

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA REDUCIR LOS COSTOS DE FABRICACIÓN DE TUBERÍAS DE PVC EN UNA EMPRESA TRUJILLANA”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Andy Steven Rojas Cabellos

Asesor:

Ing. Teodoro Alberto Geldres Marchena

Trujillo - Perú

2020



DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios
por darme la fuerza y el aliento
de cada día y
noche de mi vida.

A mi querida madre
por darme su incondicional amor,
por haber sembrado valores en mí,
y que, gracias a ella, hoy, estoy aquí,
no solo frente a un jurado,
sino frente a la vida.

A mi patria,
por darme esa gran emoción y
orgullo de ser peruano.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios padre,
por haber tomado mi vida y dirigirla,
con las lecciones, pruebas, premios y
reconocimientos que gracias a ello me han formado
como persona y como profesional.

Agradezco a mi familia por el ser el soporte,
en especial a mi madre por ser el motor de mi vida.

Agradezco a mis maestros por su exigencia,
dedicación y empeño puesto en cada una de sus clases.

A mis equipos de trabajo, que, gracias a su empeño, paciencia
y disposición hemos logrado cumplir con los objetivos y
deberes universitarios de manera excelente.

Agradezco a mis primeros jefes y mentores por haberme
formado en el campo de trabajo, donde gracias a cada uno de ellos
he logrado aprender y dominar diferentes estilos y áreas de trabajo.

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
I. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad problemática	10
1.1.1. Antecedentes	17
1.1.2. Base Teórica	20
1.1.3. Definiciones Conceptuales	32
1.2. Formulación del problema	34
1.3. Objetivos	34
1.3.1. Objetivo general	34
1.3.2. Objetivos específicos	34
1.4. Hipótesis	35
1.5. Variables	35
II. CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	36
2.1. Tipo de Investigación	36
2.2. Materiales, Instrumentos y Métodos	36
2.3. Procedimiento	36
III. CAPÍTULO III. RESULTADOS	122
IV. CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	125
REFERENCIAS	127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ponderación para la frecuencia de fallas.....	49
Tabla 2. Ponderación para el impacto operacional.....	49
Tabla 3. Ponderación para el impacto por Flexibilidad operacional.....	50
Tabla 4. Ponderación para el impacto en costes de mantenimiento	50
Tabla 5. Ponderación para el impacto en Seguridad, higiene y ambiente.....	51
Tabla 6. Puntuación de frecuencia de fallas y consecuencia de líneas de extrusión.....	52
Tabla 7. Total de kilogramos de tubería producidos en el año 2019 por cada línea	53
Tabla 8. Indicadores actuales y meta	54
Tabla 9. Kilowatts consumidos por tonelada	55
Tabla 10. Fugas de aire identificadas	56
Tabla 11. Pérdida por fugas de aire.....	56
Tabla 12. Metros cúbicos consumidos por cada tonelada producida.....	57
Tabla 13. Fugas de aire detectadas en el 2019	57
Tabla 14. Pérdida por fugas de aire en la línea de producción	58
Tabla 15. Litros de aceite consumidos por cada tonelada producida.....	58
Tabla 16. Fugas de aceite identificada en el 2019	59
Tabla 17. Pérdidas por fugas de aire en la línea de producción	59
Tabla 18. % de Calidad actual de la línea de producción	60
Tabla 19. Pérdida por calidad del 96% de la línea.....	60
Tabla 20. Rendimiento actual de la línea de producción.....	61
Tabla 21. Pérdida por el rendimiento actual de la línea	62
Tabla 22. Cálculo del MTTR	63
Tabla 23. Cálculo de la disponibilidad operacional	63
Tabla 24. Lucro cesante de la línea de producción	63
Tabla 25. Lead time de repuestos actual	64
Tabla 26. Pérdida por Lead time de repuestos actual.....	64
Tabla 27. % de intervenciones de mantenimiento correctas	65
Tabla 28. Pérdida por falta de capacitación y entrenamiento del personal	65
Tabla 29. Propuestas de mejora seleccionadas	66
Tabla 30. Datos de línea de extrusión de 315mm – 500mm	67
Tabla 31. Características técnicas de los equipos de línea de extrusión de 315mm-500mm	69
Tabla 32. OEE actual.....	70
Tabla 33. Descripción de actividades de mantenimiento preventivo de la actividad A y B.	70

Tabla 34. Descripción de actividades de mantenimiento preventivo de la actividad C, D, E, F, G, H.	71
Tabla 35. Descripción de actividades de mantenimiento preventivo de la actividad I, J, K, L, M, N, O, P.....	72
Tabla 36. Horario para mantenimiento preventivo del mes de enero	74
Tabla 37. Horario para mantenimiento preventivo del mes de febrero.....	75
Tabla 38. Horario para mantenimiento preventivo del mes de marzo.....	76
Tabla 39. Horario para mantenimiento preventivo del mes de abril.....	77
Tabla 40. Horario para mantenimiento preventivo del mes de mayo.....	78
Tabla 41. Horario para mantenimiento preventivo del mes de junio.....	79
Tabla 42. Horario para mantenimiento preventivo del mes de julio.....	80
Tabla 43. Horario para mantenimiento preventivo del mes de agosto.....	81
Tabla 44. Horario para mantenimiento preventivo del mes de septiembre	82
Tabla 45. Horario para mantenimiento preventivo del mes de octubre	83
Tabla 46. Horario para mantenimiento preventivo del mes de noviembre	84
Tabla 47. Horario para mantenimiento preventivo del mes de diciembre	85
Tabla 48. Costo de actividades de mantenimiento.....	86
Tabla 49. Presupuesto para mantenimiento preventivo del mes de enero	87
Tabla 50. Presupuesto para mantenimiento preventivo del mes de febrero.....	88
Tabla 51. Presupuesto para mantenimiento preventivo del mes de marzo.....	89
Tabla 52. Presupuesto para mantenimiento preventivo del mes de abril.....	90
Tabla 53. Presupuesto para mantenimiento preventivo del mes de mayo.....	91
Tabla 54. Presupuesto para mantenimiento preventivo del mes de junio.....	92
Tabla 55. Presupuesto para mantenimiento preventivo del mes de julio.....	93
Tabla 56. Presupuesto para mantenimiento preventivo del mes de agosto	94
Tabla 57. Presupuesto para mantenimiento preventivo del mes de septiembre	95
Tabla 58. Presupuesto para mantenimiento preventivo del mes de octubre	96
Tabla 59. Presupuesto para mantenimiento preventivo del mes de noviembre	97
Tabla 60. Presupuesto para mantenimiento preventivo del mes de diciembre.....	98
Tabla 61. Presupuesto equipos y herramientas para actividades del plan de mantenimiento preventivo	98
Tabla 62. Presupuesto del plan de mantenimiento preventivo.....	99
Tabla 63. Comparación del OEE antes y después de la implementación del Plan de mantenimiento preventivo	100
Tabla 64. Listado de hallazgos en el taller de mantenimiento eléctrico.....	102
Tabla 65. Listado de hallazgos en el taller de mantenimiento mecánico	103

Tabla 66. Listado de hallazgos en el almacén de materiales y repuestos de mantenimiento ..	104
Tabla 67. % de Decisiones para cada hallazgo	105
Tabla 68. Clasificación ABC de materiales y repuestos	107
Tabla 69. Presupuesto de implementación de 5S.....	109
Tabla 70. Cronograma de Plan de capacitación y entrenamiento propuesto	110
Tabla 71. Presupuesto de Plan de capacitación y entrenamiento propuesto	111
Tabla 72. Beneficio por ahorro de recursos	112
Tabla 73. Beneficio por mejora de la calidad	113
Tabla 74. Beneficio por mejora del rendimiento	113
Tabla 75. Beneficio por aumento de disponibilidad	114
Tabla 76. Beneficio total del plan de mantenimiento preventivo	114
Tabla 77. Beneficio por mantener el orden y limpieza	115
Tabla 78. Beneficio por personal capacitado y entrenado	116
Tabla 79. Reducción de las pérdidas por cada causa raíz	117
Tabla 80. % de reducción de los costos de fabricación.....	117
Tabla 81. Inversión total del Plan de mantenimiento preventivo	118
Tabla 82. Inversión total del plan de capacitación y entrenamiento.....	118
Tabla 83. Inversión total de implementación de 5S.....	119
Tabla 84. Ingresos anuales por las propuestas de mejora.	119
Tabla 85. Estado de resultados anual.....	120
Tabla 86. Flujo de caja anual	120
Tabla 87. Indicadores económicos	121
Tabla 88. Materiales y repuestos almacenados de línea de 315mm-500mm	131
Tabla 89. Check list de orden y limpieza	132

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Producción mundial de plástico, 1950-2012 (millones de toneladas y tasas de crecimiento)	10
<i>Figura 2.</i> Rehabilitación de redes de agua y alcantarillado de Piura, Lambayeque y La Libertad	14
<i>Figura 3.</i> Mapa de procesos	37
<i>Figura 4.</i> Layout de la empresa	38
<i>Figura 5.</i> Análisis FODA	44
<i>Figura 6.</i> Diagrama de flujo de fabricación de tuberías de PVC.....	45
<i>Figura 7.</i> Diagrama Ishikawa de los altos costos.....	48
<i>Figura 8.</i> Matriz de riesgo	52
<i>Figura 9.</i> Línea de extrusión	68
<i>Figura 10.</i> Programa de tareas de mantenimiento preventivo	73
<i>Figura 11.</i> Monto de pérdida actual y mejorada de la CR1	122
<i>Figura 12.</i> Monto de pérdida actual y mejorada de la CR2	123
<i>Figura 13.</i> Monto de pérdida actual y mejorada de la CR3	123
<i>Figura 14.</i> Esquema general de la propuesta de mejora	124
<i>Figura 15.</i> Procedimiento Mantenimiento de Equipos.....	129
<i>Figura 16.</i> Delimitación de áreas.....	130

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo general Determinar el efecto de la propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo en los costos de fabricación de tuberías de PVC en una empresa trujillana, dado que la empresa ha estado generando altos costos de fabricación de tuberías de PVC por las deficiencias de mantenimiento en el proceso de extrusión, falta de orden y limpieza en los talleres y almacenes de mantenimiento.

En primer lugar, se realizó un diagnóstico situacional actual de la empresa en estudio. Se han seleccionado la línea de extrusión de 315mm – 500mm, dado que se diagnosticó que era la máquina de mayor criticidad en la empresa, debido a su muy bajo desempeño y en consecuencia la generación de altas pérdida, utilizando el diagrama de Ishikawa, y el análisis de criticidad.

Una vez culminada la etapa de identificación de problemas, se procedió a redactar el diagnóstico actual de la empresa, encontrando problemas en el uso eficaz de los recursos, bajo rendimiento de la máquina, así como su disponibilidad y calidad del producto producido. Asimismo, se evaluó el impacto de la propuesta de implementación del Plan de mantenimiento preventivo, obteniéndose se estimó que la reducción del costo de producción por tonelada en 19% generando un ahorro de S/. 689,460 con un VAN al día de hoy de S/. 330,705, una tasa interna de retorno de 91%, un beneficio costo de 1.16 y un periodo de recuperación de la inversión (PRI) de 7.3 meses, lo cual determina que es viable para la empresa.

I. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El plástico fue usado desde antes del siglo XIX, donde, si bien su uso no fue globalizado, este si fue conocido. Fue a partir de la revolución industrial donde se empezó a utilizar a gran escala, pero de una calidad deficiente; eso hasta mediados del siglo XX donde ya se obtuvo una calidad superior ya que el plástico no fue usado solo para sustituir algún material, sino también para la creación de nuevos productos a base del mismo.

