métodos y procedimientos del departamento de mantenimiento?
9,05	¿Cómo calificaría los Indicadores de Medición del Desempeño del departamento de mantenimiento?
9,06	¿Cómo calificaría los Indicadores de Control de Costos del departamento de mantenimiento?
9,07	¿Cómo calificaría los Indicadores de Control de mano de obra del departamento de mantenimiento?
9,08	¿Cómo calificaría la Evaluación del desempeño individual en el departamento de mantenimiento?
9,09	¿Cómo calificaría los Procesos de Selección de Personal en el departamento de mantenimiento?
9,10	¿El grado de Conocimiento de las necesidades del Cliente interno por parte del departamento de mantenimiento?

Fuente: Coetzee [18, p. 207]

Anexo 9.10. Cuestionario de Sistemas informáticos para el departamento de mantenimiento

Sección 10	
Nº	Sistemas informáticos para el departamento de mantenimiento
10,01	¿Existe un Sistema Informático de Mantenimiento en la empresa?
10,02	¿Existe un Registro de Equipos en el Sistema Informático de la empresa?
10,03	¿Existe un programa para la Gestión de Orden de trabajo en el Sistema Informático de la empresa?
10,04	¿Existe un programa para el Planeamiento de trabajos de mantenimiento en el Sistema Informático de la empresa?
10,05	¿Existe un programa para la Programación de trabajos de mantenimiento en el Sistema Informático de la empresa?
10,06	¿Existe un programa para el Control de Existencias (stock) en el Sistema Informático de la empresa?
10,07	¿Existe una base de datos para el Historial de los Equipos en el Sistema Informático de la empresa?
10,08	¿Existe un programa para el Control de costos en el Sistema Informático de la empresa?
10,09	¿Existe un programa para el Monitoreo de la Condición de Equipos en el Sistema Informático de la empresa?
10,10	¿Existe un programa para medir rendimiento de los Equipos en el Sistema Informático de la empresa?

Fuente: Coetzee [18, p. 215]

Anexo 9.11. Cuestionario de Seguridad para el departamento de mantenimiento

Sección 11	
Nº	Seguridad para el departamento de mantenimiento
11,01	¿Cómo calificaría el Conocimiento del Impacto sobre seguridad por el departamento de mantenimiento?
11,02	¿Cómo calificaría a la Política de Seguridad del departamento de mantenimiento?
11,03	¿Cómo calificaría los Procedimientos de seguridad del departamento de Mantenimiento?
11,04	¿Cómo calificaría el cumplimiento de política y procedimientos de seguridad por el departamento de mantenimiento?
11,05	¿La política de seguridad del departamento de mantenimiento es actualizada permanentemente?
11,06	¿Cómo calificaría la Política de seguridad para trabajos en lugares confinados en el departamento de Mantenimiento?
11,07	¿Cómo calificaría la Política de seguridad para trabajos con peligro de quemaduras en Mantenimiento?
11,08	¿Cómo calificaría la Política de seguridad para trabajos con peligro de lesiones por aprisionamiento en Mantenimiento?
11,09	¿Cómo calificaría el uso de Equipos de Protección Individual en el departamento de Mantenimiento?
11,10	¿Cómo calificaría la Política de seguridad contra sustancias nocivas en el departamento de Mantenimiento?

Fuente: Coetzee [18, p. 215]

Anexo 9.12. Cuestionario de Clima & Cultura organizacional para el departamento de mantenimiento

Sección 12	
Nº	Clima & Cultura organizacional para el departamento de mantenimiento
12,01	¿Cómo calificaría al Trabajo en equipo en el departamento de mantenimiento?
12,02	¿Cómo calificaría al Trabajo en equipo entre el departamento de mantenimiento y los demás departamentos?
12,03	¿Cómo calificaría la Productividad en el departamento de mantenimiento?
12,04	¿Cómo calificaría la Sensibilidad de Cambio en el departamento de mantenimiento?
12,05	¿Cómo calificaría las Condiciones de Trabajo en el departamento de mantenimiento?
12,06	¿Cómo calificaría la Motivación en el departamento de mantenimiento?
12,07	¿Cómo calificaría la Filosofía y análisis de errores en el departamento de mantenimiento?
12,08	¿Cómo calificaría la Confiabilidad en el departamento de mantenimiento?
12,09	¿Cómo calificaría la relación entre el cliente interno por parte del departamento de mantenimiento?
12,10	¿Cómo calificaría la Calidad de las actividades del departamento de mantenimiento?

Fuente: Coetzee [18, p. 212]

Anexo 11. Criterios de evaluación de frecuencia de Fallos

Factor de Frecuencia de Fallos (FF).		
Clasificación	Criterio	
4	Frecuente	Mayor a 4 eventos por año.
3	Promedio	2 y 4 eventos por año.
2	Bueno	Entre 1 y 2 evento al año.
1	Excelente	Mínimo 1 eventos por año

Fuente. Parras y Crespo [20, p. 60]

Anexo 12. Criterios para la evaluación del nivel de impacto o consecuencia

Clasificación	Criterio
Impacto operacional (IO).	
10	Pérdidas de producción superiores al 75%
7	Pérdidas de producción entre 50% y el 74%.
5	Pérdidas de producción entre 25% y el 49%.
3	Pérdidas de producción entre 10% y el 24%
1	Pérdidas de producción menor al 10%.
Impacto en costes de mantenimiento	
4	No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy grandes.
2	Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempos de reparación y logística intermedios.
1	Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación y logística pequeños.
Impacto en costes de mantenimiento	
2	Coste de reparación, materiales y mano de obra superiores a 20 000 dólares.
1	Coste de reparación, materiales y mano de obra inferiores a 20 000 dólares.
Factor de impacto en seguridad, higiene y ambiente	
8	Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor que exceden los límites permitidos.
6	Riesgo medio de pérdidas de vida, daños importantes a la salud e incidentes ambientales de difícil restauración.
3	Riesgo mínimo de pérdida de vidas y afecciones a la salud e incidente ambiental menor.

Fuente. Parras y Crespo [20, p. 61]

Anexo 13. Matriz de clasificación de nivel de Criticidad.

4	SC	C	C	MC	MC
3	SC	SC	C	MC	MC
2	NC	NC	SC	C	C
1	NC	NC	SC	SC	C
	10	20	30	40	50

Fuente. Parras y Crespo [20, p. 61]

Anexo 14. Resultados del análisis de criticidad de las máquinas del área de producción

Máquina	FF	IO	FO	CM	SAH	C	Total	Nivel de criticidad
Seccionadora	4	7	4	1	3	32	128	Muy crítico
Enchapadora 1	4	7	2	1	6	21	84	Crítico
Enchapadora 2	4	7	2	1	6	21	84	Crítico
Enchapadora Curvo	2	3	4	1	1	14	28	No crítico
Compresora 1	2	3	4	1	6	19	38	No crítico
Compresora 2	4	8	4	1	6	39	156	Muy crítico
Compresora 3	2	5	4	1	6	27	54	Semi crítico
Escuadradora 1	3	5	2	1	6	17	51	Semi crítico
Escuadradora 2	3	5	2	1	6	17	51	Semi crítico
Postformadora	1	2	2	1	3	8	8	No crítico

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 15. Cálculo del Overall Equipment Effectiveness (OEE).

Anexo 14.1. Tiempos disponibles y laborales del 2019 en Leoncito S.A.

TD		
lunes-viernes	sábado	(horas)
21	4	209
20	4	200
21	5	214
19	3	186
22	3	213
20	4	230
20	3	245
21	4	239
21	4	239
22	4	248
21	5	268
19	4	233
247	47	2 724

Fuente: leoncito S. A.

Anexo 14.2 Tiempos de preparación y ajuste de la Seccionadora.

Mes	Transporte (h)	Programación (h)	T. preparación (h)
Enero	36,4	10,0	46,4
Febrero	26,9	7,2	34,1
Marzo	25,4	8,2	33,5
Abril	27,4	8,0	35,4
Mayo	58,6	10,7	69,2
Junio	60,1	10,2	70,3
Julio	78,3	13,0	91,3
Agosto	58,1	15,5	73,6
Septiembre	4,2	13,7	17,8
Octubre	4,3	13,0	17,3
Noviembre	4,3	16,0	20,3
Diciembre	3,8	14,0	17,8

Fuente: leoncito S. A.

Anexo 14.3 Producción y tiempos de preparación y paradas en el 2019.

Mes	Producción (unidades)	Preparación y ajuste (horas)	Paradas		Defectos (unidades)
			horas	#	
Enero	655	46,44	11	5	6
Febrero	450	34,10	2	1	4
Marzo	400	33,54	5	1	4
Abril	430	35,44	5	5	4
Mayo	820	69,23	10,3	3	8
Junio	875	70,29	77	5	10
Julio	1 339	91,25	26	4	13
Agosto	1 534	73,58	4	2	14
Septiembre	1 700	17,83	36	4	10
Octubre	2 250	17,33	28,7	3	11
Noviembre	2 620	20,33	0	0	8
Diciembre	2 340	17,83	0	0	8

Fuente: leoncito S. A.

Anexo 14.4. Tiempos disponibles de la Seccionadora en el 2019.

Mes	TPP	TPA	TOP	TPNP	TON	TOU	TPD	TPN
	(horas)	(horas)	(horas)	(horas)	(horas)	(horas)	(horas)	(horas)
Enero	184,00	25,00	46,44	137,56	11,00	126,56	54,58	0,50
Febrero	176,00	24,00	34,10	141,90	2,00	139,90	37,50	0,33
Marzo	188,00	26,00	33,54	154,46	5,00	149,46	33,33	0,33
Abril	164,00	22,00	35,44	128,56	5,00	123,56	35,83	0,33
Mayo	188,00	25,00	69,23	118,77	10,33	108,44	68,33	0,67
Junio	226,00	4,00	70,29	155,71	77,00	78,71	72,92	0,83
Julio	237,33	7,67	91,25	146,08	26,00	120,08	111,58	1,08
Agosto	214,00	25,00	73,58	140,42	4,00	136,42	127,83	1,17
Septiembre	234,00	5,00	17,83	216,17	36,00	180,17	141,67	0,83
Octubre	243,67	4,33	17,33	226,33	28,67	197,67	187,50	0,92
Noviembre	263,67	4,33	20,33	243,33	0,00	243,33	218,33	0,67
Diciembre	225,33	7,67	17,83	207,50	0,00	207,50	195,00	0,67
TOTAL	2 544,00	180,00	527,21	2 016,79	205,00	1 811,80	1 284,42	8,33

Fuente: leoncito S. A.

Anexo 14.5. OEE de la Seccionadora en el 2019.

Mes	Metas 2019			
	90%	95%	99%	85%
	A	h	q	OEE
Enero	68,78%	43,13%	99,08%	29,39%
Febrero	79,49%	26,81%	99,11%	21,12%
Marzo	79,50%	22,30%	99,00%	17,55%
Abril	75,34%	29,00%	99,07%	21,65%
Mayo	57,68%	63,01%	99,02%	35,99%
Junio	34,83%	92,64%	98,86%	31,90%
Julio	50,60%	92,92%	99,03%	46,56%
Agosto	63,75%	93,71%	99,09%	59,19%
Septiembre	76,99%	78,63%	99,41%	60,19%
Octubre	81,12%	94,86%	99,51%	76,57%
Noviembre	92,29%	89,73%	99,69%	82,55%
Diciembre	92,09%	93,98%	99,66%	86,24%
TOTAL	71,22%	70,89%	99,35%	50,16%

Fuente: leoncito S. A.

Anexo 14.6. Tiempos de preparación y ajuste de la Enchapadora 1.

Mes	Transporte (h)	Programación (h)	Cambio de rollo (h)	T. preparación (h)
Enero	30,0	5,0	12,6	47,6
Febrero	21,5	3,6	11,3	36,3
Marzo	24,5	4,1	11,3	39,8
Abril	24,0	4,0	11,2	39,2
Mayo	32,0	5,3	14,0	51,3
Junio	30,5	5,1	13,8	49,3
Julio	39,0	6,5	17,6	63,1
Agosto	7,8	7,8	18,9	34,4
Septiembre	6,8	6,8	19,8	33,5
Octubre	6,5	6,5	31,3	44,3
Noviembre	8,0	8,0	33,3	49,3
Diciembre	7,0	7,0	31,7	45,7

Fuente: leoncito S. A.

Anexo 14.7. Producción y tiempos de preparación y paradas en el 2019.

Canteado de piezas de melamina - 2019						
Mes	Producción (unidades)	Preparación y ajuste (horas)	Paradas		Defectos (unidades)	
			horas	#		
Enero	15 100	47,58	20,00	6	30	
Febrero	14 600	36,33	2,00	1	5	
Marzo	13 500	39,83	33,00	2	10	
Abril	14 000	39,17	9,00	5	25	
Mayo	17 800	51,33	3,33	2	10	
Junio	18 500	49,33	26,00	5	25	
Julio	21 100	63,08	22,00	2	10	
Agosto	22 700	34,42	6,00	2	10	
Septiembre	23 800	33,50	55,00	5	25	
Octubre	37 500	44,25	17,25	3	15	
Noviembre	40 500	49,25	0,00	0	5	
Diciembre	38 000	45,67	20,25	0	10	

Fuente: leoncito S. A.

Anexo 14.8. Tiempos disponibles de la Enchapadora 1 en el 2019.