Góngora en su artículo “La industria del plástico en México y el mundo”, afirma que la producción del plástico ha mantenido un crecimiento constante desde los años de 1950, en dicho año se registró una producción de 1.7 millones de TN, luego ha mantenido un crecimiento de 13.26% en promedio anual durante 26 años, tal como podemos observar en la figura 1:

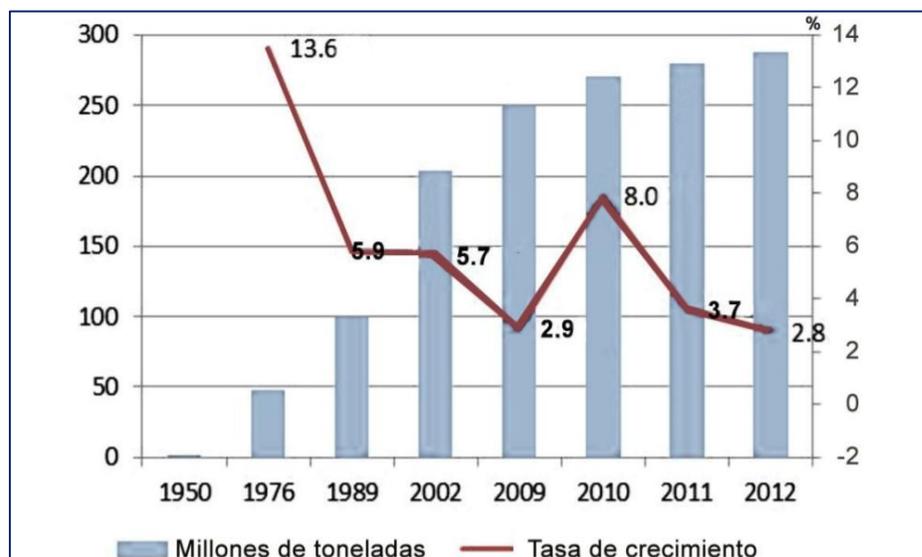


Figura 1. Producción mundial de plástico, 1950-2012 (millones de toneladas y tasas de crecimiento)

Fuente: PLASTICSEUROPE (2012)

Uno de los polímeros más comunes en la industria del plástico es el policloruro de vinilo (PVC), este es un polímero obtenido de dos materias primas naturales cloruro de sodio o sal común (NaCl) (57%) y petróleo o gas natural (43%), siendo por lo tanto menos dependiente de recursos no renovables que otros plásticos. Este se consigue con la polimerización del monómero de cloruro de vinilo. Se trata del derivado del plástico con más utilidades. Un material económico y versátil que puede ser flexible o rígido, completamente transparente o adaptable a cualquier color deseado.

Debido a las características de este material como el bajo costo, liviano peso, alta durabilidad; el PVC ingresó con éxito al campo de las conducciones en Alemania de 1936, país donde se instalaron por primera vez, tuberías de PVC para el suministro de agua potable en las viviendas, reemplazando a las tuberías de hierro. Fue así que, a comienzos del siglo XX, el PVC tuvo sus primeros años de popularidad en este rubro. Hoy en día se trata de un material común, utilizado con demostrado éxito para el suministro de agua de riego o para el consumo humano, y la evacuación de aguas residuales. Además, en comparación con otros plásticos, el PVC es, además, el más ecológico, ya que es el que menos depende del petróleo.

Características como ser un producto inocuo, aislante, flexible, ligero, inerte, resistente al calor hacen que el policloruro de vinilo tenga una destacada participación en el mercado del plástico. Según el artículo realizado por la Plataforma Europea “Interempresas” se afirma que: No se conoce un material que tenga unas propiedades tan competitivas, por lo que el PVC es el segundo plástico de mayor consumo en el mundo. Con una cifra anual en torno a los 23 millones de toneladas, de los que cerca de 6 millones se consumen en Europa Occidental. Alemania, con 1.500.000 T de PVC, es el país de Europa con mayor consumo.

En España, hoy en día, el consumo específico de PVC se sitúa en torno a los 11kg por persona, un promedio que pese a no alcanzar los 21, 16 y 15 kg. /habitante/año de Estados Unidos, Japón y Europa respectivamente, es considerablemente alto si se compara con los 4 kg. de media en el resto del mundo.

La demanda de las tuberías de PVC está altamente relacionada con el PBI de la construcción e infraestructura, así como proyectos de saneamiento, proyectos mineros e industrias agrícolas principalmente; las mismas que se encuentran en crecimiento tanto en nuestro país, como en el mundo.

En marzo del 2017 nuestro país fue azotado por desastres naturales como lluvias y huaicos, los cuales, dejaron en el Norte del país diferentes daños significativos a la infraestructura vial, redes de alcantarillado, suministro de agua, zonas emergentes, entre otros. Después del fenómeno del niño que azotó nuestro país, el presidente del Comité de Plásticos de la Sociedad Nacional de Industrias (SNI), Jesús Salazar, afirmó que en el primer bimestre del 2018 la industria del plástico presentó resultados mixtos, pues tuvo un retroceso en enero (-2.65%) y luego se recuperó en febrero (3.92%). Indicó que, con el proceso de Reconstrucción con Cambios, los proyectos mineros, de construcción, y la agroindustria, el sector plástico comenzaría a consolidar su expansión.

De la misma manera, el titular del Comité de Plásticos indicó que: Considerando la oferta nacional e importada, el sector tiene un valor de S/ 17,766 millones, de los cuales el 59% (S/ 9,413 millones) se explica por la producción nacional.

Además, toda la industria genera un margen de S/ 1,014 millones para el sector comercio, S/ 547 millones en impuestos, aporta un margen de S/ 23 millones al sector transporte y derechos de importación por S/ 87 millones.

Detalló que la industria nacional de plásticos explica el 19% de la oferta total de plásticos en forma primaria y el 79% de los artículos y materiales plásticos.

A mediados del 2018 como parte del proceso de Reconstrucción con Cambios, el Ministerio de Vivienda vino ejecutando la rehabilitación de más de 25.2 kilómetros de tuberías de agua y desagüe en las regiones de Piura, La Libertad y Lambayeque, con una inversión de S/ 24.7 millones.

Las intervenciones en Piura abarcaron la rehabilitación de 8.5 kilómetros de tuberías de agua y desagüe en el ámbito urbano y rural. En Lambayeque se culminó la reparación de más de 11.2 kilómetros de redes de agua y alcantarillado, que suman una inversión S/ 9.3 millones. En tanto, en La Libertad se culminó la rehabilitación de 5.5 kilómetros de tuberías por S/ 6.2 millones en zonas rurales y urbanas.

De la misma manera, en octubre del mismo año, el Ministerio de Vivienda inició en Piura la rehabilitación de 2.1 kilómetros adicionales de redes de alcantarillado en los distritos de Piura, Catacaos y 26 de octubre.



Figura 2. Rehabilitación de redes de agua y alcantarillado de Piura, Lambayeque y La Libertad

Fuente: TVPERÚ (2018)

Como se puede apreciar el mercado de las tuberías de PVC tiene creciente demanda y como anteriormente se sostuvo, es directamente proporcional al crecimiento de proyectos de saneamiento, proyectos mineros, proyectos de construcción, y la agroindustria.

Actualmente en nuestro país, los principales líderes productores de tuberías de PVC son empresas trasnacionales a excepción de la empresa peruana EUROTUBO S.A.C. de origen Libertenseño.

El proceso de extrusión de tuberías de PVC es un proceso lento por naturaleza, mientras la tubería tenga mayor diámetro y mayor espesor, el flujo de PVC que pasa por toda la línea de producción será mayor, por lo que una falla mecánica puede generar grandes pérdidas; de la misma manera, los procesos de arranque y parada de línea generan pérdidas de materiales; entonces uno tiene que hacer que la producción sea lo más grande posible.

Es así que la presente investigación se realizó en una empresa trujillana dedicada a la fabricación de tuberías de PVC. Esta empresa ha tenido problemas en la línea de producción de tuberías de PVC de 315mm - 500mm, siendo esta la línea más importante del proceso de producción ya que es la línea que mayor Kg al año produce y la que más demanda tiene, fabricando tuberías con un peso de hasta 300 Kg cada una.

En el 2019, esta línea tuvo un Tiempo total de Mantenimiento Correctivo (HTMC) de 887.75 horas. El tiempo promedio de reparaciones (MTTR) fue de 120 horas/falla y el tiempo medio de funcionamiento (MTBF) fue de 721 horas/falla. Se determinó que la disponibilidad operacional de la línea fue de 85%, lo que ocasionó un Costo lucro cesante (CLC) de S/. S/. 292,243.88.

Las fallas que ocasionaron parada de la línea fueron por fallas comunes a las de otras líneas, como recalentamiento de equipos, temperatura deficiente por resistencias en mal estado o uso de repuestos inadecuados, adicional a ello que no existe una correcta revisión de la línea previo al arranque. Además, es importante mencionar que existen fallas mecánicas que no necesariamente provocan una parada de línea, pero generan una baja del rendimiento en ella, por tal motivo en el 2019 se tuvo un rendimiento de 68%. Produciendo en promedio 413 kg/hora, cuando la producción teórica de la línea es de 609 kg/hora, generando pérdidas de S/561,124.

El alto tiempo de espera de un repuesto genera horas perdidas, en el año 2019 se tuvo un lead time promedio de 40 horas, generando pérdidas de S/. 200,500.

Otro motivo de horas dejadas de producir fueron las malas intervenciones de mantenimiento, donde se encontró que en el 2019 solo el 63% de intervenciones fueron hechas correctamente, esto generó una pérdida de S/. 8,039.00.

El costo de fabricación de tuberías de PVC de la empresa en el año 2019 fue de 1500 soles/TN y con la implementación de la propuesta del Plan de mantenimiento preventivo se reduce un 19% obteniéndose un beneficio total de S/. 719,229.

Con la propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la línea de extrusión de tuberías de PVC de 315mm – 500mm se pretende aumentar la disponibilidad de la línea, así como su calidad y rendimiento, esto permitirá tener una producción mayor y por efecto una reducción del costo de fabricación de tuberías de PVC de la empresa en estudio.

1.1.1. Antecedentes

Como antecedentes de la presente investigación tenemos las siguientes, tesis:

Vergaray (2018), en su tesis titulada “Plan de mantenimiento preventivo para reducir los costos de operación en los equipos Trackle scoop LH203 de la Compañía Minera Poderosa S.A.”, tuvo como objetivo reducir los costos de operación a través de un Plan de mantenimiento preventivo, de una empresa trujillana dedicada a la fabricación de Tuberías de PVC, en la cual se concluyó que los equipos SCOOP LH203 presentan más fallas a nivel operacional, debido a factores como: falta de programas mensuales y anuales, falta aplicación de controles para mantenimientos y falta de repuestos críticos. Esta tesis concluye que económicamente la propuesta viable, la cual mediante el análisis costo beneficio, se determinó que el retorno de inversión de 34500\$, con un plan de mantenimiento mejorado se dará en 2 años.

De la misma manera Uribe y Valera, su tesis titulada “Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento y gestión de inventarios para reducir los costos de la empresa de Transporte Bulltrac S.A.C., tuvo como objetivo el desarrollo de una propuesta de mejora en el área de Mantenimiento y Logística para reducir los costos de la empresa Bulltrac SAC en la ciudad de Trujillo; aplicando las herramientas y técnicas respectivas de Ingeniería Industrial con el fin de reducir los tiempos muertos y costos. Se llegó a la conclusión de que el proyecto es viable ya que se realiza el análisis de evaluación económica; resultándose un TIR de 221%, B/C de 1.25 con un VAN de S/. 362,860.

Lázaro y Díaz (2018) Universidad Privada del Norte, en su tesis titulada “Propuesta de mejora en la gestión de producción, calidad, mantenimiento y medioambiental de una ladrillera para incrementar su rentabilidad”, tuvo como objetivo principal el incremento de la rentabilidad de la ladrillera Josselyn. Se utilizó las siguientes herramientas y técnicas de mejora: Método del transporte de Vogel, pronóstico de ventas, Casita de Calidad, MRP. Se concluyó que la propuesta de mejora es viable y se ve reflejado en los indicadores VAN, TIR y Beneficio/Costo, que resultan S/ 4 973, 87.6% y S/ 1.40 respectivamente.

Paredes (2017) Universidad Privada del Norte, en su tesis titulada “Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento de los equipos del área de producción para incrementar la rentabilidad de la empresa de confecciones DANPAR E.I.R.L., tuvo como objetivo general el desarrollo de propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento de los equipos del área de producción para incrementar la rentabilidad de la empresa de confecciones Danpar E.I.R.L. Se utilizó las siguientes herramientas y técnicas de mejora: plan de mantenimiento preventivo, procedimiento de mantenimiento, formatos para mejorar la gestión de la documentación, adquisición de equipos de monitoreo, compra de herramienta y un plan de capacitaciones. Estas mejoras lograron incrementar la disponibilidad de los equipos de 91.4% a 95.7%., generando ingresos por un monto total S/. 2, 006,983 durante los 8 años en los cuales se proyectó el flujo de caja. Para culminar, se realizó una evaluación económica financiera obteniéndose un VAN de S/. 442,747 TIR de 62,9%, B/C de 1.6 y un PRI de 2.65 años. Lo cual indica que el proyecto es RENTABLE.

Alvites y Chavesta (2018) Universidad Señor de Sipán, en su tesis titulada “Plan de mejora en la gestión de mantenimiento para incrementar la rentabilidad de la empresa de transportes Serpiente de Oro S.R.L., tuvo como objetivo el desarrollo de un plan de mejora en la gestión del área de mantenimiento para incrementar la rentabilidad de la empresa de Transportes Serpiente de Oro S.R.L. Se utilizó las siguientes herramientas y técnicas de mejora: procedimientos, clasificación ABC, codificación de repuestos gestión de la documentación y un programa de capacitación. Estas mejoras lograron incrementar la rentabilidad de 92.4% a 95%, incrementando las ventas en un 2.59% (S/59,082.72). Para culminar, se realizó un beneficio/ costo obteniendo 1.34 lo cual indica que el proyecto es Rentable.

Salez (2018) Universidad César Vallejo, en su tesis titulada “Propuesta de plan de mantenimiento preventivo para incrementar la rentabilidad de la empresa Lift Rental Solutions SAC., Lima 2018”, tiene como objetivo Realizar la propuesta del plan de mantenimiento preventivo para incrementar la rentabilidad de la empresa Lift Rental Solutions SAC, Lima 2018. Se utilizó las siguientes herramientas y técnicas de mejora: Plan de capacitación, Plan de mantenimiento flujograma, control de indicadores. Como resultado obtuvo un incremento de rentabilidad hasta un 15%, además demostró el resultado de un VAN de S/. 27836.49 y TIR de 51 %.

Valdez (2017) Universidad Nacional del Centro del Perú, en su tesis titulada “Implementación del Mantenimiento Autónomo para aumentar la disponibilidad de equipos Trackless en Uchucchacua” tiene como objetivo, que los operadores aporten con el cuidado y reporten adecuadamente las diversas fallas de los equipos y con ello aumentar su disponibilidad. La principal herramienta que utilizó fue la Capacitación en mantenimiento autónomo de los equipos Trackless. Como resultado se obtuvo un incremento de la disponibilidad de los equipos Trackless de 75% a > 85%.

1.1.2. Base Teórica

1.1.2.1. GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Entendemos gestión como asumir y llevar a cabo las responsabilidades sobre un proceso, esto puede ser empresarial o personal, lo que incluye: La preocupación por la disposición de los recursos y estructuras necesarias para que tenga lugar. La coordinación de sus actividades y sus semejantes.

Y “mantenimiento” Según Oliva (2010), “Es un servicio que agrupa una serie de actividades mediante las cuales un equipo, máquina, construcción civil o instalación, se mantiene o se restablece a un estado apto para realizar sus funciones, siendo importante en la calidad de los productos y como estrategia para una competencia exitosa.” (pág. 131).

La gestión del mantenimiento no es un proceso aislado (Pintelon & Gelders, 1992, pág. 301-317), sino que es un sistema linealmente dependiente de factores propiamente ligados a la gestión del mantenimiento, así como de factores internos y externos a la organización. De hecho, la situación más deseable es la completa integración de la gestión del mantenimiento dentro del sistema (Vanneste & Van Wassenhove, 1995, pág. 241-257)

Un modelo de gestión del mantenimiento debe ser eficaz, eficiente y oportuno, es decir, debe estar alineado con los objetivos impuestos en base a las necesidades de la empresa, minimizando los costos indirectos de mantenimiento (Vagliasindi, 2003) (asociados con las pérdidas de producción). A su vez, debe ser capaz de operar, producir y lograr los objetivos con el mínimo costo (minimizando los costes directos de mantenimiento), generando a su vez actividades que permitan mejorar los indicadores claves del proceso de mantenimiento, asociados a mantenibilidad y confiabilidad. Además, para generar un modelo de mantenimiento robusto y eficaz se deben considerar factores relacionados con la disponibilidad de recursos y su respectiva gestión (Márquez, 2007)

1.1.2.2. Objetivo del mantenimiento

Los objetivos de mantenimiento se pueden definir como metas asignadas y aceptadas, las cuales requieren de actividades de mantenimiento, cada una de ellas perteneciente a uno de los diferentes niveles de control, desde el estratégico hasta el nivel operativo de mantenimiento (CEN, 2001). En términos generales, las estrategias direccionan y definen el plan organizacional para lograr los objetivos (Anthony, R. N, & Govindarajan, 2007), enfocándose en el "cómo" se lograrán.

Para Amendola (2006) “El objetivo básico de cualquier gestión de mantenimiento, consiste en incrementar la disponibilidad de los activos, a bajos costos, permitiendo que dichos activos funcionen de forma eficiente y confiable dentro de un contexto operacional” (pág. 45).

De la misma manera, Parida & Chattopadhyay (2007) complementa que la dirección de la unidad de mantenimiento debe ser coherente con los objetivos de producción y las metas estratégicas generales de la compañía y, del mismo modo, debe existir coherencia en la definición de estrategias, políticas, procedimientos, estructura organizacional y decisiones en los diferentes niveles (Planificación y Estructuración del trabajo de mantenimiento) (Kans, M., 2008).

1.1.2.3. Análisis de criticidad

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual. (Huerta, 2000)

El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable.

Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

Criticidad = Frecuencia x Consecuencia

Donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y, la consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente. En función de lo antes expuesto se establecen como criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad los siguientes:

Seguridad

Ambiente

Producción

Costos (operacionales y de mantenimiento)

Tiempo promedio para reparar Frecuencia de falla.

Para la selección del método de evaluación se toman criterios de ingeniería, factores de ponderación y cuantificación (Huerta, 2000).

1.1.2.4. TIPOS DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo es el conjunto de acciones encaminadas a la reparación de la máquina cuando ha dejado de funcionar. Este tipo de mantenimiento no es programable y lleva asociado un alto coste: mano de obra, materiales utilizados y lo ‘no fabricado’ durante el tiempo que la máquina o línea está parada.

Se puede descomponer en los dos tipos siguientes:

- **Mantenimiento paliativo:** son los arreglos, es decir, la puesta en funcionamiento del elemento al que una avería ha hecho parar o funcionar irregularmente para poder seguir produciendo, si no es a plena producción, sí a un alto porcentaje de carga. Se trata de reparaciones provisionales hechas con la idea de que, en cuanto se pueda, se hará una reparación definitiva.
- **Mantenimiento curativo:** son las reparaciones, hechas en el mismo lugar donde se produjo la avería o en el taller, que se realizan tras el arreglo. Se trata de las reparaciones definitivas tras las provisionales comentadas en el párrafo anterior.

El mantenimiento correctivo también lleva implícito el concepto de mejora si tras el arreglo y la reparación se analizan las causas de la avería y se registran, lo cual facilitará la realización de acciones posteriores encaminadas a que no vuelva a ocurrir el fallo o avería. Aquí es donde entra en juego una buena gestión del mantenimiento correctivo para que no se quede sólo en un mero:” arreglar las máquinas sin analizar lo ocurrido”, lo cual es bastante frecuente en las pequeñas y medianas empresas, principalmente. (Gento & Redondo, 2005)

Mantenimiento Preventivo

La definición de Mantenimiento Preventivo según la norma AFNOR (NF X 60-010) es: “mantenimiento efectuado con la intención de reducir la probabilidad de fallo de un bien o la degradación de un servicio prestado”.

Debe tenerse en cuenta que cualquiera que sea el nivel de mantenimiento preventivo aplicado, siempre existen fallos residuales que obligan a la intervención correctiva, de ahí la complementación que existe entre los mantenimientos correctivos y preventivo. Los mantenimientos preventivos lo que sí harán es reducir la posibilidad de que se produzcan fallos aleatorios.

El mantenimiento preventivo propiamente dicho es el conjunto de acciones encaminadas a la inspección periódica de las máquinas para reponer piezas desgastadas o próximas a fallar. Es un mantenimiento planificado, pero lleva asociados unos costes bastante altos: mano de

obra especializada, lo no producido durante el tiempo empleado y las piezas que se cambian quizás antes de que fuesen a fallar.

El nombre que reciben esas acciones sistemáticas planificadas para prevenir las averías es el de gamas del mantenimiento preventivo. Las gamas no son algo que permanece estático en el tiempo, sino todo lo contrario. Cambiarán continuamente las directrices, se añadirán unas nuevas o se eliminarán otras, se cambiará la frecuencia de las mismas, los repuestos, etc. El sistema de gestión del mantenimiento preventivo debe permitir todos estos cambios y, además, hacerlo de una forma fácil y amigable.

Un punto muy importante de la gestión del mantenimiento preventivo es el proceso de asignación de las gamas, que puede llegar a ser muy complejo si el número de gamas a realizar es muy elevado y no se posee un sistema de asignación potente y eficaz como el que se provee en la aplicación de la que es objeto este proyecto. (Gento & Redondo, 2005)

1.1.2.5. INDICADORES EN MANTENIMIENTO

DISPONIBILIDAD

Es la probabilidad de que el equipo esté operando satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo en mantenimiento preventivo (en algunos casos), tiempo administrativo y tiempo logístico. (Rey,1996,161) (Smith,1986,156) (Díaz,1992,5)

La disponibilidad es una medida importante y útil en casos en que el usuario debe tomar decisiones para elegir un equipo entre varias alternativas. Para tomar una decisión objetiva con respecto a la adquisición del nuevo equipo, es necesario utilizar información que abarque todas las características relacionadas, entre ellas la disponibilidad, que es una medida que suministra una imagen más completa sobre el perfil de funcionalidad (Knezevic,1996,27). La disponibilidad está basada únicamente en la distribución de fallas y la distribución de tiempo de reparación. Esta puede ser además usada como un parámetro para el diseño (Ebeling,1997,255), (Hecht y otro,2001,6).

a) Disponibilidad Genérica

Sirve para organizaciones que no predicen ni manejan CMD, la información que se dispone, solo contempla los tiempos útiles y los de no funcionalidad (sin especificar causa, ni razón, ni tipo). Es muy adecuada para inicializar pruebas pilotos en las empresas. Los parámetros que usa, son: UT y DT.

b) Disponibilidad Inherente o Intrínseca

Es muy útil cuando se desea controlar las actividades de mantenimientos no planeados (correctivos y/o modificativos). Solo contempla su posible uso cuando los promedios de tiempos útiles son supremamente grandes frente a los DT y los tiempos de retraso o demora administrativos o físicos son mínimos o tienden a cero (al igual las otras tres disponibilidades que siguen: Alcanzada, Operacional y Operacional generalizada). Sus parámetros son MTBF y MTTR. Solo

tiene en cuenta daños o fallas o pérdidas de funcionalidad, por razones propias del equipo y no exógenas al mismo.

c) Disponibilidad Alcanzada

Para controlar las tareas planeadas de mantenimiento (tareas proactivas: preventivas o predictivas) y las correctivas por separado, no le interesan los tiempos de espera, ni los registra obligatoriamente. Es muy rigurosa en el manejo y especificación de la información, requiere un manejo detallado y preciso. Usa como parámetros de cálculo, a: MTBM, MTBMc, MTBMp, MTTR, M_p , \overline{M} , etc.

d) Disponibilidad Operacional

Es adecuada cuando se desea vigilar de cerca los tiempos de demoras administrativas o de recursos físicos o humanos, trabaja con las actividades planeadas (preventivas o predictivas) y no planeadas (correctivas o modificativas) de mantenimiento, en forma conjunta. Es precisa, exigente y metódica para su predicción. Su implementación requiere mucho esfuerzo y exige bastantes recursos económicos. Utiliza los mismos parámetros de la anterior Alcanzada más los correspondientes a demoras: ADT, LDT' y LDT.

e) Disponibilidad Operacional Generalizada

Se usa cuando se predice el CMD en equipos con mucho tiempo de operación en que funcionan mas no producen, algo así como trabajar en vacío, por ejemplo, una turbina de generación a carga mínima, un compresor de aire al mínimo, una bomba de agua en recirculación por no tener carga, un vehículo detenido y encendido, pero en neutro en su

caja de cambios. Trabaja con los mismos parámetros de la Operacional, solo que los tiempos en que la máquina funciona, pero que no produce (denominados en inglés Ready Time) se les agrega a los tiempos útiles más cercanos en fecha; para de esta manera aumentar los tiempos útiles que si no se registrasen los Ready Time. Es la más compleja y completa de las disponibilidades, pero así mismo la más exigente y costosa de implementar, aparte de que la empresa debe tener ya mucha experiencia en el tema.