Mes	TPP	TPA	TOP	TPNP	TON	TOU	TPD	TPN
	(horas)	(horas)	(horas)	(horas)	(horas)	(horas)	(horas)	(horas)
Enero	13	47,6	148,9	20,0	128,9	60,4	0,12	60,28
Febrero	12	36,3	151,7	2,0	149,7	58,4	0,02	58,38
Marzo	13	39,8	161,2	33,0	128,2	54,0	0,04	53,96
Abril	11	39,2	135,8	9,0	126,8	56,0	0,10	55,90
Mayo	13	51,3	149,2	3,3	145,8	71,2	0,04	71,16
Junio	12	49,3	168,7	26,0	142,7	74,0	0,10	73,90
Julio	12	63,1	170,4	22,0	148,4	84,4	0,04	84,36
Agosto	6	34,4	198,3	6,0	192,3	90,8	0,04	90,76
Septiembre	6	33,5	199,3	55,0	144,3	95,2	0,10	95,10
Octubre	7	44,3	197,3	17,3	180,0	150,0	0,06	149,94
Noviembre	7	49,3	212,3	0,0	212,3	162,0	0,02	161,98
Diciembre	6	45,7	181,6	20,3	161,3	152,0	0,04	151,96
TOTAL	116	533,7	2 074,5	213,8	1 860,7	1 108,4	0,72	1 108

Fuente: leoncito S. A.

Anexo 14.9. OEE de la Enchapadora 1 en el 2019.

Mes	Metas 2019			
	90%	95%	99%	85%
	A	h	q	OEE
Enero	65,61%	46,85%	99,80%	30,68%
Febrero	79,61%	39,02%	99,97%	31,05%
Marzo	63,77%	42,13%	99,93%	26,85%
Abril	72,47%	44,15%	99,82%	31,94%
Mayo	72,74%	48,82%	99,94%	35,49%
Junio	65,44%	51,87%	99,86%	33,90%
Julio	63,56%	56,87%	99,95%	36,13%
Agosto	82,63%	47,21%	99,96%	38,99%
Septiembre	61,98%	66,00%	99,89%	40,86%
Octubre	74,53%	83,33%	99,96%	62,09%
Noviembre	81,17%	76,33%	99,99%	61,94%
Diciembre	70,99%	94,22%	99,97%	66,87%
TOTAL	71,34%	59,57%	99,94%	42,47%

Fuente: leoncito S. A.

Anexo 14.10. Tiempos de preparación y ajuste de la Enchapadora 2.

Mes	Transporte (h)	Limpieza (h)	Programación (h)	Cambio de rollo (h)	T. preparación (h)
Enero	10,0	6,8	3,0	8,2	21,2
Febrero	7,2	6,0	2,2	7,0	16,3
Marzo	8,2	6,5	2,5	7,0	17,6
Abril	8,0	6,0	2,4	7,1	17,5
Mayo	10,7	6,5	3,2	9,8	23,6
Junio	10,2	6,0	3,1	9,7	22,9
Julio	13,0	6,5	3,9	12,9	29,8
Agosto	15,5	6,5	4,7	14,0	34,2
Septiembre	4,1	6,3	4,1	15,1	23,3
Octubre	3,9	6,5	3,9	18,8	26,6
Noviembre	4,8	6,5	4,8	21,2	30,8
Diciembre	4,2	6,3	4,2	18,8	14,2

Fuente: leoncito S. A.

Anexo 14.11. Producción y tiempos de preparación y paradas en el 2019.

Corte de planchas de melamina - 2019					
Mes	Producción (unidades)	Preparación y ajuste (horas)	Paradas		Defectos (unidades)
			horas	#	
Enero	32 800	21,20	9,00	1	30
Febrero	28 000	16,32	3,00	1	5
Marzo	27 800	17,57	5,00	1	10
Abril	28 200	17,45	4,00	2	60
Mayo	39 000	23,62	1,33	1	10
Junio	38 600	22,87	5,00	2	25
Julio	51 400	29,75	3,00	1	200
Agosto	55 000	34,15	6,00	2	10
Septiembre	56 900	23,30	45,00	5	25
Octubre	71 500	26,55	34,50	4	60
Noviembre	81 100	30,75	0,00	0	5
Diciembre	71 700	14,15	21,25	0	10

Fuente: leoncito S. A.

Anexo 14.12 Tiempos disponibles de la Enchapadora 2 en el 2019.

Mes	TPP (horas)	TPA (horas)	TOP (horas)	TPNP (horas)	TON (horas)	TOU (horas)	TPD (horas)	TPN (horas)
Enero	6	21,2	181,6	9,0	172,6	68,3	0,06	68,3
Febrero	6	16,3	177,7	3,0	174,7	58,3	0,01	58,3
Marzo	7	17,6	189,9	5,0	184,9	57,9	0,02	57,9
Abril	6	17,5	163,1	4,0	159,1	58,8	0,13	58,6
Mayo	6	23,6	183,1	1,3	181,8	81,3	0,02	81,2
Junio	6	22,9	171,1	5,0	166,1	80,4	0,05	80,4
Julio	6	29,8	159,5	3,0	156,5	107,1	0,42	106,7
Agosto	6	34,2	168,6	6,0	162,6	114,6	0,02	114,6
Septiembre	6	23,3	179,5	45,0	134,5	118,5	0,05	118,5
Octubre	7	26,6	185,0	34,5	150,5	149,0	0,13	148,8
Noviembre	7	30,8	176,8	0,0	176,8	169,0	0,01	168,9
Diciembre	6	14,2	171,1	21,3	149,9	149,4	0,02	149,4
TOTAL	74	277,7	2 106,8	137,1	1 969,8	1 212,5	0,94	1 211,6

Fuente: leoncito S. A.

Anexo 14.13. OEE de la Enchapadora 2 en el 2019.

Mes	Metas 2019			
	90% A	95% h	99% q	85% OEE
Enero	85,10%	39,60%	99,91%	33,67%
Febrero	90,04%	33,39%	99,98%	30,06%
Marzo	89,12%	31,32%	99,96%	27,90%
Abril	88,12%	36,94%	99,79%	32,48%
Mayo	87,93%	44,69%	99,97%	39,29%
Junio	85,64%	48,40%	99,94%	41,43%
Julio	82,69%	68,42%	99,61%	56,36%
Agosto	80,20%	70,47%	99,98%	56,50%
Septiembre	66,31%	88,17%	99,96%	58,44%
Octubre	71,13%	99,01%	99,92%	70,37%
Noviembre	85,18%	95,59%	99,99%	81,42%
Diciembre	80,89%	99,68%	99,99%	80,62%
TOTAL	82,61%	61,56%	99,92%	50,81%

Fuente: leoncito S. A.

Anexo 14.14. Eficiencia de la Compresora 2

	Producción Esperada (m ³ /h)	Producción Real (m ³ /h)	Eficiencia (%)
Enero	15 903,0	15 005,3	94,35
Febrero	15 219,0	15 048,0	98,88
Marzo	16 287,8	15 860,3	97,38
Abril	14 150,3	13 765,5	97,28
Mayo	16 202,3	16 088,3	99,30
Junio	17 784,0	15 475,5	87,02
Julio	19 109,3	17 313,8	90,60
Agosto	18 468,0	18 211,5	98,61
Septiembre	18 468,0	15 390,0	83,33
Octubre	19 152,0	18 083,3	94,42
Noviembre	20 904,8	20 904,8	100
Diciembre	18 126,0	18 126,0	100

Fuente: elaboración propia.

Anexo 14.15. Tiempos disponibles de la Compresora 2

Tiempo disponible	2 724,0		
Tiempo de funcionamiento	2 588,8	135,3	Tiempo de parada planificada
Tiempo de Operación	2 453,5	135,3	Tiempo de preparación
Tiempo de Operación Neta	2 330,7	122,8	Tiempo de parada no planificada
Tiempo Productivo Neto	2 330,7	0,0	Tiempo perdido por defecto

Fuente: Elaboración propia adaptado de [17]

Anexo 14.16. OEE de la Compresora 2

Disponibilidad =	90,03%
Eficiencia =	94,99%
Calidad =	100,00%
OEE =	85,52%

Anexo 16. Cálculo de la Productividad alcanzada.

Anexo 15.1. Productividad alcanzada por la seccionadora en el 2019.

Mes	Horas empleadas (h)	Horas disponibles (h)	Unidades producidas (h)	Unidades programadas (h)	Productividad alcanzada (%)
Enero	54,58	127	488	493	42,69
Febrero	37,50	140	342	366	25,05
Marzo	33,33	149	307	372	18,41
Abril	35,83	124	326	327	28,91
Mayo	68,33	108	626	631	62,52
Junio	72,92	79	669	688	90,08
Julio	111,58	120	1 030	1 071	89,36
Agosto	127,83	136	1 180	1 333	82,95
Septiembre	141,67	180	1 308	1 368	75,18
Octubre	187,50	198	1 732	1 750	93,88
Noviembre	218,33	243	2 012	2 251	80,20
Diciembre	195,00	208	1 792	2 400	70,17
TOTAL	1 284,42	1 812	11 812	13 050	64

Fuente: Leoncito S. A.

Anexo 15.2. Productividad alcanzada por la Enchapadora 1 en el 2019.

Mes	Horas empleadas (h)	Horas disponibles (h)	Unidades producidas (h)	Unidades programadas (h)	Productividad alcanzada (%)
Enero	60,40	129	488	493	46,38
Febrero	58,40	150	342	366	36,46
Marzo	54,00	128	307	372	34,77
Abril	56,00	127	326	327	44,02
Mayo	71,20	146	626	631	48,43
Junio	74,00	143	669	688	50,44
Julio	84,40	148	1 030	1 071	54,69
Agosto	90,80	192	1 180	1 333	41,79
Septiembre	95,20	144	1 308	1 368	63,10
Octubre	150,00	180	1 732	1 750	82,48
Noviembre	162,00	212	2 012	2 251	68,22
Diciembre	152,00	161	1 792	2 400	70,35
TOTAL	1 108,40	1 861	11 812	13 050	54

Fuente: Leoncito S. A.

Anexo 15.3. Productividad alcanzada por la Enchapadora 2 en el 2019.

Mes	Horas empleadas (h)	Horas disponibles (h)	Unidades producidas (h)	Unidades programadas (h)	Productividad alcanzada (%)
Enero	68,33	173	488	493	39,20
Febrero	58,33	175	342	366	31,20
Marzo	57,92	185	307	372	25,85
Abril	58,75	159	326	327	36,83
Mayo	81,25	182	626	631	44,34
Junio	80,42	166	669	688	47,07
Julio	107,08	157	1 030	1 071	65,80
Agosto	114,58	163	1 180	1 333	62,38
Septiembre	118,54	134	1 308	1 368	84,30
Octubre	148,96	150	1 732	1 750	97,99
Noviembre	168,96	177	2 012	2 251	85,44
Diciembre	149,38	150	1 792	2 400	74,43
TOTAL	1 212,50	1 970	11 812	13 050	56

Fuente: Leoncito S. A.

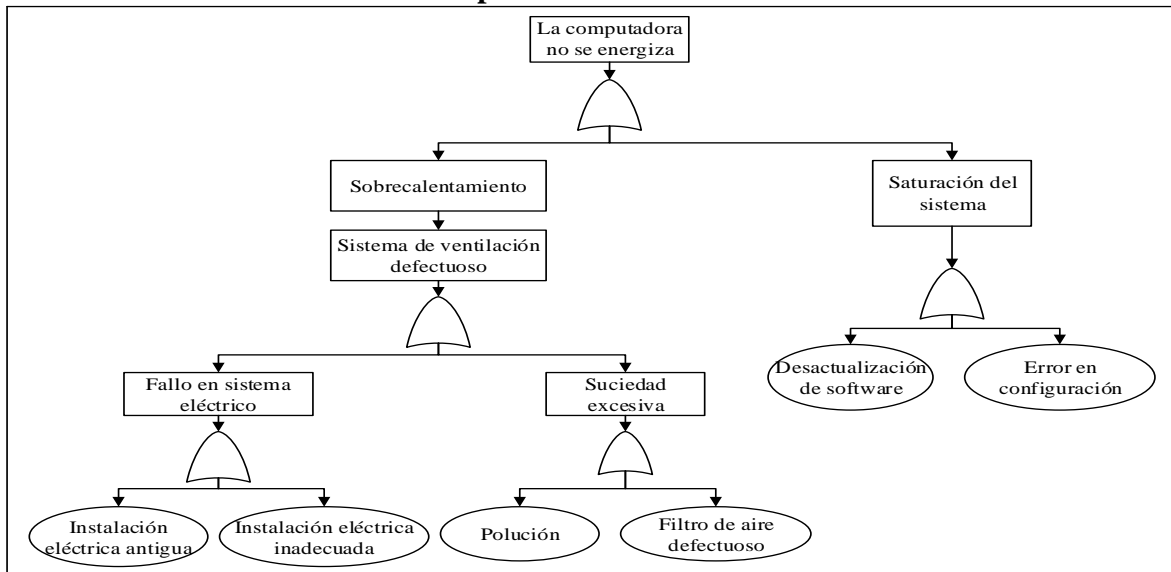
Anexo 15.4. Productividad alcanzada por la Compresora 2 en el 2019

Mes	Horas empleadas (h)	Horas disponibles (h)	Unidades producidas (h)	Unidades programadas (h)	Productividad alcanzada (%)
TOTAL	2 330,67	2 454	11 812	13 050	86

Fuente: Leoncito S. A.