1.1.2.6. Definición de VAN

También llamado VAN económico. Es el valor creado por el proyecto en un periodo determinado.

a) Cómo se calcula:

Descontando los flujos de caja libre al WACC.

b) Cómo se interpreta:

Un VAN del proyecto, descontado a un WACC del 10%, igual a 10 millones de euros, significa que el proyecto genera una rentabilidad del 10% anual que es la media ponderada de lo que los accionistas y suministradores de deuda exigen por su apoyo y financiación, más 10 millones de euros valorados en euros del momento cero, ya que son cantidades que han sido actualizadas a ese momento temporal. Una vez retribuidos accionistas y prestamistas según las tasas exigidas, los 10 millones de euros de VAN es la cuantificación de la creación. (Ortega, 2013)

c) Valores de VAN

1. VAN del proyecto > 0

El proyecto crea valor. Desde el punto de vista del modelo, el proyecto debe aceptarse, ya que genera una rentabilidad igual a la tasa de descuento utilizada, el WACC, más un plus valorado en unidades monetarias del momento actual que se corresponderá con el valor que tome el VAN y que servirán para la devolución y retribución de la deuda y para el pago al accionista. (Ortega, 2013)

2. VAN del proyecto < 0

El proyecto destruye valor. En este caso el proyecto debería rechazarse ya que no genera la rentabilidad que se le exige para retribuir a accionistas y devolver y retribuir igualmente la deuda que los suministradores de la misma han aportado.

3. VAN del proyecto = 0

El proyecto no crea ni destruye valor. El proyecto genera una rentabilidad exactamente igual a la tasa de descuento utilizada, en este caso el WACC. Su aceptación o no dependerá de lo seguros que estemos tanto en estimación de los flujos de caja previsto, como de la tasa de descuento. Incluso cualquier variación a la baja de los primeros o al alza del segundo, podría dar al traste con el cumplimiento de las tasas exigidas. (Ortega, 2013)

1.1.2.7. Definición de TIR

También llamado TIR financiero. Indica la rentabilidad en términos porcentuales que genera el proyecto para el accionista en un periodo determinado, después de haberse devuelto y retribuido convenientemente la deuda.

Cómo se calcula:

Partiendo de los flujos de caja para el accionista que genere el proyecto.

Cómo se interpreta:

Una TIR del accionista igual al 10%, significa que el proyecto genera un 10%

anual de rentabilidad para el accionista. (Ortega, 2013)

Valores de la TIR:

1. TIR del accionista > K_e

Deberíamos aceptar la inversión, ya que la rentabilidad del accionista está por encima del coste del equity, es decir de la rentabilidad mínima exigida por el accionista.

2. TIR del accionista < K_e

Deberíamos rechazar la inversión, ya que la rentabilidad del accionista está por debajo del coste del equity

3. TIR del accionista = K_e

La inversión genera exactamente la rentabilidad que el accionista le exige a la inversión. (Ortega, 2013)

1.1.3. Definiciones Conceptuales

Policloruro de Vinilo (PVC): El Policloruro de Vinilo (PVC) es un moderno, importante y conocido miembro de la familia de los termoplásticos. Es un polímero obtenido de dos materias primas naturales cloruro de sodio o sal común (ClNa) (57%) y petróleo o gas natural (43%), siendo por lo tanto menos dependiente de recursos no renovables que otros plásticos.

Reconstrucción con Cambios: Orientada a rehabilitar y reconstruir la infraestructura dañada por el Fenómeno El Niño Costero 2017, con un componente de cambio, y a realizar obras y actividades de prevención de inundaciones fluviales, pluviales y de movimientos de masas, junto con planes de desarrollo urbano con la finalidad de restituir el bienestar perdido a los ciudadanos.

Proceso de extrusión: La extrusión de polímeros es un proceso industrial mecánico en donde se realiza una acción de moldeado del plástico, que, por flujo continuo con presión y empuje, se lo hace pasar por un molde encargado de darle la forma deseada. El polímero fundido (o en estado viscoelástico) es forzado a pasar a través de un dado también llamado cabezal, por medio del empuje generado por la acción giratoria de un husillo (tornillo de Arquímedes) que gira concéntricamente en una cámara a temperaturas controladas llamada cañón, con una separación milimétrica entre ambos elementos.

Mantenimiento: Es un servicio que agrupa una serie de actividades mediante las cuales un equipo, máquina, construcción civil o instalación, se mantiene o se restablece a un estado apto para realizar sus funciones, siendo importante en la calidad de los productos y como estrategia para una competencia exitosa. Oliva (2010)

Gestión de mantenimiento: Es el conjunto de operaciones con el objetivo de garantizar la continuidad de la actividad operativa, evitando atrasos en el proceso por averías de máquinas y equipos.

MTTR: El tiempo Medio de Reparación (MTTR, del inglés Mean Time To Repair), también conocido como Tiempo Medio de Mantenimiento Correctivo, es una medida de mantenibilidad de equipos y piezas reparables. Representa el promedio del tiempo necesario para reparar una avería hasta que la actividad del equipo se restablezca.

MTBF: El Tiempo Medio Entre Averías (MTBF, del inglés, Mean Time Between Failures) es, junto con el MTTR, uno de los principales indicadores de la disponibilidad de un equipo. El MTBF representa el promedio del tiempo que transcurre entre dos averías en un mismo equipo. Cuanto más elevado sea el MTBF, más fiable es el funcionamiento de la máquina en cuestión – o, por otras palabras, menor su downtime o tiempo de inactividad.

Rentabilidad: Como la condición de rentable y la capacidad de generar renta (beneficio, ganancia, provecho, utilidad). La rentabilidad, por lo tanto, está asociada a la obtención de ganancias a partir de una cierta inversión.

Valor Actual Neto: Es un indicador financiero que sirve para determinar la viabilidad de un proyecto.

Tasa Interna de Retorno: Es un indicador financiero que indica la máxima tasa de un proyecto de inversión.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de la propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo en los costos de fabricación de tuberías de PVC en una empresa trujillana?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo en los costos de fabricación de tuberías de PVC en una empresa trujillana.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento en una empresa trujillana.
- Desarrollar el plan de mantenimiento preventivo en una empresa trujillana.
- Determinar la variación de los costos de fabricación de tuberías de PVC en una empresa trujillana después de la implementación de la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo.
- Determinar la evaluación económica de la implementación de la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en una empresa trujillana.

1.4. Hipótesis

La propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo reduce los costos de fabricación de tuberías de PVC en una empresa trujillana.

1.5. Variables

Variable independiente

Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo

Variable dependiente

Costos de fabricación de tuberías PVC en una empresa trujillana.

II. CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de Investigación

2.1.1. Según el propósito

Investigación Aplicada

2.1.2. Según el diseño de investigación

Tipo: Diagnóstica y propositiva.

2.2. Materiales, Instrumentos y Métodos

Para poder hacer posible este estudio se realizaron técnicas de entrevistas dirigidas al personal del área de producción para saber los problemas que se enfrentan día a día durante el proceso, de la misma manera se entrevistó al personal del área de mantenimiento para conocer las dificultades con las que se cuenta actualmente para la realización de su trabajo.

Se verificó base de datos del área de producción, para conocer el flujo de Kg promedio de la línea, el tipo y peso de tuberías de PVC que se producen.

A través de un método de observación se estudió el comportamiento de la línea, desde su arranque hasta su parada o cambio de medida de la misma.

2.3. Procedimiento

2.3.1. Generalidades de la empresa:

Mapa de procesos

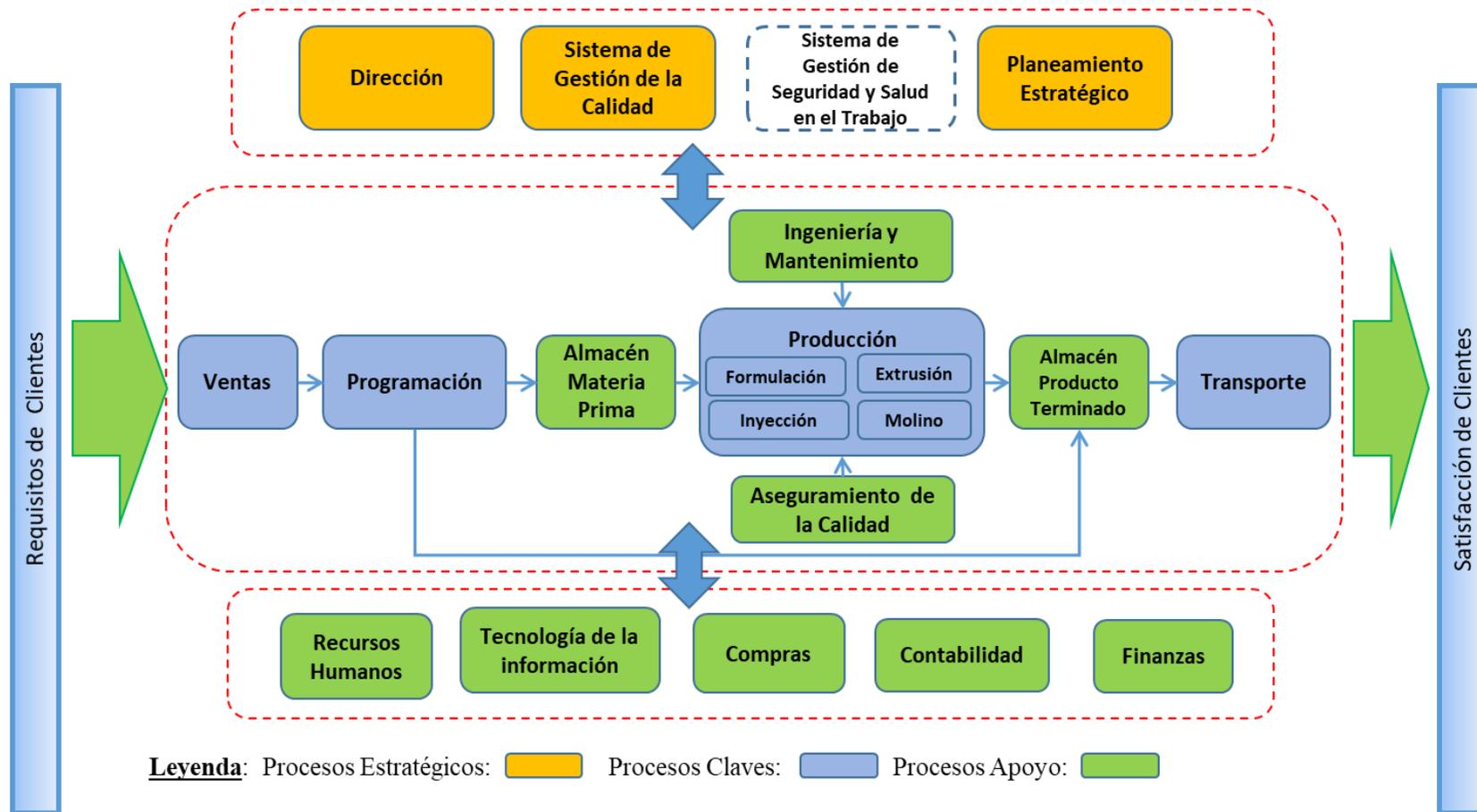


Figura 3. Mapa de procesos

Fuente: Elaboración propia

Layout de la empresa:

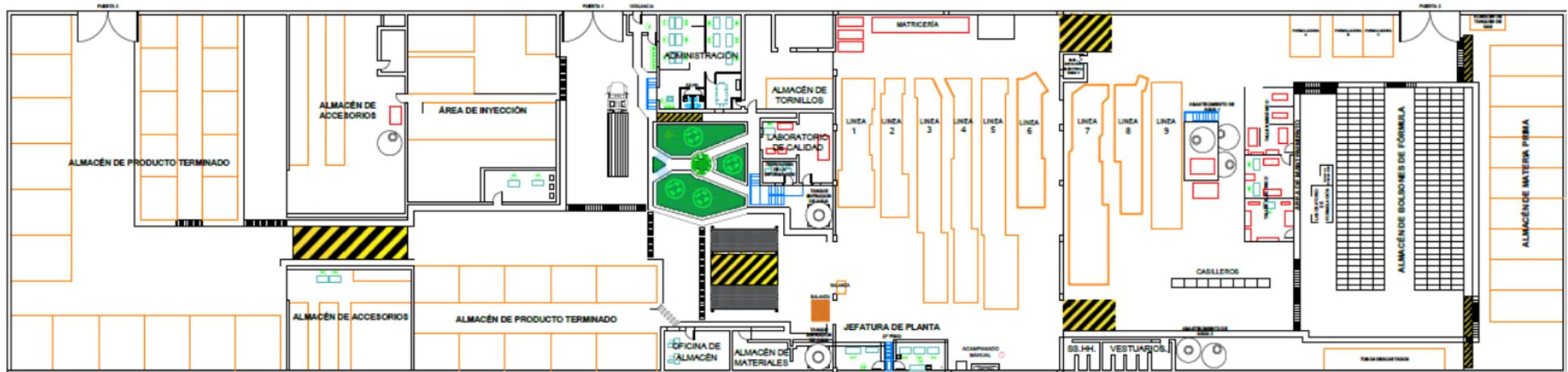


Figura 4. Layout de la empresa

Fuente: Elaboración propia

Principales clientes:

- **Sedapal:** El Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima - Sedapal S.A., es una empresa estatal peruana creada en 1981. Brinda prestaciones de agua potable y alcantarillado al sector urbano de la ciudad de Lima. SEDAPAL gestiona el abastecimiento de agua potable del área metropolitana de Lima y Callao.
- **EMUSAP S.R.L.:** Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento Empresa Municipal de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Amazonas S.R.L.
- **SEDALIB S.A.:** Es una empresa que opera principalmente en el sector Aguas y Residuos. Conecta con sus contactos clave, proyectos, accionistas, noticias relacionadas y más. Esta empresa cuenta con operaciones en Perú.
- **SEDAM HUANCAYO S.A.:** Es una Empresa Municipal de derecho privado, su constitución y duración es indefinida., se rige por la Ley de Sociedades con sujeción al Estatuto Social de la Empresa y las atribuciones legales que le confiere la Ley Orgánica de Municipalidades.
- **EPS GRAU S.A.:** Es una empresa municipal peruana que funciona como entidad privada. Opera en Piura, Sullana, Talara, Paita y Chulucanas, todas en la provincia de Piura. La compañía ofrece servicios de recolección de aguas residuales y de producción y distribución de agua potable.

- **SEDACHIMBOTE S.A.:** Es una Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento donde su jurisdicción abarca Chimbote, Nuevo Chimbote, Casma y Huarney.
- **EMAPA CAÑETE S.A.:** Es una (EPS) Empresa Prestadora de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado, de nivel Municipal, descentralizado, autónomo con personería jurídica de derecho privado, patrimonio propio y con autonomía funcional, económica, técnica, financiera y administrativa.
- **SEDA – HUANUCO S.A.:** Es una empresa que cobertura los servicios de agua potable y alcantarillado en la ciudad de Huánuco.
- **SEDALORETO S.A.:** Es la empresa prestadora que brinda los servicios básicos de Agua Potable y Alcantarillado con estándares de calidad, para contribuir con la mejora de la calidad de vida de la población en las Localidades de Iquitos, Yurimaguas y Requena de la Región Loreto.
- **EMAPAT:** Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tambopata EMAPAT S.A. Es una Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento (EPS) de propiedad municipal.
- **EMAPA SAN MARTIN:** Es una empresa prestadora del servicio de Saneamiento (agua potable y alcantarillado sanitario), cuya sede central se ubica en el distrito de Tarapoto de la provincia de San Martín y tiene como ámbito de influencia los distritos de Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo de la provincia de San Martín.

- **Aguas de Tumbes:** Aguas de Tumbes S.A. – (Atusa) es una sociedad anónima constituida y existente de conformidad con las leyes de la República del Perú y domiciliada en Tumbes, Perú.
- **Danper:** Empresa de capitales peruanos y daneses, que tiene ya 20 años de experiencia en la agroindustria, y cuenta a la fecha con 7,000 hectáreas cultivadas, tanto en la costa norte y sur, como en la sierra central y sur del país. Sus exportaciones se dan en los 5 continentes.
- **NETAFIM:** Netafim Perú es una empresa dedicada a la importación, venta e instalación de equipos de riego tecnificado para la Agricultura y Minería. Con más de 40 años de experiencia en el mercado, inventores del riego por goteo.
- **Arato:** Arato Peru S.A. es una empresa en Perú, con sede principal en Trujillo. Opera en Conservación de Frutas, Verduras y Fabricación de Alimentos Especializados industria.
- **Camposol:** Es una empresa agroindustrial, cuyas operaciones se iniciaron en 1997 con la compra de sus primeras tierras en La Libertad, región ubicada en el norte del Perú, a 600 km de Lima. Además, es propietaria de una empresa de empaquetamiento de frutas (mangos, uvas y otros) y participa como socia de otra en Piura.

Principales Competidores

- **Pavco:** Pavco Wavin, pertenece al grupo Orbia, líder en la industria química y petroquímica, con más de 50 años de historia, posee 120 plantas en el mundo, en 30 países y con más de 19,000 trabajadores organizados a lo largo de la cadena. La compañía se forma como parte de una estrategia de integración vertical, donde inicia sus operaciones con la extracción de las materias primas SAL y FLUORITA y les agrega valor hasta transformarlos en productos finales que atienden a industrias de la construcción, infraestructura, minería, agrícola, comunicaciones, entre otras. Cuenta con plantas en casi todo el continente americano, Europa y Asia. En el Perú, con la marca Pavco Wavin, está presente desde 1997, cuando se implementó la moderna planta de Tubosistemas en el Perú y Latinoamérica. Actualmente, se produce y comercializa soluciones integrales para el segmento de la Construcción, Infraestructura y Minería con una fuerza laboral de más de 500 trabajadores.
- **Plastinor:** Empresa dedicada a la fabricación de tuberías y accesorios de PVC y venta de productos para la construcción en general.
- **Tuplast:** Empresa peruana dedicada a la fabricación y distribución de tuberías PVC-U para redes de agua potable, desagüe, alcantarillado y cableado eléctrico.

- **LOGAREX:** Logarex es una empresa peruana, desde 1982 en el mercado nacional. Fabricantes de Tuberías y Conexiones de PVC para abastecimiento de agua, fluidos a presión, canalizaciones eléctricas, redes de desagüe, sistemas de drenaje y alcantarillado.

Principales proveedores:

- **Mexichem (Materia prima):** Es una empresa mexicana con el respaldo de más 50 años de trayectoria; productora de productos químicos y petroquímicos y líder en todos los mercados en que participa. Esta organizada en dos cadenas productivas -Cadena Cloro Vinilo y Cadena Flúor y una Cadena de Distribución.
- **Ferretería industrial KOU (Materiales y repuestos hidráulicos):** Empresa comercializadora de artículos de ferretería para los diversos sectores industria peruana; posicionada en el mercado trujillano y con más de 30 años de servicio.
- **Probinse industrial SAC:** Materiales y repuestos mecánicos: Empresa dedicada a la distribución al por mayor y menor de Pernos y herramientas en general.
- **CSR Import E.I.R.L. (Repuestos importados):** CSR IMPORT es una empresa que ofrece productos con tecnología avanzada. La mayoría de los productos que ofrece son importados.

Análisis FODA de la empresa

FORTALEZAS

1. Personal administrativo con experiencia.
2. Flota de camiones permite la distribución directa de los productos.
3. Marca líder en la venta de tubos y accesorios de PVC en la ciudad de Trujillo.
4. Productos certificados por: INASSA, INTERTEK, SIN y COMITÉ PLÁSTICOS DE PERÚ.
5. Expansión de nuevos mercados: Piura y Tarapoto.
6. Capacidad de inversión en nuevos proyectos.
7. Crecimiento sostenible.
8. Trabajo bajo condiciones legales Adecuadas.
9. Bajo nivel de rotación y ausentismo de personal administrativo.
10. El departamento de Control de Calidad es el mejor equipado del norte del País.

OPORTUNIDADES

1. Crecimiento progresivo de la inversión gubernamental nacional destinada a actividades construcción (>15%).
2. Apertura de nuevos mercados (licitaciones internacionales).
3. Aceptación y cambios de preferencia en relación a los productos de PVC.
4. Tecnología disponible.
5. Desarrollo de nuevas tecnologías para la producción del PVC.
Cuidado del medio ambiente.

DEBILIDADES

1. Estructura Administrativa centralizada.
2. No se realizan planes estratégicos ni de presupuesto comercial.
3. No existe un plan de mantenimiento adecuado.
4. Deficiente comunicación entre áreas.
5. Deficiente estructura Logística.
Poca inversión en publicidad e investigación de mercados.

AMENAZAS

1. Aumento progresivo en los costos de materia prima y aditivos.
2. Alza del precio de los combustibles.
3. Inestabilidad del tipo de cambio.
4. Amenaza de nuevos competidores.
5. Amenaza de productos sustitos.
6. Pandemias y desastres naturales que impidan las operaciones.

Figura 5. Análisis FODA

Fuente: Elaboración propia

Diagrama de flujo del proceso de producción de tuberías de PVC

En la figura 6 se muestra el diagrama de flujo desde la habilitación de la materia prima en el área de formulación, para luego ser procesada en el área de extrusión hasta el almacenamiento de tuberías de PVC.

Cabe mencionar que la presente investigación se enfoca en el proceso de extrusión de la línea que produce tuberías de 315mm - 500mm:

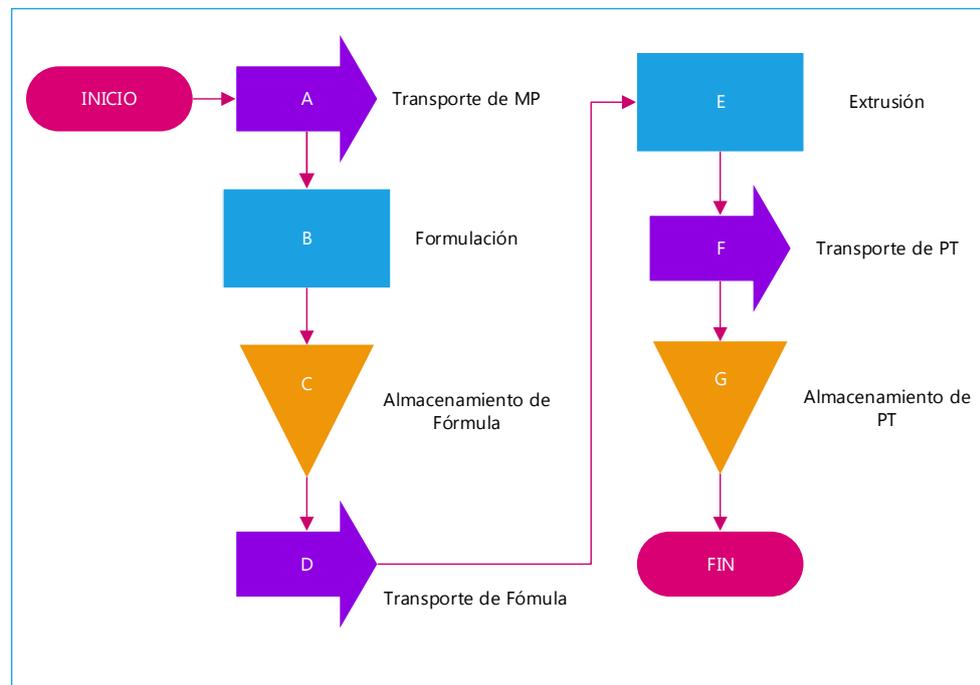


Figura 6. Diagrama de flujo de fabricación de tuberías de PVC

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se explica a detalle cada parte del proceso mostrado anteriormente.