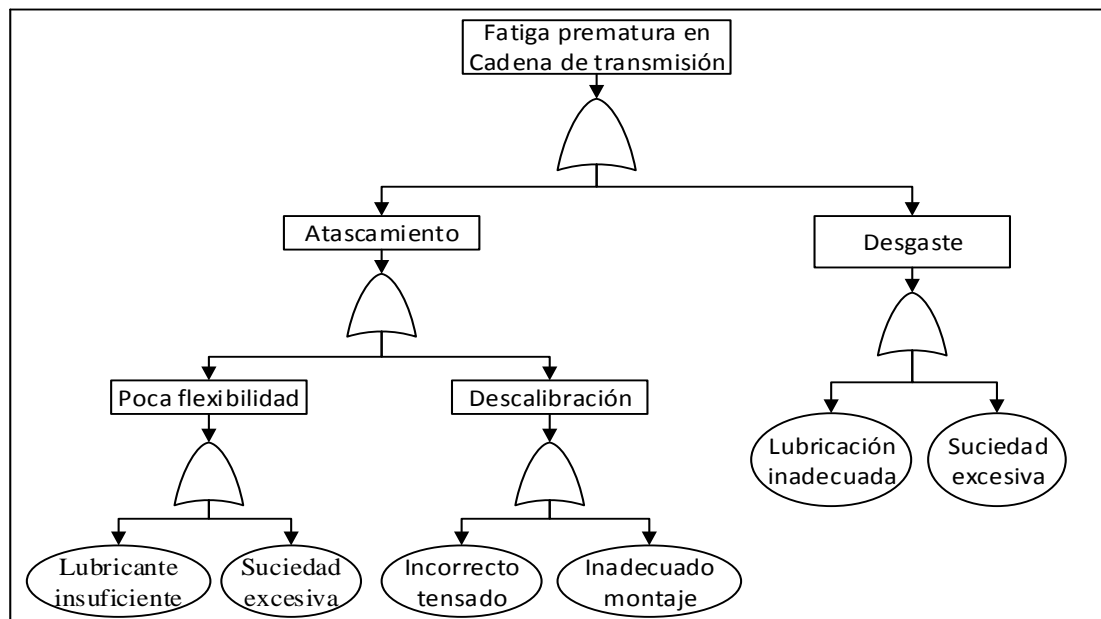
Anexo 17. Árbol de fallas de máquina Seccionadora.

Anexo 16.1. Árbol de fallas de computadora.



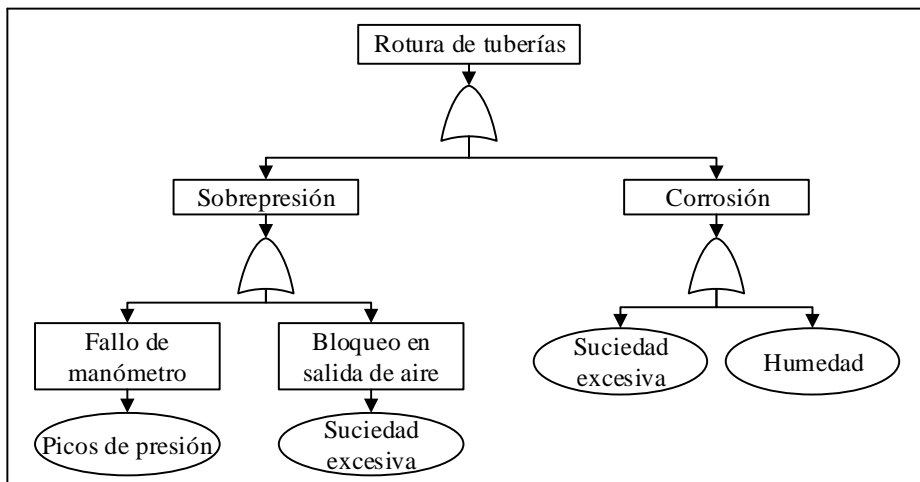
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 16.2. Árbol de fallas de cadena de transmisión.



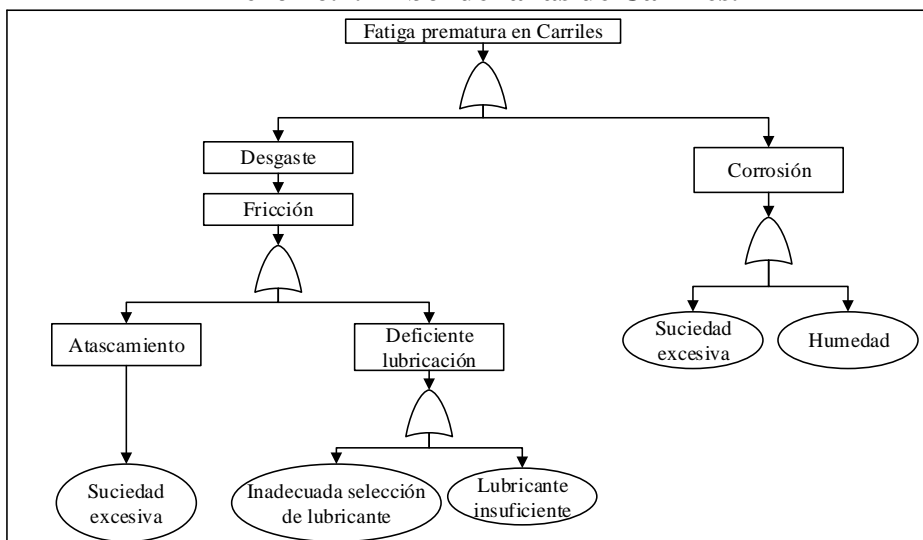
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 16.3. Árbol de fallas de Tuberías.



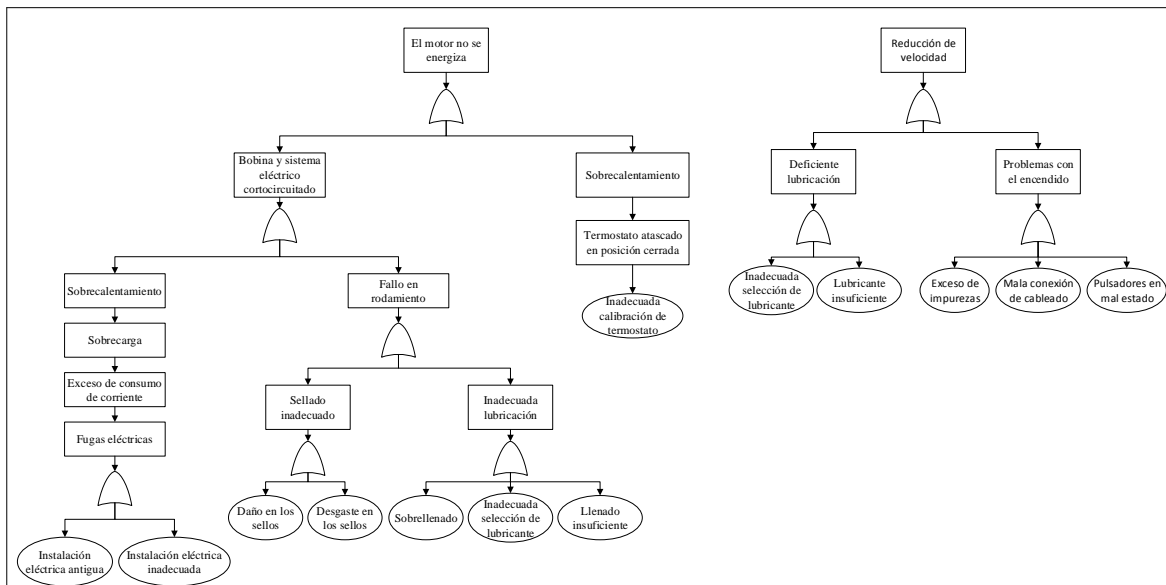
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 16.4. Árbol de fallas de Carriles.



Fuente: Elaboración propia.

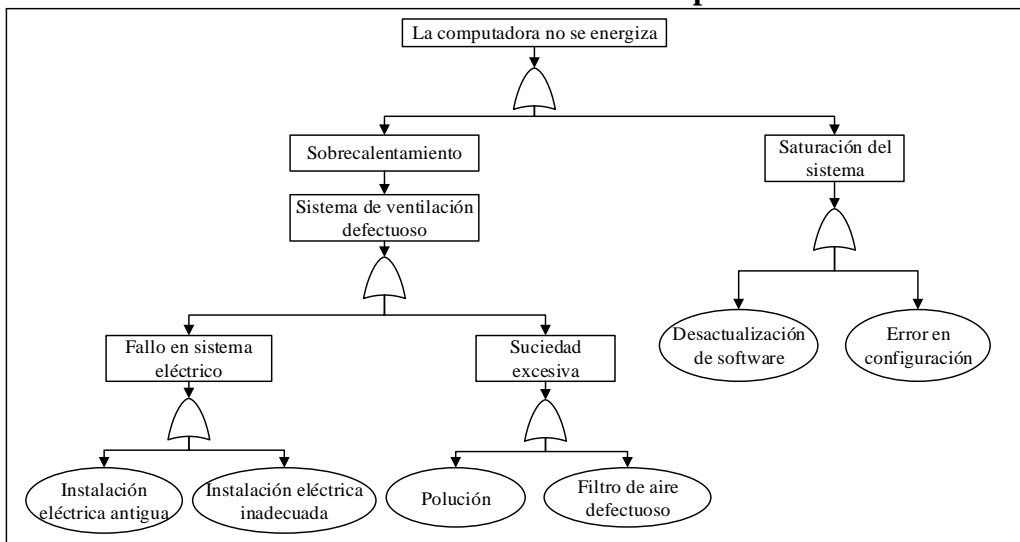
Anexo 16.5. Árbol de fallas de Motor eléctrico.



Fuente: Elaboración propia.

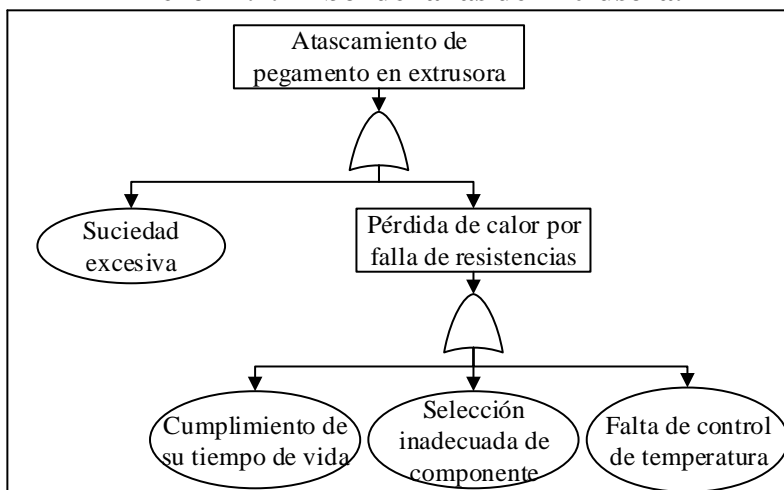
Anexo 18. Árbol de fallas de máquina Enchapadora 1.

Anexo 17.1. Árbol de fallas de computadora



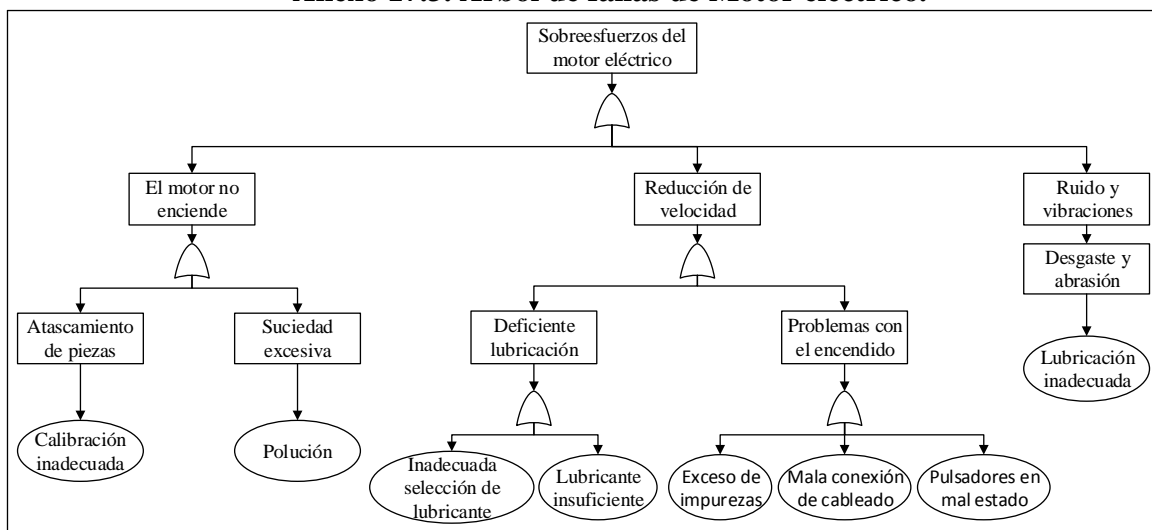
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 17.2. Árbol de fallas de Extrusora.



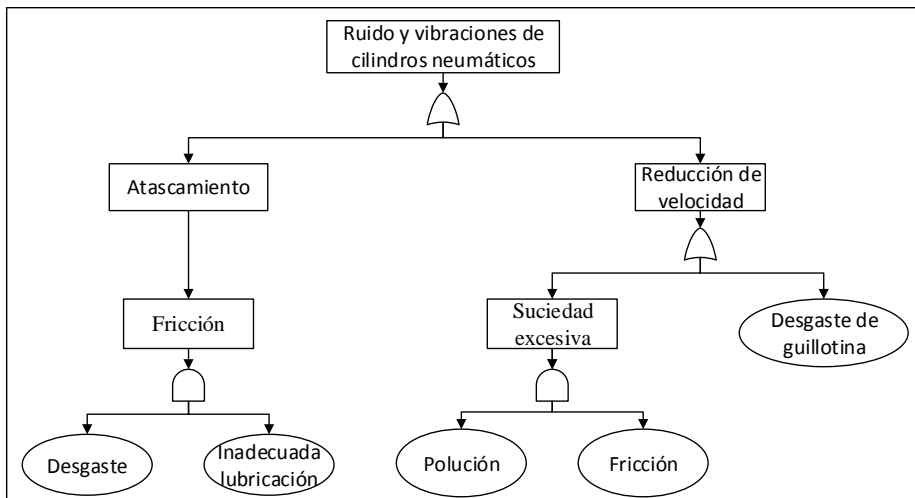
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 17.3. Árbol de fallas de Motor eléctrico.