A. Transporte de materia prima:

La materia prima es llevada por un montacargas desde el almacén hacia el área de formulación.

B. Formulación

En esta etapa según la fórmula de cada tubería se pesa la cantidad necesaria de cada uno de los elementos que va a conformar la fórmula, para posteriormente ser llevada a la máquina formuladora.

C. Almacenamiento de fórmula

Cada fórmula es almacenada en un saco de 1 TN, y cada uno de estos sacos es llevado al almacén de fórmulas, donde están clasificadas, según el tipo, color, longitud, espesor y diámetro; según el tipo de tubería que se va a fabricar.

D. Transporte de fórmula

Cada una de las fórmulas se encuentran dentro de unos sacos de 1TN llamados “bolsones”, y cada uno de ellos ubicados en unos racks de hasta 3 niveles de altura, estos son retirados con un montacargas para luego ser llevados a la línea de extrusión según corresponda.

E. Extrusión

Esta etapa empieza con el calentamiento de la máquina a una temperatura mayor de 170° C, posteriormente la materia prima ingresa a la máquina a través de una tolva, el material que ingresa se empuja a través de un tornillo donde empieza la extrusión.

La materia prima pasa por el cabezal, donde se le da la forma e ingresa a la tina de vacío, donde se extraen los gases para evitar que se formen burbujas de aire dentro de la tubería; luego, ingresa a la tina de enfriamiento donde empieza a tomar el diámetro y espesor deseado, saliendo de esta tina ingresa a la cortadora, donde después de cada corte se obtiene una unidad de tubería, finalmente ingresa a la acampanadora donde a través de una mordaza y un molde, se le da la forma de campana en la punta, mientras que del otro lado se le da un biselado finalizando el proceso de la línea.

F. Transporte de producto terminado:

Las tuberías terminadas son llevadas con un carrito desde el área de extrusión al almacén de PT.

G. Almacenamiento de producto terminado

Las tuberías son apilados o almacenadas sobre unos racks, dependiendo su diámetro, espesor y color.

2.3.2. Diagnóstico del área problemática

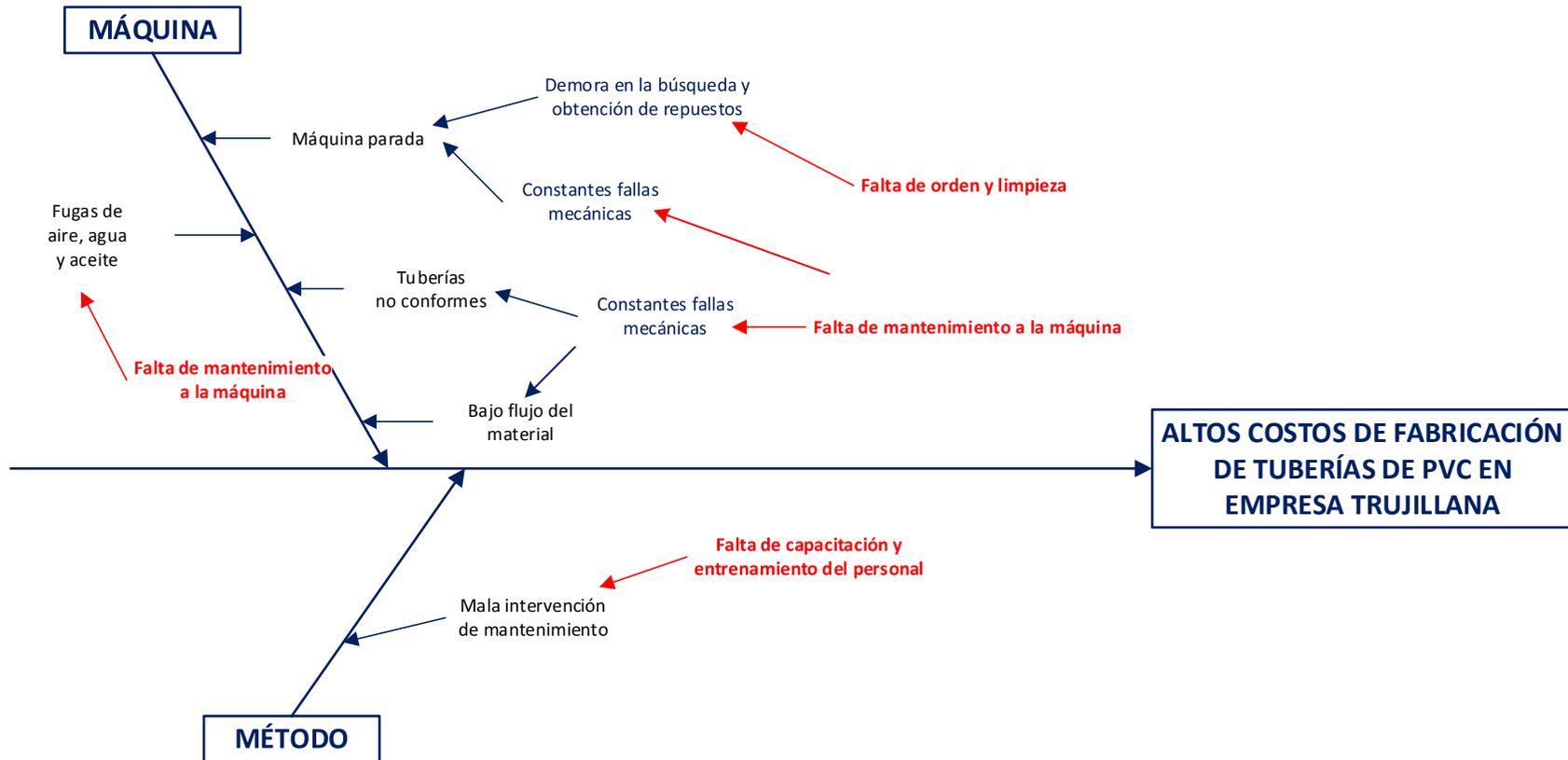


Figura 7. Diagrama Ishikawa de los altos costos

Fuente: Elaboración propia

Análisis de criticidad de las máquinas de extrusión donde se fabrican las tuberías de PVC:

Definimos las ponderaciones para cada criterio que ayudará con la definición de la máquina crítica.

En la tabla 1 definimos la ponderación para la frecuencia de fallas donde 4 significa que en la línea de extrusión hubieron más de 2 fallas al año que han provocado la parada de la misma, 3 cuando el promedio de fallas es entre 1 y 2 fallas al año, 2 cuando se tuvo fallas donde no ha necesitado parar la máquina o hasta 1 falla donde la máquina ha sido habilitada de inmediato y 1 cuando la falla no ha provocado la parada de la línea.

Tabla 1

Ponderación para la frecuencia de fallas

Frecuencia de fallas (FF)			
4	Frecuente	> 2	fallas al año
3	Promedio	1- 2	fallas al año
2	Bueno	0.5 - 1	fallas al año
1	Excelente	< 0.5	fallas al año

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2 definimos la ponderación para el impacto operacional donde el máximo puntaje es de 10 cuando las pérdidas de un día de trabajo supera el 75% de la producción y mínimo 1 cuando las pérdidas de 1 día de trabajo son inferiores al 10% de la producción.

Tabla 2

Ponderación para el impacto operacional

Impacto operacional (IO) (escala 1 - 10)	
10	Pérdidas superiores al 75%
7	Pérdidas entre 50% a 74%
5	Pérdidas entre 25% a 49%
3	Pérdidas entre 10% a 24%
1	Pérdidas menores al 10%

Fuente: Elaboración propia

Luego definimos la ponderación por flexibilidad operacional, el criterio para este punto se tomó en base a los diámetros de tuberías que puede producir cada línea, donde se consideró 4 cuando el diámetro solicitado (pedido) no puede ser producido en otra máquina para ser cubierto, así como los tiempos de reparación y logística siendo muy grandes. Una puntuación de 2 cuando el pedido puede ser producido en otra máquina de extrusión, pero con un bajo rendimiento, además de un tiempo de reparación y logística intermedio. Se considera 1 cuando el pedido puede ser producido en otra máquina, sin problemas y el tiempo de reparación y logística es bajo (Ver tabla 3).

Tabla 3

Ponderación para el impacto por Flexibilidad operacional

Impacto por Flexibilidad Operacional (FO) (escala 1 - 4)	
4	El pedido no puede ser producido en otra máquina para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy grandes.
2	El pedido puede ser producido en otra máquina para cubrir la producción pero a baja velocidad, tiempos de reparación y logística intermedios.
1	El pedido puede ser producido en otra máquina para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística pequeños.

Fuente: Elaboración propia

Posterior a ello definimos el impacto en costes de mantenimiento donde 2 será cuando sea superior a 3000 soles y 1 cuando el costo de mantenimiento sea inferior a esta cifra (Ver tabla 4).

Tabla 4

Ponderación para el impacto en costes de mantenimiento

Impacto en Costes de Mantenimiento (CM) (escala 1 - 2)	
2	Costes de reparación, materiales y mano de obra superiores a 3000 soles.
1	Costes de reparación, materiales y mano de obra inferiores a 3000 soles.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5 definimos la ponderación para el impacto en seguridad, higiene y ambiente, donde la calificación más alta es “8” y se da cuando existe un riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor (catastrófico) que exceden los límites permitidos. Se considera “6” cuando el riesgo es medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud, y/o incidente ambiental de difícil restauración. “3” cuando el riesgo es mínimo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en el corto plazo) y/o incidente ambiental menor (controlable), derrames fáciles de contener y fugas repetitivas. Y finalmente “1” cuando no existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales

Tabla 5

Ponderación para el impacto en Seguridad, higiene y ambiente

Impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente (SHA) (escala 1 - 8)	
8	Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor (catastrófico) que exceden los límites permitidos.
6	Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud, y/o incidente ambiental de difícil restauración.
3	Riesgo mínimo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en el corto plazo) y/o incidente ambiental menor (controlable), derrames fáciles de contener y fugas repetitivas.
1	No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales.

Fuente: Elaboración propia

Luego de haber obtenido la puntuación de la frecuencia y de la consecuencia, con la ayuda de la matriz de riesgo (Ver figura 8) se define que:

La máquina crítica es la línea de 315mm – 500mm (Ver tabla 6): Esta tiene un puntaje de 4 en frecuencia de fallas, debido a las 8 fallas registradas en el 2019 las cuales causaron la parada de la máquina. Y una puntuación de 30 en consecuencia. Es importante resaltar que es la línea que más produjo durante el 2019 (Ver tabla 7) y cada tubería tiene un peso promedio de 300 kg.

Tabla 6

Puntuación de frecuencia de fallas y consecuencia de líneas de extrusión

Máquina	FF	C	IO	FO	CM	SHA
15.9mm - 48mm	3	5	1	1	1	3
60mm - 110mm	4	8	3	1	2	3
110mm - 200mm	4	14	3	2	2	6
315mm - 500mm	4	30	5	4	2	8
500mm - 630mm	3	22	3	4	2	8
13mm - 54mm	4	5	1	1	1	3
160mm - 250mm	3	14	3	2	2	6

Fuente: Elaboración propia

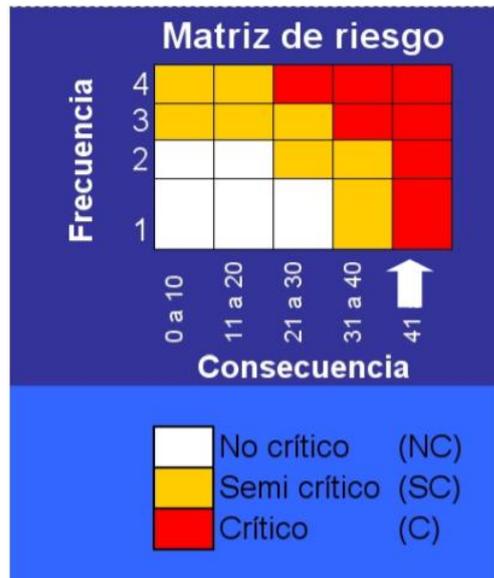


Figura 8. Matriz de riesgo

Fuente: Si todo es crítico, nada es crítico (Barrera)

Tabla 7

Total de kilogramos de tubería producidos en el año 2019 por cada línea

PROD. KG. / LINEA	PROD. TOTAL x(Kg)
15.9mm - 48mm	750,145
60mm - 110mm	971,453
110mm - 200mm	1,791,862
315mm - 500mm	2,384,781
500mm - 630mm	2,100,430
13mm - 54mm	716,214
160mm - 250mm	2,334,561

Fuente: Elaboración propia

Identificación de indicadores:

A continuación, en la tabla 8, se presenta los indicadores para cada causa raíz identificada.