Fuente: Elaboración propia.

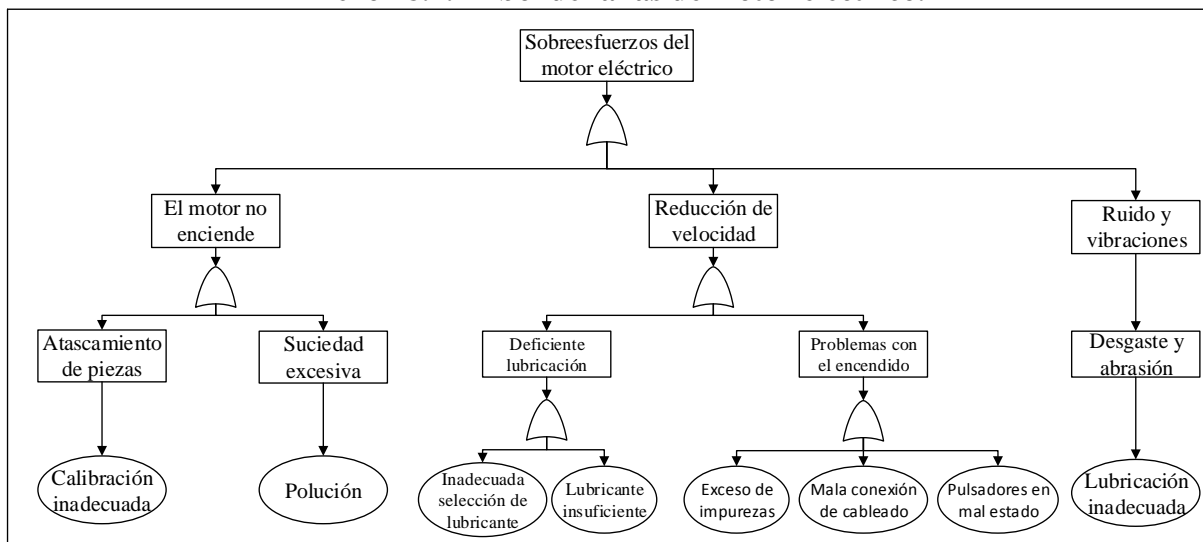
Anexo 17.4. Árbol de fallas de Cilindros neumáticos.



Fuente: Elaboración propia.

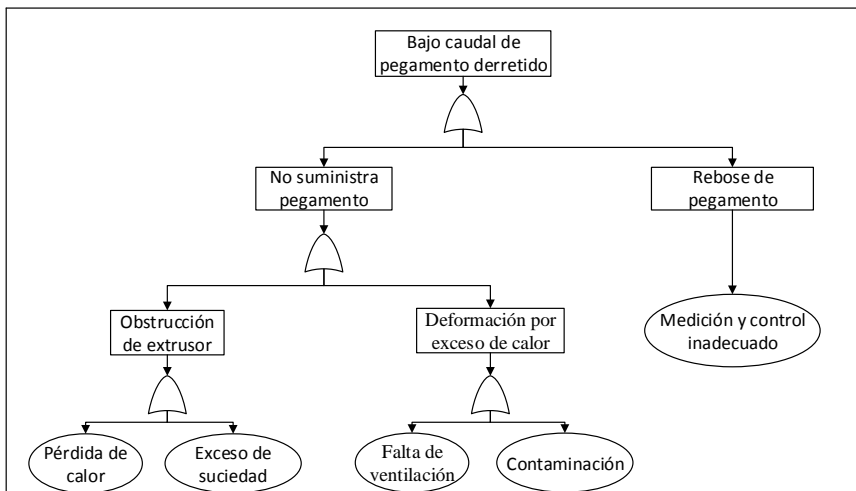
Anexo 19. Árbol de fallas de Enchapadora 2.

Anexo 18.1. Árbol de fallas de motor eléctrico.



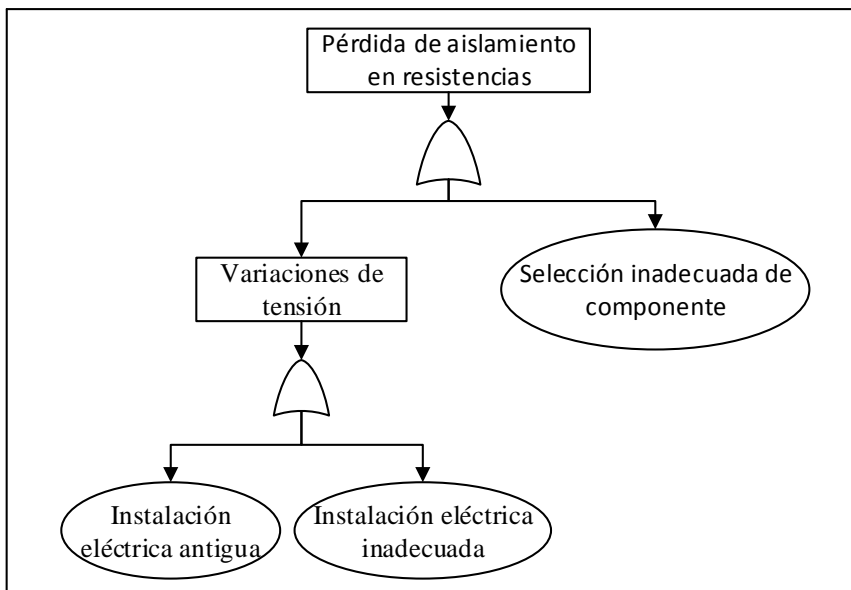
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 18.2. Árbol de fallas de Calderín.



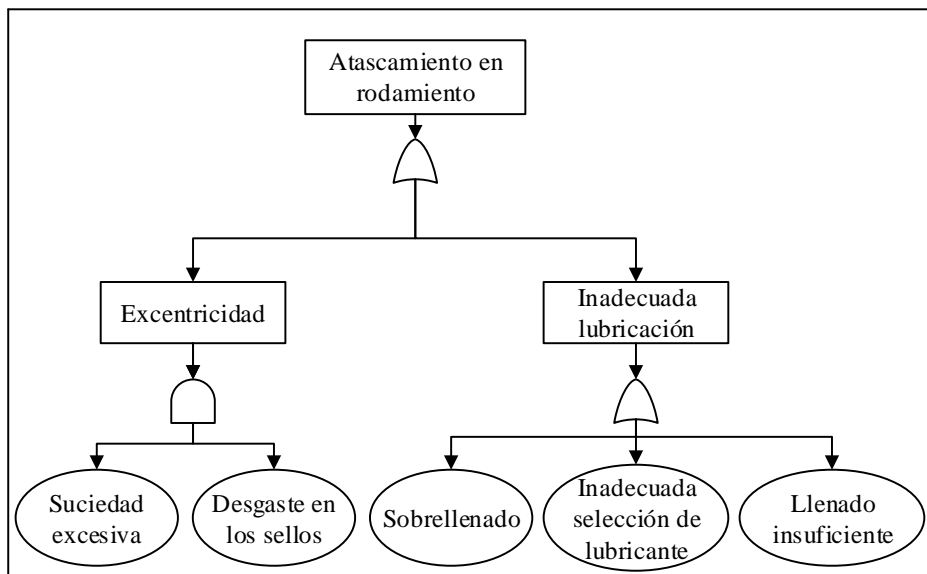
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 18.3. Árbol de fallas de resistencias.



Fuente: Elaboración propia.

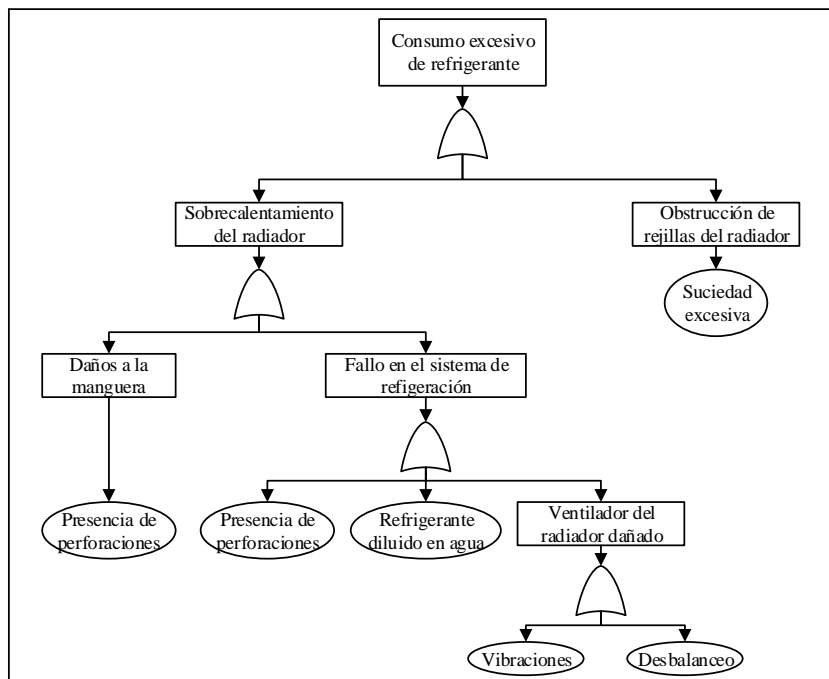
Anexo 18.4. Árbol de fallas de rodamiento.



Fuente: Elaboración propia.

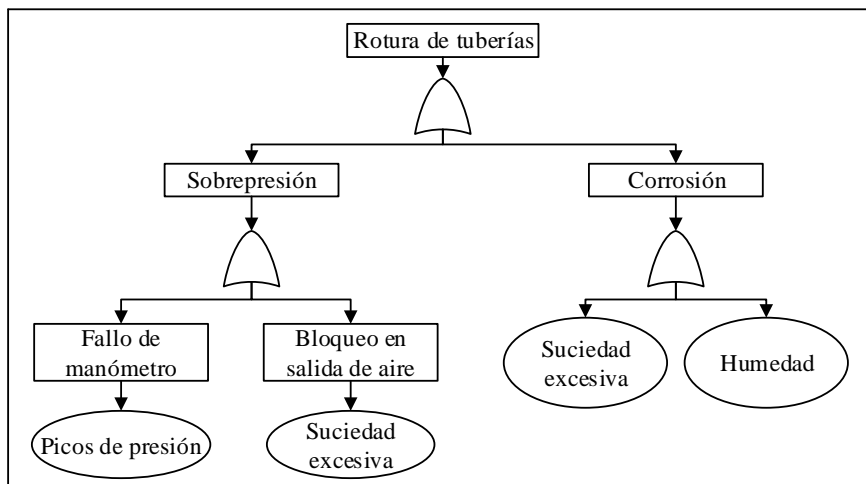
Anexo 20. Árbol de fallas de Compresora.

Anexo 19.1. Árbol de fallas de radiador.



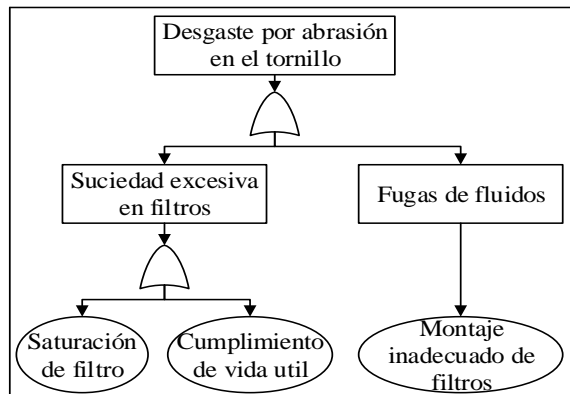
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 19.2. Árbol de fallas de tuberías.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 19.3. Árbol de fallas de tornillo.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 21. Análisis de Modo y Efecto de Falla de las máquinas críticas.

Anexo 20.1. AMEF de la Seccionadora

Componente	Función del equipo	Modo potencia de Falla	Efectos potenciales de Falla	SEV	Causa potencial de Falla	OCC	Procesos de control actual	DET	RPN
Motor eléctrico	Generar movimiento a partir de energía eléctrica	Bobina y sistema eléctrico cortocircuitado	Fugas eléctricas, exceso de consumo de corriente, sobrecarga	8	Instalación eléctrica antigua o inadecuada	5	Correctivo	9	360
		Sobrecalentamiento	Atascamiento del termostato en posición cerrada	8	Inadecuada calibración del termostato	6	Correctivo	4	192
		Reducción de la velocidad	Deficiente lubricación	6	Insuficiente lubricante o Inadecuada selección del mismo	7	Correctivo	3	126
			Problemas con el encendido	7	Exceso de impurezas	8	Inspección visual	3	168
Rodamiento	Favorecer y amortiguar el movimiento rotatorio del eje	Sellado inadecuado	Introducción de contaminantes en el rodamiento	7	Daños o desgaste en el sello	5	Correctivo	9	315
		Inadecuada lubricación	Desgaste por rozamiento del componente	7	Sobrellenado o llenado insuficiente de lubricante, Inadecuada selección del lubricante	7	Correctivo	5	245
Cadena de transmisión	Desplazar la corredera	Fatiga prematura en cadena de transmisión	Atascamiento	8	Poca flexibilidad por lubricación insuficiente o suciedad excesiva, des calibración por incorrecto tensado o inadecuado montaje	5	Correctivo	5	200
			Desgaste	8	Lubricación inadecuada o Suciedad excesiva	5	Inspección visual	6	240
Tubería	Conducir aire comprimido hacia componentes neumáticos	Rotura de tuberías	Sobrepresión	8	Fallo de manómetro por picos de presión, Bloqueo en salida de aire por suciedad excesiva	4	Correctivo	9	288
			Corrosión	6	Suciedad excesiva y presencia de humedad	4	Inspección visual	2	48

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 20.1. AMEF de la Seccionadora (Continuación)

Componente	Función del equipo	Modo potencia de Falla	Efectos potenciales de Falla	SEV	Causa potencial de Falla	OCC	Procesos de control actual	DET	RPN
Carriles	Guiar el paso de las cuchillas para seccionar la plancha de melamina.	Fatiga prematura en carriles	Desgaste	8	Atascamiento por suciedad excesiva, Inadecuada lubricación por mala selección de lubricante o insuficiente lubricante	5	Correctivo	2	80
			Corrosión	6					
Computadora	Ordenador para configurar y accionar el funcionamiento de máquina	La computadora no se energiza	Sobrecalentamiento	5	Fallo en el sistema eléctrico por instalaciones antiguas o inadecuadas, Suciedad excesiva por polución o filtros de aire defectuosos	6	Correctivo	6	180
			Saturación de sistema	8					

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 20.2. AMEF de la Enchapadora 1

Componente	Función del equipo	Modo potencia de Falla	Efectos potenciales de Falla	SEV	Causa potencial de Falla	OCC	Procesos de control actual	DET	RPN
Extrusora	Sistema de derretimiento de pegamento granulado y pegado	Atascamiento de pegamento en extrusora	Piezas defectuosas al no verter la cantidad adecuada de pegamento	7	Suciedad excesiva, Pérdidas de calor por inadecuada selección de resistencias o falta de control de temperatura	7	Correctivo	5	245
Motor eléctrico	Generar movimiento a partir de energía eléctrica	Sobreesfuerzos del motor eléctrico	El componente no enciende	8	Atascamiento de piezas por calibración inadecuada, Suciedad excesiva por polución	8	Correctivo	5	320
			Reducción de velocidad	6	Deficiente lubricación por insuficiente o inadecuada selección de lubricante, problemas de encendido por exceso de impurezas o mala conexión de cableado o pulsadores en mal estado	7	Correctivo	6	252
			Ruido y vibraciones	6	Desgaste y abrasión por lubricación inadecuada	7	Correctivo	2	84

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 20.2. AMEF de la Enchapadora 1 (Continuación)

Componente	Función del equipo	Modo potencia de Falla	Efectos potenciales de Falla	SEV	Causa potencial de Falla	OCC	Procesos de control actual	DET	RPN
Cilindros neumáticos	Desplaza componentes por medio de aire comprimido	Ruidos y vibraciones	Atascamientos	8	Fricción por desgaste o inadecuada lubricación	5	Correctivo	3	120
			Reducción de velocidad	6	Suciedad excesiva por polución o fricción, Desgaste de guillotina	5	Inspección visual	3	90
Computadora	Ordenador para configurar y accionar el funcionamiento de máquina	La computadora no se energiza	Sobrecalentamiento	5	Fallo en sistema eléctrico por instalación eléctrica antigua o inadecuada	4	Correctivo	7	140
				4	Suciedad excesiva por polución o filtro de aire defectuoso	6	Inspección visual	7	168
			8	Saturación del sistema	7	Desactualización del software o error de configuración	7	Correctivo	3

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 20.3. AMEF de la Enchapadora 2.

Componente	Función del equipo	Modo potencia de Falla	Efectos potenciales de Falla	SEV	Causa potencial de Falla	OCC	Procesos de control actual	DET	RPN
Resistencia	Transmitir calor para derretir pegamento granulado	Pérdida de aislamiento térmico	Variación de tensión	8	Selección inadecuada de componente, Instalaciones eléctricas antiguas o inadecuadas	8	Inspección visual y limpieza	6	384
Rodamiento	Favorecer y amortiguar el movimiento rotatorio del eje	Atascamiento en rodamientos	Excentricidad	7	Suciedad excesiva o desgaste de los sellos	5	Correctivo	9	315
			Inadecuada lubricación	7	Sobre sellado o inadecuada selección de lubricante o llenado insuficiente	6	Inspección visual	5	210
Motores eléctricos	Generar movimiento a partir de energía eléctrica	Sobreesfuerzos del motor eléctrico	Motor no enciende	8	Atascamiento de piezas por calibración inadecuada o suciedad excesiva por polución	6	Correctivo	8	384
			Reducción de velocidad	6	Deficiente lubricación por inadecuada selección de lubricantes o lubricantes ineficientes	7	Correctivo	5	210
				7	Problemas con encendido por exceso de impurezas o mala conexión de cableado o pulsadores en mal estado	7	Correctivo	7	
			Ruido y vibraciones	4	Desgaste y abrasión por lubricación inadecuada	6	Correctivo	2	48

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 20.3. AMEF de la Enchapadora 2 (Continuación).

Componente	Función del equipo	Modo potencia de Falla	Efectos potenciales de Falla	SEV	Causa potencial de Falla	OCC	Procesos de control actual	DET	RPN
Calderín	Sistema de derretimiento de pegamento granulado y pegado	Bajo caudal de pegamento derretido	No suministra pegamento	8	Obstrucción de extrusor por pérdida de calor o exceso de suciedad	7	Correctivo	3	168
					Deformación por exceso de calor por falta de ventilación o contaminación	4	Correctivo	2	
			Rebose de pegamento	5	Medición y control inadecuado	6	Correctivo	2	60

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 20.4. AMEF de la Compresora 2.

Componente	Función del equipo	Modo potencia de Falla	Efectos potenciales de Falla	SEV	Causa potencial de Falla	OCC	Procesos de control actual	DET	RPN
Filtros	Evitar el ingreso de impurezas o contaminantes	Desgaste por abrasión en el tornillo	Suciedad excesiva en filtros	8	Saturación de filtro o cumplimiento de vida útil	7	Preventivo	3	168
			Fugas de fluidos	9	Montaje inadecuado de filtros	3	Correctivo	3	81
Tuberías	Conduce el aire comprimido y lo distribuye	Rotura de tuberías	Sobrepresión	9	Fallo de manómetro por picos de presión o bloqueo en salida de aire por suciedad excesiva	3	Correctivo	5	135
			Corrosión	6	Suciedad excesiva o humedad	3	Correctivo	2	36
Radiador	Sistema de enfriamiento de motor	Consumo excesivo de refrigerante	Sobrecalentamiento del radiador	7	Daños a la manguera por presencia de perforaciones	5	Preventivo	3	105
					Fallo en el sistema de refrigeración por presencia de perforaciones o refrigerante diluido en agua o ventilador del radiador dañado	7	Correctivo	5	0
			Obstrucción de rejillas del radiador	4	Suciedad excesiva	8	Correctivo	2	64

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 22. Evaluación de Conocimientos y capacidades a operarios de Leoncito S. A.

Calificación del trabajo	Conceptos de conocimiento / capacidad	Operarios por máquina										
		Enchapadora 1		Enchapadora 2		Seccionadora	Escuadradora 1	Escuadradora 2	Postformadora	Enchapadora Curvo	Todas	
		Op. 1	Op. 2	Op. 3	Op. 4	Op. 5	Op. 6	Op. 7	Op. 8	Op. 9	Técnico de Mantenimiento	
Básico	1. Uso / conocimiento de pernos y tuercas	▲	✓	✓	✗	▲	✓	✓	✗	✗	✓	
	2. Uso / conocimiento de herramientas	✗	▲	▲	✗	●	●	●	✗	✗	✓	
	3. Uso / conocimiento de llaves	▲	●	●	▲	●	●	●	▲	▲	✓	
	4. Conocimiento de motores y sus métodos de montaje	✗	▲	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	●	
Capacidades de taller	5. Teoría / práctica de limado	✗	✗	▲	✗	✗	●	●	✗	✗	●	
	6. Teoría / práctica de rectificado	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	▲	
	7. Teoría / práctica de soldadura	✗	▲	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	▲	
Ensamble	8. Uso / conocimiento de discos de corte	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓	
	9. Uso / conocimiento de cremalleras, bandas de trasmisión y engranajes.	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	●	
	10. Instalación y calibración de sensores	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	●	
	11. Habilidad para evaluar y actuar contra fallos inesperados	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	
Neumática	12. Uso / conocimiento de electroválvulas y reguladores de presión	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	▲	
	13. Uso / conocimiento de filtros	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	
	14. Uso / conocimiento de tuberías neumáticas	✗	✗	✗	✗	●	✗	✗	✗	✗	●	
	15. Conocimiento de <i>layouts</i> de tuberías neumática	✗	✗	✗	✗	▲	✗	✗	✗	✗	▲	
Electricidad	16. Conocimiento de componentes eléctricos	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	▲	
Lubricación	17. Conocimiento de lubricación	●	✗	▲	✗	▲	✗	✗	✗	✗	●	
Fundamentos	18. Conocimientos de componentes y sus aplicaciones	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	✓	
	19. Uso / conocimiento de instrumentos de medición	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	●	
Seguridad	20. Conocimientos y atención a la seguridad	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
Puntuación (máx. 20)		Conocimiento		4	6	6	3	6	3	3	3	13
		Capacidad		1	2	2	0	4	4	4	0	0
LEYENDA												
✗	Conocimiento y capacidad insatisfactoria	▲	Conocimientos satisfactorio			●	Capacidad satisfactoria		✓	Conocimiento y capacidad satisfactoria		

Fuente. Elaboración propia, adaptado de Suzuki [14, p. 264].

Anexo 23. Selección de los pilares del TPM.

Anexo 22.1. Ponderación para la evaluación de los pilares del TPM

	Factores	I	II	III	IV	Puntaje	Porcentaje
Paro por falla de máquina	I	X	1	1	1	3	38%
Paro por errores de operarios	II	1	X	0	1	2	25%
Paro por ajustes	III	1	0	X	0	1	13%
Paros por reproceso piezas defectuosas	IV	1	1	0	X	2	25%
						8	100%

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 22.2. Pilares del TPM a evaluar.

PILARES DEL TPM	LETRA
Mejoras enfocadas	A
Mantenimiento autónomo	B
Mantenimiento Planificado	C
Formación y adiestramiento	D
Gestión temprana de nuevos equipos y productos	E
Mantenimiento de calidad	F
TPM en departamentos administrativos y de apoyo.	G
Gestión de seguridad y del entorno	H

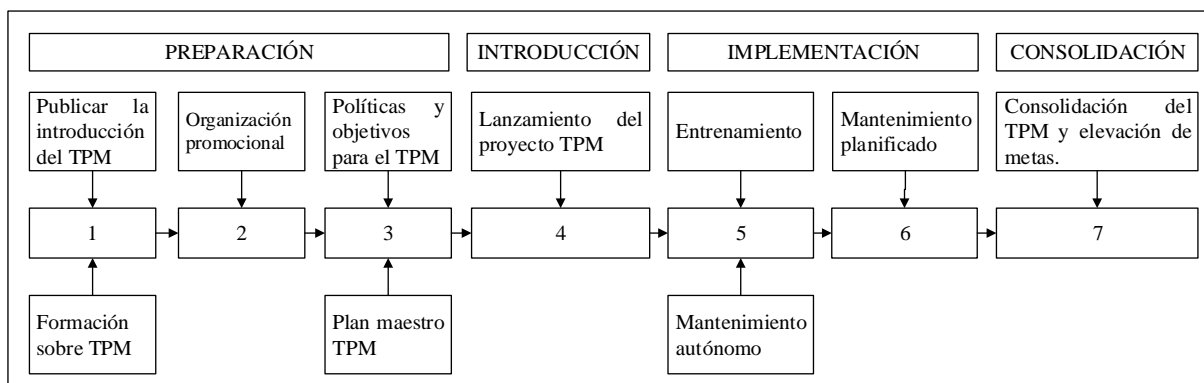
Fuente: elaboración propia. En base a Suzuki [14].

Anexo 22.3. Calificación de los pilares del TPM

Factores	Peso	A		B		C		D		E		F		G		H	
		C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P
Paro por falla de máquina	38%	2	0,75	3	1,13	3	1,13	3	1,13	3	1,13	2	0,75	1	0,38	2	0,75
Paro por errores de operarios	25%	2	0,50	3	0,75	2	0,50	3	0,75	2	0,50	1	0,25	1	0,25	2	0,50
Paro por ajustes	13%	3	0,38	3	0,38	3	0,38	3	0,38	1	0,13	1	0,13	2	0,25	1	0,13
Paros por reproceso piezas defectuosas	25%	3	0,75	2	0,50	3	0,75	3	0,75	1	0,25	3	0,75	1	0,25	1	0,25
		2,38		2,75		2,75		3,00		2,00		1,88		1,13		1,63	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 24. Plan de implementación del TPM



Fuente: Elaboración propia. En base a Reyes, Álvarez, Martínez, Guzmán 2018: 816.

Anexo 25. Planificación de actividades para la ejecución del proyecto.

Actividades		Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4			
		Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4
Preparación	Publicar la introducción del TPM	■															
	Formación sobre TPM		■	■													
	Estructura promocional				■												
	Informar las nuevas políticas y objetivos					■											
	Evaluar Plan maestro TPM						■	■	■								
Introducción	Lanzamiento del proyecto TPM									■							
Implementación	Entrenamiento										■	■	■	■			
	Mantenimiento planificado														■	■	■
	Mantenimiento autónomo														■	■	■

Fuente: Elaboración propia

Anexo 26. Contenido temático para el programa de formación y entrenamiento.
Anexo 25.A. Contenido temático para el programa de formación y entrenamiento.