Tabla 8

Indicadores actuales y meta

Causa raíz	Descripción	Causa principal	Indicador	Fórmula	VALOR ACTUAL	Pérdidas actuales (S/./ anual)	VALOR META	Pérdidas esperadas (S/./anual)	Beneficio anual	Propuesta de mejora	Inversión
CR1	Falta de mantenimiento a la máquina	Fugas de aire, agua y aceite	% de consumo aire, agua y aceite al mes	$\frac{KW}{TN}$ $\frac{m3 \text{ de agua}}{TN}$ $\frac{\text{Litros de aceite}}{TN}$	0.47 Kw/TN	S/. 16,086	0.45 Kw/TN	S/. 0.00	S/ 16,437	Plan de mantenimiento preventivo	S/ 41,632
	Falta de mantenimiento a la máquina	Tuberías no conformes	Calidad	$Calidad = \frac{\text{Producto conforme}}{\text{Prod conforme} + \text{PNC}}$	96%	S/ 47,695.63	98.00%	S/ 23,848	S/ 23,848		
	Falta de mantenimiento a la máquina	Bajo flujo del material	Rendimiento	$Rendimiento = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción teórica}}$	68%	S/ 561,124	90%	S/ 312,515	S/ 248,609		
	Falta de mantenimiento a la máquina	Máquina parada	Disponibilidad	$Do = \frac{MTBM}{MTBM + M}$	85%	S/ 292,243.88	97%	S/ 82,218	S/ 210,026		
CR2	Falta de orden y limpieza	Máquina parada	Lead Time de repuestos	$\frac{\text{Total de horas de espera}}{\text{Total de pedidos entregados}}$	40	S/ 200,500	9	S/ 18,000	S/ 182,500	Implementación de 5S	S/ 32,998
CR3	Falta de capacitación y entrenamiento del personal	Mala intervención de mantenimiento	% de intervenciones de mantenimiento correctas	$\frac{\text{Nº de intervenciones de mantto correctas}}{\text{Total de intervenciones de Mant}}$	63%	S/ 8,039	100%	S/. 0.00	S/ 8,039	Plan de capacitación y entrenamiento del personal	S/ 26,568

Fuente: Elaboración propia

Monetización de pérdidas

CR1: Falta de un plan de mantenimiento preventivo

Procedemos a calcular la pérdida monetaria que genera la causa raíz identificada, la cual es el conjunto de causas principales especificadas a continuación:

Fugas de aire

Actualmente uno de los sistemas de la línea de producción, es el sistema neumático, el cual se encuentra en la cortadora y la acampanadora de la línea, estas son accionadas por un compresor NB5/5,5FT/270 Nuair trabajando en promedio con 8 bar.

Se detectaron 2 fugas; una en la máquina acampanadora, esta fuga de 1mm de diámetro; la segunda fuga de 2mm en la cortadora, ambas activas todo el año.

En el 2019 se determinó que el consumo de la energía eléctrica era de 0.47 Kw/tonelada (Ver Tabla 9) y luego de aplicar el plan de mantenimiento el consumo desciende a 0.45 Kw/TN (Ver Tabla 11)

Tabla 9

Kilowatts consumidos por tonelada

Kilowatts por cada tonelada producida actual		
kilowatts consumidos en el 2019	1124.71	Kw
Toneladas producidas en el 2019	2384.78	TN
Kilowatts por tonelada producida actual	0.47	Kw/TN

Fuente: Elaboración propia

Con lo cual se determinó que en el año 2019 se tuvo una pérdida de energía eléctrica por las fugas de energía neumática de un total de S/ 3 217 y S/ 12 869 (Ver tabla 10).

Tabla 10

Fugas de aire identificadas

Fugas de aire	de 1mm	de 2mm
N° de horas de fuga	8760	8760
Cálculo en soles	S/ 3,217	S/ 12,869

Fuente: Elaboración propia

Para lo cual, se determina con el mantenimiento preventivo del sistema neumático se evita la pérdida de S/ 16,086 como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 11

Pérdida por fugas de aire

Pérdida por fugas de aire en la línea de producción	Actual	Con el Plan de PMP
Toneladas producidas	2384.78	2384.78
Kw consumidos	1124.71	1083.88
Facturación total	S/ 443,138	S/ 427,052.40
Kw / TN	0.47	0.45
Soles / TN	S/ 185.82	S/ 179.07
Pérdida por fugas de aire	S/ 16,086	

Fuente: Elaboración propia

Fugas de agua

En el 2019 la facturación total por consumo de agua de la línea de producción fue de S/1 463.

Este recurso es usado para accionar las bombas de vacío y las bombas de agua de la tina de vacío y de enfriamiento respectivamente.

El Precio por metro cúbico de agua es de S/.3.42 por parte de SEDALIB y representa el 16% del consumo de agua de la línea; y de S/.60.00 cuando esta es traída por un tanque de agua, la cual representa el 84% del consumo de agua de la línea.

En el 2019 se consumieron un total de 87.43 m³ de agua y se produjeron un total de 2384.78 Toneladas de tuberías de PVC. Teniendo un consumo de 0.037 m³ de agua / TN. (Ver Tabla 12).

Tabla 12

Metros cúbicos consumidos por cada tonelada producida

m ³ de agua por cada tonelada producida actual		
m ³ de agua consumidos en el 2019	87.43	m ³
Toneladas producidas en el 2019	2384.78	TN
m ³ de agua por tonelada producida actual	0.037	m ³ /TN

Fuente: Elaboración propia

En ese mismo año se han producido fugas de este recurso, en el cual se detalla en el siguiente cuadro (Ver Tabla 13)

Tabla 13

Fugas de aire detectadas en el 2019

Fugas de agua en litros	Ener	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Bomba de Tina de vacío 1	207	74	198	240	114	33	246	129	225	20	48	194
Bomba de Tina de vacío 2	120	143	173	239	249	18	236	37	171	197	105	38
Bomba de Tina enfriamiento 1	38	56	182	195	194	11	148	110	113	39	125	130
Bomba de Tina enfriamiento 2	151	38	204	85	75	229	152	200	16	245	102	97

Fuente: Elaboración propia

Con lo cual se determinó que en el año 2019 se tuvo una pérdida en el consumo de agua, siendo este de 0.037 m³/TN las cuales hubiese permitido reducir el consumo a 0.029 m³/TN. Y por la producción de las 2384.78 TN se hubiese tenido una facturación de S/. 1 137 evitando una pérdida de S/.325.50 como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 14

Pérdida por fugas de aire en la línea de producción

Pérdida por fugas de aire en la línea de producción	Actual	Con el Plan de PMP
Toneladas producidas	2384.78	2384.78
m3 de agua consumidos	87.43	67.98
Facturación total	S/ 1,463	S/ 1,137.44
m3 de agua / TN	0.037	0.029
Soles / TN	S/ 0.61	S/ 0.48
Pérdida por fugas de agua	S/ 325.50	

Fuente: Elaboración propia

Fugas de aceite

En el 2019 se consumió un total de 20 litros, cada litro está valorizado en S/7.40 por lo que se tuvo una facturación de S/148.00.

Por las 2384.78 TN producidas se tuvo un consumo de 0.008 litros de aceite por cada tonelada (Ver tabla 15).

Tabla 15

Litros de aceite consumidos por cada tonelada producida

Litros de aceite por cada tonelada producida actual		
Lt de aceite consumidos en el 2019	20.00	Lt
Toneladas producidas en el 2019	2384.78	TN
Lt de aceite por tonelada producida actual	0.008	Lt/TN

Fuente: Elaboración propia

En el año de estudio se identificó que por las fugas en los equipos se tuvo un total de 3.5 litros desperdiciados en total, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 16

Fugas de aceite identificada en el 2019

Fugas de aceite (Litros)	2019
Motor asincrono principal	0
Caja reductora 1	0.25
Caja reductora 2	0.5
Caja reductora 3	0.75
Caja reductora 4	0.5
Motor Hidráulico	1.5
Fuga de aceite en Litros	3.5

Fuente: Elaboración propia

Donde, después de realizar el plan de mantenimiento preventivo donde se evitan las fugas de aceite se tiene un consumo de 0.007 Litros de aceite por tonelada. Evitando una pérdida de S/ 25.89 por la fuga de este recurso (Ver tabla 17).

Tabla 17

Pérdidas por fugas de aire en la línea de producción

Pérdida por fugas de aire en la línea de producción	Actual	Con el Plan de PMP
Toneladas producidas	2384.78	2384.78
Lt de aceite consumidos	20.00	16.50
Facturación total	S/ 148	S/ 122.05
Lt de aceite / TN	0.008	0.007
Soles / TN	S/ 0.06	S/ 0.05
Pérdida por fugas de aceite	S/ 25.89	

Fuente: Elaboración propia

Tuberías no conformes (Calidad)

En todo el año 2019 se tuvo una producción total de 2384.7817 toneladas.

Donde, solo el 96% representaba un producto conforme (Ver tabla 18).

Tabla 18

% de Calidad actual de la línea de producción

Calidad Actual		
Productos conformes (PC)	2297.62	TN
Productos no conformes (PNC)	87.16	TN
Calidad Actual	96%	

Fuente: Elaboración propia

Realizando la evaluación de las pérdidas se determinó que actualmente se tiene un total de 95 TN de producto no conforme, generando una pérdida de S/ 47,696 respectivamente, tal como se muestra en la tabla 19:

Tabla 19

Pérdida por calidad del 96% de la línea

Pérdida por calidad actual	Actual
Toneladas producidas	2384.78
Calidad	96%
Producto Conforme (TN)	2289
Producto No conforme (TN)	95
Utilidad por TN	S/ 500.00
Pérdida por calidad de 96%	S/ 47,696

Fuente: Elaboración propia

Bajo flujo de material (Rendimiento)

Debido a las fallas mecánicas no se podía tener un buen desempeño de la máquina, por lo cual se procedía a reducir su velocidad.

Como ya es de conocimiento, en el año 2019 se produjeron 2384.78 TN y se trabajó un total de 5764 horas, por lo que se calcula una producción real de 0.41 TN/hora, sin embargo, la velocidad de la máquina en condiciones normales es de 0.61 TN/hora. Lo cual podemos determinar que en la actualidad la máquina está trabajando con un rendimiento del 68% de su capacidad (Ver tabla 20).

Tabla 20

Rendimiento actual de la línea de producción

Rendimiento Actual		
TN Producidas	2384.78	TN
Horas de operación	5764.00	horas
Producción Real	0.41	TN/hora
Producción Teórica	0.61	TN/hora
Rendimiento Actual	68%	

Fuente: Elaboración propia

Se calcula que con el rendimiento normal de la máquina (0.6 TN/hora) se lograría producir 1,122 TN adicionales, con una utilidad de 500 soles/TN, concluyendo que actualmente se tiene una pérdida de S/ 561,124 como se muestra en la tabla:

Tabla 21

Pérdida por el rendimiento actual de la línea

Pérdida por rendimiento actual	Actual
Rendimiento	68%
TN/Hora	0.41
TN Producidas	2385
Toneladas dejadas de producir por bajo rendimiento	1122
Utilidad por TN	500
Pérdida por rendimiento de 68%	S/ 561,124

Fuente: Elaboración propia

Máquina parada

Actualmente en la empresa de estudio, se tiene mayor actuación ante la falla correctiva que en evitar que suceda, por lo que su enfoque se basa más en el mantenimiento correctivo.

Es por ello que se tiene tiempos extensos donde la máquina se encuentra parada esperando su respectiva reparación, de la misma manera, esto provoca que la mano de obra se encuentre ociosa.