Unidad N° 1. Mantenimiento Básico				
Sesión	Contenido	Participante	Evaluaciones	Duración (h)
1	1.1. Introducción al mantenimiento 1.2. Importancia de la limpieza 1.3. Puntos clave de la limpieza e inspección 1.4. Pasos para el mantenimiento autónomo 1.5. Casos de éxito			2
2	1.6. Fuerza de rozamiento: desgaste 1.7. Lubricación 1.7.1. Definición 1.7.2. Beneficios 1.7.3. Tipos de lubricación 1.7.2. Tipos de lubricantes.	Colaboradores de producción Colaboradores de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar fuentes de contaminación. • Identificación y selección de lubricantes 	2
3 y 4	1.8. Uso y aplicación de aceites 1.9. Uso y aplicación de grasas 1.10. Criterios de selección de lubricante 1.11. Equipos y métodos de lubricación.			4
5	1.12. Vibraciones mecánicas 1.13. Causas de vibraciones 1.14. Ajustes 1.15. Uso y aplicación de herramientas			2
Unidad N° 2. Detección de fallas				
Sesión	Contenido	Participante	Evaluaciones	Duración (h)
6	2.1. Definición 2.2. Importancia de la detección de fallas 2.3. Métodos para el diagnóstico de fallas		<ul style="list-style-type: none"> • Diagnosticar fallas por medio de análisis de ruidos y vibraciones 	2
7	2.4. Detección por vibración y ruido 2.4.1. Causas y consecuencias 2.4.2. Equipos y herramientas a usar 2.5. Des calibraciones 2.5.1. Causas y consecuencias 2.5.2. Equipos y herramientas a usar	Colaboradores de producción Colaboradores de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnosticar fallas por medio del análisis de variación de temperatura 	2
8	2.6. Detección por variación de temperatura 2.6.1. Causas y consecuencias 2.6.2. Equipos y herramientas a usar		<ul style="list-style-type: none"> • Ensayos no destructivos calificados 	2

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 25.B. Contenido temático para el programa de formación y entrenamiento.

Unidad N° 3. Mantenimiento preventivo				
Sesión	Contenido	Participante	Evaluaciones	Duración (h)
9 y 10	3.1. Mantenimiento de sistemas mecánicos			4
	3.1.1. Transmisión de movimiento 3.1.2. Mantenimiento de engranajes 3.1.3. Mantenimiento de bandas de transmisión. 3.1.4. Montaje y desmontaje de componentes mecánicos		<ul style="list-style-type: none"> • Realizar mantenimiento a componentes mecánicos 	
11 y 12	3.1. Mantenimiento de sistemas eléctricos			4
	3.1.1. Identificación de fallas motores eléctricos 3.1.2. Mantenimiento de componentes del panel de control 3.1.3. Montaje y desmontaje de componentes eléctricos	Colaboradores de producción Colaboradores de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar mantenimiento a componentes eléctricos • Realizar mantenimiento a componentes neumáticos 	
13 y 14	3.1. Mantenimiento de sistemas neumático			4
	3.1.1. Identificación de fallas en tuberías 3.1.2. Mantenimiento de tuberías 3.1.3. Mantenimiento de manómetro. 3.1.4. Mantenimiento de cilindros neumáticos. 3.1.5. montaje y desmontaje de componentes neumáticos			
Unidad N° 4. Documentación para mantenimiento				
Sesión	Contenido	Participante	Evaluaciones	Duración (h)
15	4.1. Generación y llenado de listas de chequeo 4.2. Correcto llenado de una lista de chequeo 4.3. Registro de fallos potenciales o reales	Colaboradores de producción Colaboradores de mantenimiento	Realizar una lista de chequeo y completar la información.	2

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 27. AMEF mejorado.

Anexo 27.1. AMEF mejorado de la Seccionadora.

Componente	Efectos potenciales de Falla	SEV	OCC	DET	RPN	Clasificación de falla	Actividades	SEV*	OCC*	DET*	RPN*	Nuevas clasificación de falla
Motor eléctrico	Fugas eléctricas, exceso de consumo de corriente, sobrecarga	8	5	9	360	Inaceptable	Revisión del sistema eléctrico	8	4	3	96	Aceptable
	Atascamiento del termostato en posición cerrada	8	6	4	192	Inaceptable	Revisión de sistema mecánico Revisión y ajuste de pernos.	8	4	2	64	Aceptable
	Deficiente lubricación	6	7	3	126	Inaceptable	Limpieza de motor y lubricación	6	4	1	24	Aceptable
	Problemas con el encendido	7	8	3	168	Inaceptable	Inspección visual y calibración. Realizar pruebas posteriores a la calibración.	7	5	1	35	Aceptable
Rodamiento	Introducción de contaminantes en el rodamiento	7	5	9	315	Inaceptable	Pruebas operativas de velocidad	7	3	3	63	Aceptable
	Desgaste por rozamiento del componente	7	7	5	245	Inaceptable	Lubricación y engrase de rodamientos	7	3	4	84	Aceptable
Cadena de transmisión	Atascamiento	8	5	5	200	Inaceptable	Lubricación, Limpieza	8	2	3	48	Aceptable
	Desgaste	8	5	6	240	Inaceptable	Cambio de repuesto	8	4	4	128	Inaceptable
Tubería	Sobrepresión	8	4	9	288	Inaceptable	Inspección visual de filtros y limpieza. Calibración de manómetro.	8	2	6	96	Aceptable
	Corrosión	6	4	2	48	Aceptable	Ensayos no destructivos	6	4	2	48	Aceptable
Carriles	Desgaste	8	5	2	80	Aceptable	Limpieza periódica	8	5	2	80	Aceptable
	Corrosión	6	5	2	60	Aceptable	Revisión de sistema mecánico	6	5	2	60	Aceptable
Computadora	Sobrecalentamiento	5	6	6	180	Inaceptable	Inspección visual al sistema de ventilación.	5	3	5	75	Aceptable
	Saturación de sistema	8	6	9	432	Inaceptable	Actualización de software	8	3	5	120	Inaceptable

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 27.2. AMEF mejorado de la Enchapadora 1.

Componente	Efectos potenciales de Falla	SEV	OCC	DET	RPN	Clasificación de falla	Actividades	SEV*	OCC*	DET*	RPN*	Nuevas clasificación de falla
Extrusora	Piezas defectuosas al no verter la cantidad adecuada de pegamento	7	7	5	245	Inaceptable	Medición y control de temperatura Limpieza.	7	4	3	84	Aceptable
	El componente no enciende	8	8	5	320	Inaceptable	Revisión del sistema eléctrico	8	5	3	120	Inaceptable
Motor eléctrico	Reducción de velocidad	6	7	6	252	Inaceptable	Lubricación y engrase de rodamientos	6	5	3	90	Aceptable
	Ruido y vibraciones	6	7	2	84	Aceptable	Revisión y ajuste de pernos	6	5	2	60	Aceptable
Cilindros neumáticos	Atascamientos	8	5	3	120	Aceptable	Lubricación y engrase de cilindros	8	4	3	96	Aceptable
	Reducción de velocidad	6	5	3	90	Aceptable	Limpieza Medición de temperatura	6	4	3	72	Aceptable
Computadora	Sobrecalentamiento	5	4	7	140	Inaceptable	Inspección visual al sistema de ventilación	5	3	3	45	Aceptable
		4	6	7	168	Inaceptable	Limpieza	4	4	3	48	Aceptable
	Saturación del sistema	8	7	3	168	Inaceptable	Actualización de software, Pruebas operativas al inicio de jornada laboral	8	5	2	80	Aceptable

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 27.3. AMEF mejorado de la Enchapadora 2.

Componente	Efectos potenciales de Falla	SEV	OCC	DET	RPN	Clasificación de falla	Actividades	SEV*	OCC*	DET*	RPN*	Nuevas clasificación de falla
Resistencia	Variación de tensión	8	8	6	384	Inaceptable	Medición de tensión Inspección de marca y características técnicas del componente	8	6	3	144	Inaceptable
	Excentricidad	7	5	9	315	Inaceptable	Cambio de rodaje	7	2	3	42	Aceptable
Rodamiento	Inadecuada lubricación	7	6	5	210	Inaceptable	Implementar un programa de limpieza	7	3	4	84	Aceptable
	Motor no enciende	8	6	8	384	Inaceptable	Revisión del sistema eléctrico Revisión de sistema mecánico	8	5	3	120	Inaceptable
Motores eléctricos	Reducción de velocidad	6	7	5	210	Inaceptable	Lubricación y limpieza	6	5	3	90	Aceptable
	Ruido y vibraciones	4	6	2	48	Aceptable	Revisión y ajuste de pernos	4	5	1	20	Aceptable
Calderín	No suministra pegamento	8	7	3	168	Inaceptable	Limpieza Medición y control de temperatura	8	6	2	96	Aceptable
	Rebose de pegamento	5	6	2	60	Aceptable	Inspección visual y pruebas operativas después de cada carga de pegamento	5	5	1	25	Aceptable

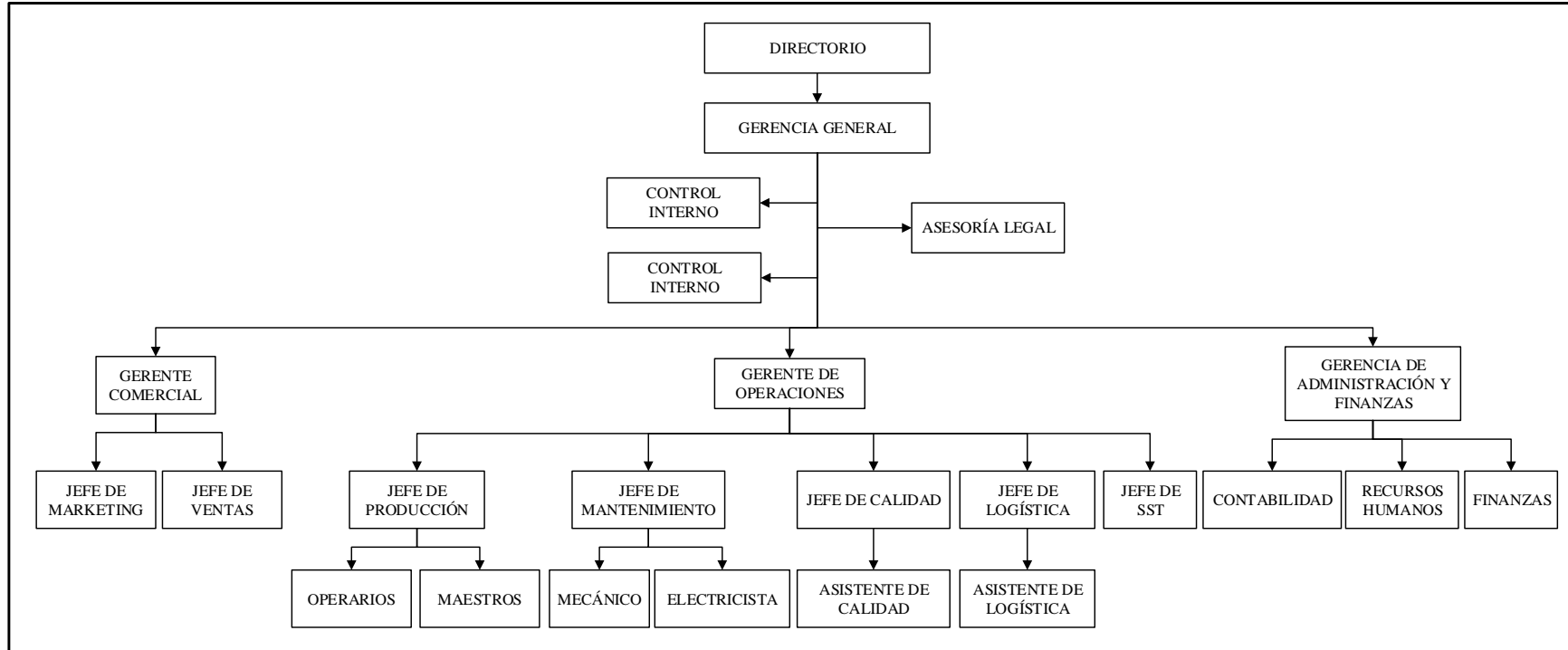
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 27.4. AMEF mejorado de la Compresora 2.

Componente	Efectos potenciales de Falla	SEV	OCC	DET	RPN	Clasificación de falla	Actividades	SEV*	OCC*	DET*	RPN*	Nuevas clasificación de falla
Filtros	Suciedad excesiva en filtros	8	7	3	168	Inaceptable	Cambio de filtros	8	6	2	96	Aceptable
	Fugas de fluidos	9	3	3	81	Aceptable	Inspección visual y pruebas operativas	9	2	2	36	Aceptable
Tuberías	Sobrepresión	9	3	5	135	Inaceptable	Inspección visual de fugas o perforaciones	9	2	4	72	Aceptable
	Corrosión	6	3	2	36	Aceptable	Ensayos no destructivos	6	3	2	36	Aceptable
Radiador	Sobrecalentamiento del radiador	7	5	3	105	Aceptable	Inspección visual de fugas de aire caliente	7	4	2	56	Aceptable
	Obstrucción de rejillas del radiador	4	8	2	64	Aceptable	Limpieza	4	7	1	28	Aceptable

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 28. Organigrama Propuesto.

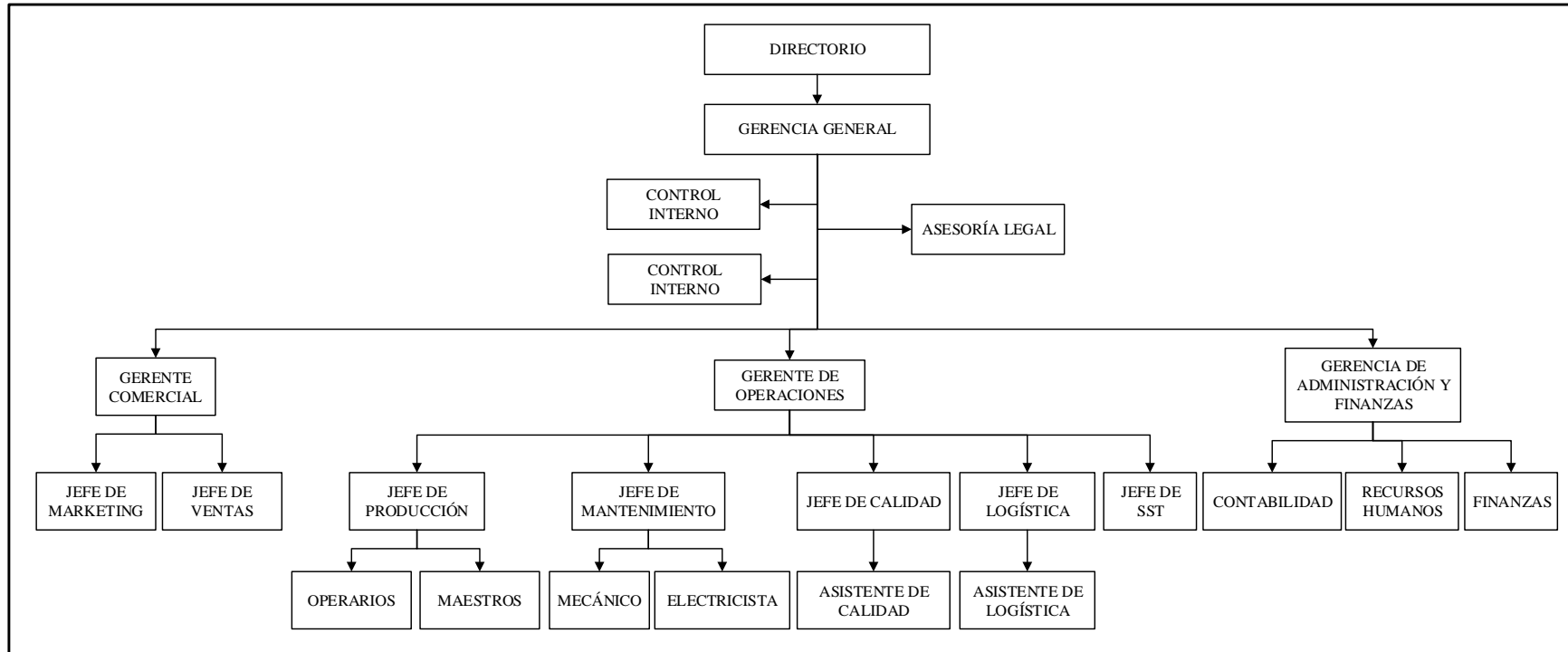


Anexo 29. Cronograma de Mantenimiento planificado

LEONCITO S. A.		CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO																																																Código: CMP-01																																																			
																																																		Versión: 01																																																			
																																																		Fecha aprobación:																																																			
																																																		Página 01 de 02																																																			
		FECHA DE EJECUCIÓN																																																																																																			
MÁQUINA	TAREA	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre																																																							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4																																																				
Seccionadora	Inspección y cambio de disco de corte	[Orange]																																																																																																			
	Revisión del sistema eléctrico	[Orange]																																																																																																			
	Revisión de sistema mecánico	[Orange]																																																																																																			
	Limpieza de motor	[Orange]																																																																																																			
	Inspección visual y calibración. Realizar pruebas posteriores a la calibración.				[Blue]																																																																																																
	Pruebas operativas de velocidad del motor			[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]																																																	
	Revisión y ajuste de pernos	[Yellow]																																																																																																			
	Lubricación y engrase de rodamientos			[Purple]																																																		[Purple]																																															
	Inspección visual al sistema de ventilación.	[Orange]																																																																																																			
	Inspección visual y limpieza de computadora.	[Orange]																																																																																																			
	Pruebas operativas al inicio de jornada laboral	[Orange]																																																																																																			
	Limpieza periódica de carriles	[Orange]																																																																																																			
	Limpieza periódica de cadenas de transmisión	[Orange]																																																																																																			
	Ensayos no destructivos en tuberías			[Blue]																																																																																																	
Compresoras	Limpieza general	[Yellow]																																																																																																			
	Cambio de filtros			[Blue]																																																																																																	
	Inspección visual de filtros			[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]																																																									
	Inspección visual y calibración de manómetro			[Blue]																																																																																																	
	Medición de presión en electroválvulas			[Blue]																																																																																																	
	Inspección visual de fugas de aire en tuberías			[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]				[Green]																																																													
	Inspección de la lubricación en tornillo			[Blue]																																																																																																	
Enchapadora 1	Inspección y cambio de disco de corte	[Orange]																																																																																																			
	Inspección visual al sistema de ventilación	[Orange]																																																																																																			
	Limpieza de computadora	[Orange]																																																																																																			
	Limpieza de calderín	[Yellow]																																																																																																			
	Medición y control de temperatura	[Orange]																																																																																																			
	Inspección visual y pruebas operativas después de cada carga de pegamento	[Orange]																																																																																																			
	Revisión del sistema eléctrico	[Orange]																																																																																																			
	Revisión de sistema mecánico	[Orange]																																																																																																			
	Calibración de motor. Realizar pruebas posteriores a la calibración.			[Blue]																																																																																																	
	Limpieza de motor	[Orange]																																																																																																			
	Revisión y ajuste de pernos	[Yellow]																																																																																																			
	Lubricación y engrase de rodamientos			[Purple]																																																		[Purple]																																															
Lubricación y engrase de cilindros neumáticos			[Blue]																																																																																																		

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 28. Organigrama Propuesto.



Anexo 29. Cronograma de mantenimiento Planificado (Continuación)

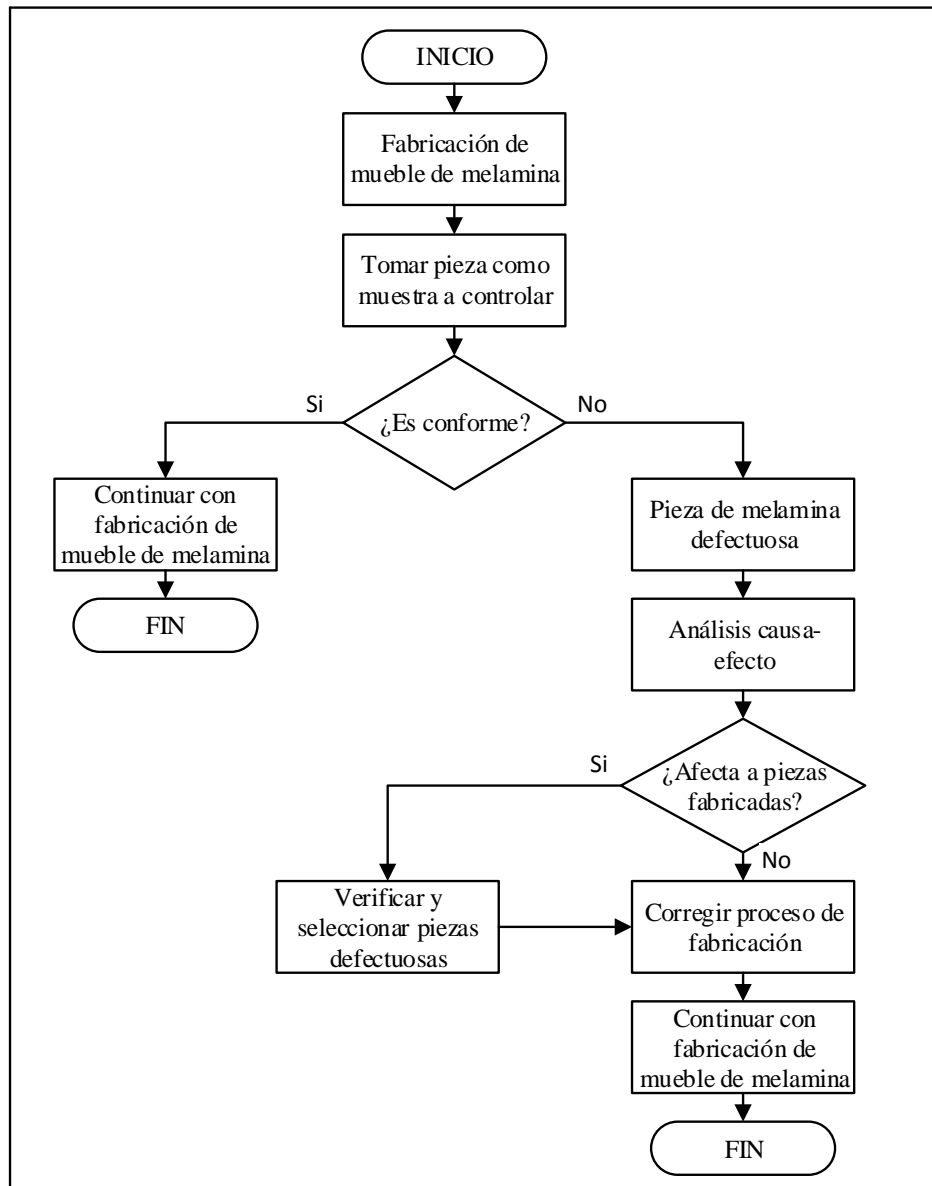
LEONCITO S. A.		CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO												Código: CMP-01																																											
														Versión: 01																																											
														Fecha aprobación:																																											
		FECHA DE EJECUCIÓN												Página 02 de 02																																											
MÁQUINA	TAREA	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre											
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4												
Enchapadora 2	Inspección y cambio de disco de corte	[Orange bar]																																																							
	Medición de tensión en resistencias																																																								
	Cambio de resistencias																																																								
	Revisión del sistema eléctrico																																																								
	Revisión de sistema mecánico																																																								
	Calibración y limpieza de motor.																																																								
	Revisión y ajuste de pernos																																																								
	Engrase de rodamientos																																																								
	Limpieza de calderín																																																								
	Medición y control de temperatura																																																								
Cambio de rodamientos																																																									
Enchapadora Curvo	Cambio de resistencias																																																								
	Revisión del sistema eléctrico																																																								
	Inspección de motor																																																								
Escuadradora 1	Inspección y cambio de disco de corte	[Orange bar]																																																							
	Inspección de sistema eléctrico																																																								
	Inspección de sistema mecánico																																																								
Escuadradora 2	Inspección y cambio de disco de corte	[Orange bar]																																																							
	Inspección de sistema eléctrico																																																								
	Inspección de sistema mecánico																																																								
Postformadora	Limpieza general	[Yellow bar]																																																							
	Inspección de sistema eléctrico																																																								
	Inspección de sistema mecánico																																																								

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 30. Clasificación de las 6 grandes pérdidas en la fabricación de muebles

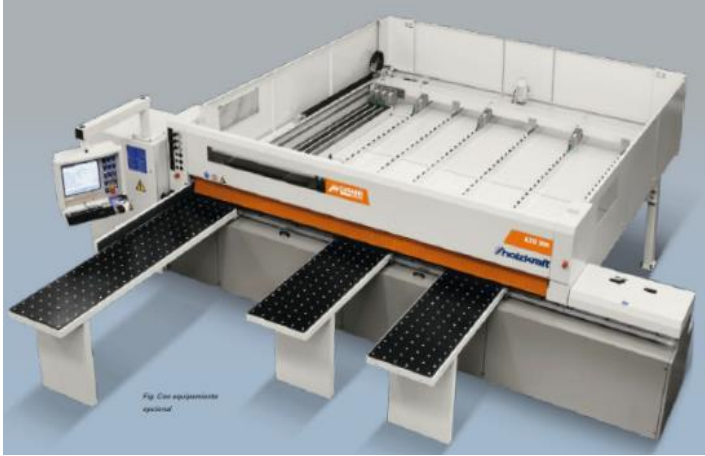
Tipo	Pérdida	Seccionadora	Enchapadora 1	Enchapadora 2	Compresora 2	Objetivo
Tiempos muertos y de vacío	Averías	Atascos por suciedad excesiva, inadecuada configuración del sistema, descalibración, falla en el sistema de ventilación, fuga de aire comprimido.	Inadecuada configuración del sistema, descalibración cuchillas, lubricación inadecuada, sobreesfuerzos.	Inadecuada calibración, falta de lubricación, inadecuado control y medición de pegamento, suciedad excesiva.	Daños por fuga de aire caliente, descalibración, barómetro averiado.	Eliminar
	Tiempos de reparación y ajuste de equipos	Cambio de cuchillas, Demora por búsqueda y selección de planos.	Programación de máquina, cambio de rollo, abastecimiento de pegamento.	Programación de máquina, cambio de rollo, abastecimiento de pegamento.	Revisión del nivel de aceite y agua, ajustes de presión.	Reducir al máximo
Pérdidas de velocidad del proceso	Velocidad reducida	Desgaste de cuchillas, las virutas y aserrín generan fricción y desgaste en motores y engranes.	Desgaste de cuchillas, las virutas y aserrín generan fricción y desgaste en motores y engranes.	Desgaste de cuchillas, las virutas y aserrín generan fricción y desgaste en motores y engranes.	Pérdida de presión por fuga de aire, niveles bajos de aceite o agua.	Anular o hacer negativa la diferencia con el diseño
	Tiempo en vacío y paradas cortas	Transportar planchas de melamina desde almacén hacia la máquina, Planchas de melamina mal colocadas en la máquina.	Atascamiento del rollo de canto, descalibración, cambio de rollo, abastecimiento de pegamento granulado.	Atascamiento del rollo de canto, descalibración, cambio de rollo, abastecimiento de pegamento granulado.	Recalentamiento	Eliminar
Productos y procesos defectuosos	Defectos de calidad y reprocesos	Descalibración de la máquina, borde de piezas guiñadas.	Falla en los rodillos que por una inadecuada presión el canto no de adhiere, falla de las resistencias que no permite un adecuado derretimiento del pegamento.	Falla en los rodillos que por una inadecuada presión el canto no de adhiere, falla de las resistencias que no permite un adecuado derretimiento del pegamento.	Abastecimiento de aire a máquinas con nivel de presión por debajo de lo permitido.	Eliminar productos y procesos fuera de tolerancia
	Puesta en marcha	Carga y apilado de 4 planchas de melamina en la máquina.	Cargar máquina de piezas de melamina.	Cargar máquina de piezas de melamina.	Tiempo de espera inicial para la compresión de aire.	Minimizar

Fuente: Adaptado de Cuatrecasas [13, p. 153]

Anexo 31. Procedimientos ante una detección de falla.


Fuente: Adaptado de Cuatrecasas [13, p. 154]

Anexo 32. Procedimientos para el desarrollo de mantenimiento autónomo en Seccionadora

MANTENIMIENTO AUTÓNOMO		
Código: PSI-01	Descripción: Máquina Seccionadora AX0-300	Ref:
Área de producción		
Realizado	Revisado/Aprobado:	Tarea a realizar por
Instrucciones Generales		
<p>1. ANTES DE LA CONEXIÓN DE LA MÁQUINA (10 min)</p> <p>Eliminar los obstáculos que impidan el correcto desarrollo del proceso de corte: polvo, virutas de madera, material particulado y retazos de melamina dentro y alrededor de la máquina; Verificar la lubricación de los motores, discos de corte y carriles.</p> <p>2. PUESTA EN MARCHA (5 min)</p> <p>Verificar que la máquina no tenga dificultad de encendido, verificar que los discos de corte cuenten con el filo requerido y que todos los pulsadores e interruptores del sistema de control estén correctamente accionados.</p> <p>3. A LO LARGO DE LA JORNADA</p> <p>Vigilar el correcto funcionamiento de la máquina.</p> <p>En caso de presentarse fallas o defectos como piezas con bordes guiñados, trazos fuera de las especificaciones, disminución en la presión del aire, ruidos extraños, humos, entre otros, informar al responsable del área.</p> <p>Evitar la acumulación excesiva de suciedad y residuos propios de la ejecución del proceso.</p> <p>4. FINAL DE JORNADA (10 min)</p> <p>Limpieza general de la máquina. Dejar ordenado las herramientas para la siguiente jornada laboral.</p> <p>Supervisión del estado de la máquina por parte del encargado de mantenimiento.</p>		
		


Fuente: Adaptado de Cuatrecasas [13, p. 159]

Anexo 33. Procedimientos para el desarrollo de mantenimiento autónomo en Enchapadora 1

MANTENIMIENTO AUTÓNOMO		
Código: PEI-01	Descripción: Enchapadora 1	Ref:
	Área de producción	
Realizado	Revisado/Aprobado:	Tarea a realizar por
Instrucciones Generales		
<p>1. ANTES DE LA CONEXIÓN DE LA MÁQUINA (10 min)</p> <p>Eliminar los obstáculos que impidan el correcto desarrollo del proceso de corte: residuos de pegamento granulado y canto dentro y alrededor de la máquina; además, verificar lubricación de los pistones, motores, discos de corte y faja transportadora.</p> <p>2. PUESTA EN MARCHA (5 min)</p> <p>Verificar que la máquina no tenga dificultad de encendido, verificar que los discos de corte cuenten con el filo requerido, la presión del aire es la adecuada y que todos los pulsadores e interruptores del sistema de control estén correctamente accionados.</p> <p>3. A LO LARGO DE LA JORNADA</p> <p>Vigilar el correcto funcionamiento de la máquina.</p> <p>En caso de presentarse fallas o defectos como piezas con bordes guiñados, trazos fuera de las especificaciones, disminución en la presión del aire, ruidos extraños, humos, entre otros, informar al responsable del área.</p> <p>Evitar la acumulación excesiva de suciedad y residuos propios de la ejecución del proceso.</p> <p>4. FINAL DE JORNADA (10 min)</p> <p>Limpieza general de la máquina. Dejar ordenado las herramientas para la siguiente jornada laboral.</p> <p>Supervisión del estado de la máquina por parte del encargado de mantenimiento.</p>		
		

Fuente: Adaptado de Cuatrecasas [13, p. 159]

Anexo 34. Procedimientos para el desarrollo de mantenimiento autónomo en Enchapadora 2

MANTENIMIENTO AUTÓNOMO		
Código: PEI-02	Descripción: Enchapadora 2	Ref:
	Área de producción	
Realizado	Revisado/Aprobado:	Tarea a realizar por
Instrucciones Generales		
<p>1. ANTES DE LA CONEXIÓN DE LA MÁQUINA (10 min)</p> <p>Eliminar los obstáculos que impidan el correcto desarrollo del proceso de corte: residuos de pegamento granulado y canto dentro y alrededor de la máquina; además, verificar lubricación de los pistones, motores, discos de corte y faja transportadora.</p> <p>2. PUESTA EN MARCHA (5 min)</p> <p>Verificar que la máquina no tenga dificultad de encendido, comprobar que los discos de corte cuenten con el filo requerido, la presión del aire sea la adecuada y que todos los pulsadores e interruptores del sistema de control estén correctamente accionados.</p> <p>3. A LO LARGO DE LA JORNADA</p> <p>Vigilar el correcto funcionamiento de la máquina.</p> <p>En caso de presentarse fallas o defectos como piezas con bordes guiñados, trazos fuera de las especificaciones, disminución en la presión del aire, ruidos extraños, humos, entre otros, informar al responsable del área.</p> <p>Evitar la acumulación excesiva de suciedad y residuos propios de la ejecución del proceso.</p> <p>4. FINAL DE JORNADA (10 min)</p> <p>Limpieza general de la máquina. Dejar ordenado las herramientas para la siguiente jornada laboral.</p> <p>Supervisión del estado de la máquina por parte del encargado de mantenimiento.</p>		
		

Fuente: Adaptado de Cuatrecasas [13, p. 159]

Anexo 35. OEE futuros con implementación de propuesta.

Anexo 35.1. Producción y tiempos de preparación y paradas de la máquina seccionadora

Periodo	Producción (m de canto)	Preparación y ajuste (horas)	TD		
			lun- vie	sábado	(horas)
2020	17 895	431,33	17 895	204,00	24,00

Anexo 23.2. OEE de la Seccionadora

Tiempo disponible	2 473,0				
Tiempo de funcionamiento	2 041,7		431,3	Tiempo de parada planificada	
Tiempo de Operación	1 837,7		204,0	Tiempo de preparación	
Tiempo de Operación Neta	1 780		57,4	Tiempo de parada no planificada	
Tiempo de Operación Utilizable	1 491,2		289	Tiempo perdido por operación	
Tiempo Productivo Neto	1 482,9	8,3	Tiempo perdido por defecto		

Anexo 33.3. Resultados del OEE en Seccionadora

Metas 2020			
90%	95%	99%	85%
Disponibilidad	Eficiencia	Calidad	OEE
87,2%	83,8%	99,44%	72,63%

Anexo 35.4. Producción y tiempos de preparación y paradas de la máquina Enchapadora 1

Periodo	Producción (m de canto)	Preparación y ajuste (horas)	TD		
			lun- vie	sábado	(horas)
2020	321 806	309,60	247	50	2 473

Anexo 35.5. OEE de la Enchapadora 1

Tiempo disponible	2473,0				
Tiempo de funcionamiento	2 141,49		331,51	Tiempo de parada planificada	
Tiempo de Operación	1 831,89		309,60	Tiempo de preparación	
Tiempo de Operación Neta	1 772,02		59,87	Tiempo de parada no planificada	
Tiempo de Operación Utilizable	1 287,23		484,79	Tiempo perdido por operación	
Tiempo Productivo Neto	1 286,51	0,72	Tiempo perdido por defecto		

Anexo 35.6. Resultados del OEE para Enchapadora 1

Metas 2020			
90%	95%	99%	85%
Disponibilidad	Eficiencia	Calidad	OEE
82,7%	72,6%	99,94%	60,1%

Anexo 35.7. Producción y tiempos de preparación y paradas de la máquina Enchapadora 2

Periodo	Producción (m de canto)	Preparación y ajuste (horas)	TD		
			lun- vie	sábado	(horas)
2020	675 715	309,60	247	50	2 473

Anexo 35.8. OEE de la Enchapadora 2

Tiempo disponible	2 473,0				
Tiempo de funcionamiento	2 134,6		338,4		Tiempo de parada planificada
Tiempo de Operación	1 825,0		309,6		Tiempo de preparación
Tiempo de Operación Neta	1 786,6		38,4		Tiempo de parada no planificada
Tiempo de Operación Utilizable	1 407,7	378,9			Tiempo perdido por operación
Tiempo Productivo Neto	1 406,8	0,9			Tiempo perdido por defecto

Anexo 35.9. Resultados del OEE

Metas 2020			
90%	95%	99%	85%
Disponibilidad	Eficiencia	Calidad	OEE
83,7 %	78,8%	99,93%	65,91%

Anexo 35.10. Producción y tiempos de preparación y paradas de la máquina Enchapadora 2

Periodo	Producción (m ³ /h)	Preparación y ajuste (horas)	TD		
			lun- vie	sábado	(horas)
2020	183 042	135,3	247	50	2 473

Anexo 35.11. OEE de la Compresora 2

Tiempo disponible	2 473,0				
Tiempo de funcionamiento	2 299,1		173,9		Tiempo de parada planificada
Tiempo de Operación	2 163,8		135,3		Tiempo de preparación
Tiempo de Operación Neta	2 129,4		34,4		Tiempo de parada no planificada
Tiempo Productivo Neto	2 129,4	0			Tiempo perdido por defecto

Anexo 35.12. Resultados del OEE para compresora 2

Metas 2020			
90%	95%	99%	85%
Disponibilidad	Eficiencia	Calidad	OEE
92,62%	98,4%	100,00%	91,15%

Anexo 36. Herramientas básicas para Mantenimiento Autónomo

Herramienta	Cantidad	Precio	Sub-total
Kit de herramientas manuales	4	S/ 109,90	S/ 439,60
Bomba de engrase neumática	2	S/ 46,93	S/ 93,85
Bomba de aceite	2	S/ 33,35	S/ 66,70
Juego de 5 alicates	4	S/ 126,05	S/ 504,20
Llave Stillson	4	S/ 29,90	S/ 119,60
TOTAL			S/ 1 223,95

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 37. Herramientas básicas para Mantenimiento Autónomo

Herramienta	Cantidad	Precio	Sub-total
Kit de escoba y recogedor	10	S/ 16,50	S/ 165,00
Set de escobilla y recogedor mal	10	S/ 5,50	S/ 55,00
TOTAL			S/ 220,00

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 38. Costos de Inversión

Descripción	Inversión total
<i>Inversión tangible</i>	
Útiles de oficina	S/50
Impresora	S/649
Útiles de aseo	S/220
Herramientas básicas para mantenimiento	S/1 224
Útiles de oficina	S/50
Total Inversión Tangible	S/ 2 142,95
<i>Inversión intangible</i>	
Capacitación en formación y entrenamiento sobre mantenimiento a personal de las áreas de producción y mantenimiento	S/ 18 000,00
Sueldo de trabajadores por las horas empleadas en capacitación	S/ 2 025,00
Total Inversión Intangible	S/ 20 025,00
Imprevistos 5%	S/1 108,40
COSTO TOTAL	S/23 276,35

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 39. Costo de contratación de técnico electricista.

COLABORADORES	CANTIDAD	SALARIO S/.	BENEFICIOS 51%	SUB TOTAL Mensual/op	TOTAL Anual/op
Jefe de Mantenimiento	1	S/ 4 833,00	S/ 2 464,83	S/ 7 297,83	S/ 87 573,96
Técnico electricista	1	S/ 1 800,00	S/ 918,00	S/ 2 718,00	S/ 32 616,00
TOTAL					S/ 120 189,96

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 40. Depreciación de activos tangibles

DEPRECIACIÓN DE ACTIVOS TANGIBLES

Descripción	Activos Total	Valor a depreciar	% Anual de depreciación	Depreciación anual	Depreciación											
					MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
Impresora	S/649	S/649	10	S/64,90	S/5	S/5	S/5	S/5	S/5	S/5	S/5	S/5	S/5	S/5	S/5	S/5
Kit de herramientas manuales	S/440	S/440	10	S/43,96	S/4	S/4	S/4	S/4	S/4	S/4	S/4	S/4	S/4	S/4	S/4	S/4
Bomba de engrase neumática	S/94	S/94	10	S/9,39	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1
Bomba de aceite	S/67	S/67	10	S/6,67	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1
Juego de 5 alicates	S/504	S/504	10	S/50,42	S/4	S/4	S/4	S/4	S/4	S/4	S/4	S/4	S/4	S/4	S/4	S/4
Llave Stillson	S/120	S/120	10	S/11,96	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1
Kit de escoba y recogedor	S/165	S/165	10	S/16,50	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1	S/1
Set de escobilla y recogedor mal	S/55	S/55	10	S/5,50	S/0,5	S/0,5	S/0,5	S/0,5	S/0,5	S/0,5	S/0,5	S/0,5	S/0,5	S/0,5	S/0,5	S/0,5
TOTAL	S/649			S/209	S/17	S/17	S/17	S/17	S/17	S/17	S/17	S/17	S/17	S/17	S/17	S/17

Fuente: Elaboración Propia