Es por ello que en el año 2019 se tuvo 8 fallas que ocasionaron una para de línea por 959.75 horas totales de mantenimiento correctivo con un MTTR de 120 horas/falla (Ver tabla 22). En la mayoría de casos era debido a que el repuesto no llegaba a tiempo o porque el personal de mantenimiento se encontraba ocupado realizando otras actividades. De la misma manera, se determinó que actualmente se tiene una disponibilidad operacional de 85% como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 22

Cálculo del MTTR

Tiempo medio para reparar (MTTR)			
HTMC	S/	960	horas
NTMC	S/	8	fallas
MTTR	S/	120	horas/falla

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la disponibilidad operacional (Ver tabla 23)

Tabla 23

Cálculo de la disponibilidad operacional

Disponibilidad Operacional	
MTBMc	686.38
MTBMp	1921.33
Mp	3
M	89.18
MTBM	505.71
Do	85%

Fuente: Elaboración propia

Considerando una producción de 0.61 TN/hora, una utilidad de 500 por cada TN y un total de 959.75 horas de máquina parada. Se logra calcular un lucro cesante de S/ 292,244 (Ver tabla 24)

Tabla 24

Lucro cesante de la línea de producción

	ENER	MAR	JUN	JUL	SEP	OCT	NOV	DIC
Costo por máquina parada	S/ 28,547	S/ 123,018	S/ 22,381	S/ 64,402	S/ 9,135	S/ 20,249	S/ 16,291	S/ 8,222
TOTAL	S/ 292,244							

Fuente: Elaboración propia

CR2: Falta de orden y limpieza

Debido a la falta de orden y limpieza en los talleres, así como el en almacén de materiales y repuestos de mantenimiento el tiempo de espera de los requerimientos de mantenimiento eran muy altos, muchas veces se contaba con el repuesto, pero era pedido nuevamente debido a que no era localizado a tiempo.

En el siguiente cuadro podemos observar que el lead time en el 2019 fue de 40 horas en promedio:

Tabla 25

Lead time de repuestos actual

Falta de orden y limpieza	
Total de horas de espera de requerimiento	802 horas
Total de pedidos entregados	20 pedidos
Lead Time de repuestos actual	40 horas

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo mencionado anteriormente podemos observar en la tabla 26 que la pérdida por el Lead time actual es de S/. 200,500.

Tabla 26

Pérdida por Lead time de repuestos actual

Pérdida por Lead Time de repuestos actual	Actual
Lead Time	40.00
Horas perdidas por LT	802.00
Horas adicionales para producir	
TN adicionales para producir	401.00
Pérdida por Lead Time de repuestos actual	S/200,500

Fuente: Elaboración propia

CR3: Falta de capacitación y entrenamiento del personal

Actualmente en las intervenciones de mantenimiento correctivo se tienen fallas y esto genera que se vuelvan a realizar, a pesar que el personal cuenta con la experiencia se necesita de mayores especificaciones en las intervenciones de mantenimiento, ya que la máquina de extrusión viene a ser muy compleja y de tecnología oriental. Es por ello que se ha considera adecuado realizar un plan de capacitación y entrenamiento al equipo de mantenimiento.

En el 2019 de 8 mantenimientos correctivos, solo 5 se realizaron de una manera adecuada, de los cuales solo es el 63%, como se muestra en la tabla 27:

Tabla 27

% de intervenciones de mantenimiento correctas

Falta de capacitación y entrenamiento del personal	
Nº de intervenciones de Mantebnimiento correctas	5
Total de intervenciones de mantenimiento	8
% de intervenciones de mantenimiento correctas	63%

Fuente: Elaboración propia

De esta manera podemos ver que se tuvo una pérdida de 32.16 horas, lo que significa una pérdida de producción de 16 TN adicionales de tuberías de PVC, generando una pérdida de S/. 8,039 (Ver tabla 28).

Tabla 28

Pérdida por falta de capacitación y entrenamiento del personal

Pérdida por Lead Time de repuestos actual	Actual
% de intervenciones de mantenimiento corre	63%
Tiempo total de reparación actual	86 horas
Horas perdidas por mala intervención de mantto	32.16 horas
TN adicionales para producir	16
Pérdida por Falta de capacitación y entrenamiento del personal	S/ 8,039

Fuente: Elaboración propia

2.3.3. Propuesta de mejora

En la tabla siguiente se muestra la propuesta de mejora identificada para dar solución al conjunto de causas principales:

Tabla 29

Propuestas de mejora seleccionadas

Causa raíz	Descripción	Propuesta de mejora
CR1	Falta de mantenimiento a la máquina	Plan de Mantenimiento preventivo
CR2	Falta de orden y limpieza	Metodología 5S
CR3	Falta de capacitación y entrenamiento del personal	Plan de capacitación y entrenamiento

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra el desarrollo de la propuesta de mejora identificada:

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

1. Identificamos los principales datos de la línea

Tabla 30

Datos de línea de extrusión de 315mm – 500mm

DATOS DE LINEA DE EXTRUSIÓN de 315mm - 500mm												
LP: 315mm-500mm	Enero	Febr	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Prod. Total (Kg)	190,980	215,253	83,671	234,885	254,367	169,591	151,749	283,728	259,133	232,710	213,346	95,367
Kg Conformes	178,789	208,607	75,108	232,882	248,503	166,464	144,446	275,429	251,878	227,453	202,308	85,755
Kg no Conformes	12,192	6,646	8,564	2,003	5,865	3,127	7,303	8,299	7,256	5,256	11,039	9,613
Horas de Operación	413	531	190	516	560	464	320	632	610	566	654	309
Consumo EE (Kw)	84.2	96.1	48.7	113.8	114.7	79.8	73.9	125.9	118.7	112.4	106.4	50.1
Consumo EE (S/.)	S/35,589	S/40,423	S/19,115	S/47,322	S/43,087	S/30,770	S/29,517	S/48,379	S/45,011	S/43,396	S/40,792	S/19,739
(TN/Kw)	2.27	2.24	1.72	2.06	2.22	2.12	2.05	2.25	2.18	2.07	2.01	1.90
(S./TN)	S/ 186.4	S/ 187.8	S/ 228.5	S/ 201.5	S/ 169.4	S/ 181.4	S/ 194.5	S/ 170.5	S/ 173.7	S/ 186.5	S/ 191.2	S/ 207.0

Fuente: Elaboración propia

2. Detalle de equipos en la línea de Producción

En la siguiente figura se muestra las etapas de la línea de extrusión de 315mm – 50mm

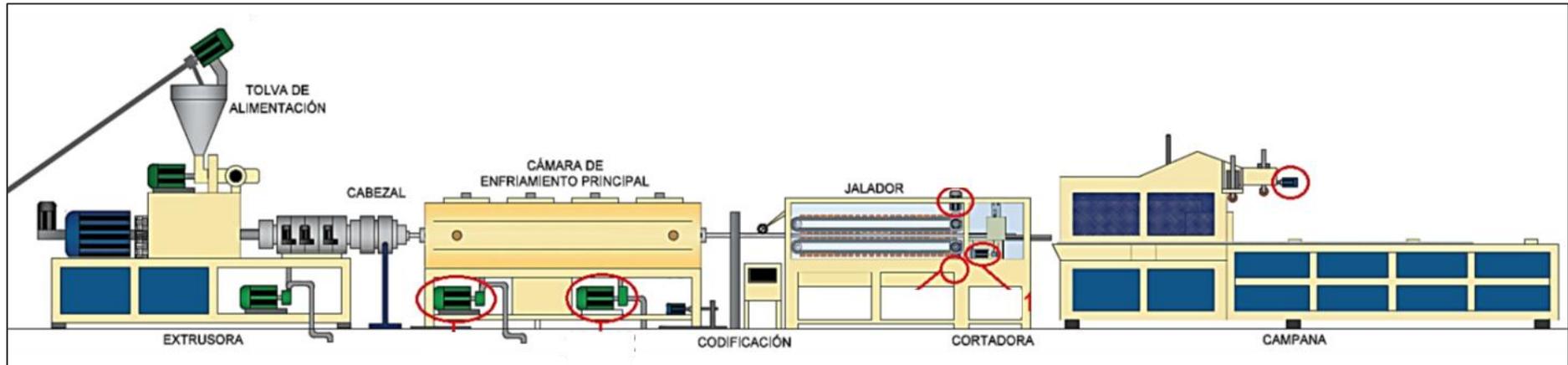


Figura 9. Línea de extrusión

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31

Características técnicas de los equipos de línea de extrusión de 315mm-500mm

PARTE	CARACTERISTICAS TECNICAS	
MOTOR ASINCRONO PRINCIPAL	MODELO	YVP280M - 4
	POTENCIA	90 Kw
	VOLTAJE	380 V
	AMPERAJE	93,9 A
	FRECUENCIA	60 Hz
BOMBA EXTRACTORA DE GASES	MODELO	Y112 M-2
	VOLTAJE	380 V
	REVOLUCIONES	3450 RPM
	FRECUENCIA	60
BOMBA DE VACÍO 1	MODELO	B150-50
	VOLTAJE	380 V
	POTENCIA	4
BOMBA DE VACÍO 1	MODELO	B150-50
	VOLTAJE	380
	POTENCIA	4
BOMBA DE ENFRIAMIENTO 1	MODELO	7144
	VOLTAJE	380 V
	AMPERAJE	1.92 A
	POTENCIA	0.75 KW
BOMBA DE ENFRIAMIENTO 2	MODELO	7144
	VOLTAJE	380 V
	AMPERAJE	1.92 A
	POTENCIA	0.75 KW
MOTOR DE ACAMPANADORA	VOLTAJE	380 V
	AMPERAJE	0.16
	POTENCIA	0.09

Fuente: Elaboración propia

3. Realizamos el cálculo del OEE antes del Plan de mantenimiento preventivo

Obtenemos un OEE DE 56% como se muestra en la tabla 32. Por lo tanto, identificamos que en la empresa de estudio se producen importantes pérdidas económicas obteniendo una caja competitividad

Tabla 32

OEE actual

Cálculo del OEE	
Disponibilidad	85%
Rendimiento	68%
Calidad	96%
OEE	56%

Fuente: Elaboración propia

4. Hacemos la descripción de las actividades de mantenimiento preventivo a realizar en la línea de producción

Tabla 33

Descripción de actividades de mantenimiento preventivo de la actividad A y B.

Descripción de las actividades de mantenimiento preventivo				
MÁQUINA O EQUIPO:		LINEA DE EXTRUSIÓN 04		
Actividad	Nombre de actividad	Descripción de actividad	Herramientas y materiales	Personal
A	Verificación del nivel de aceite de la caja reductora.	El técnico retira el tornillo de nivel de aceite, verifica el nivel, de ser necesario rellena el aceite faltante y procede a volver a colocar el tornillo de nivel.	Llave allen, aceite (en caso necesite rellenar).	1 Técnico
B	Limpieza y lubricación de la caja reductora.	El técnico retira el tapón inferior, drena el aceite sobre una bandeja, vuelve a colocar el tapón, y procede a desmontar la caja reductora, ya en la mesa de trabajo retira los tornillos de las tapas y posteriormente la tapa, empieza la limpieza quitando el silicón para que pueda sellar correctamente, limpia con trapo industrial y quita el retén, limpia el interior de la tapa y coloca el retén de repuesto, coloca el sellador alrededor de la tapa y procede a volver a colocarla dando pequeños golpes con el martillo de goma, coloca los tornillos. Retira la tapa lateral, quita el eje y procede a limpiar los bordes, quita el retén, limpia, coloca sellador y procede a ensamblar, llena el aceite y procede a volver a colocar el tornillo de nivel.	Aceite, llaves allen, matillo, destornillador plano, martillo de goma, retenes, tapones, sellos, molykote trapo industrial, bandeja	1 Técnico

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34

Descripción de actividades de mantenimiento preventivo de la actividad C, D, E, F, G, H.

Descripción de las actividades de mantenimiento preventivo				
MÁQUINA O EQUIPO:		LINEA DE EXTRUSIÓN 04		
Actividad	Nombre de actividad	Descripción de actividad	Herramientas y materiales	Personal
C	Verificación de la temperatura y ruido en la caja reductora (temperatura máxima promedio 40°C)	El técnico se acerca a la caja reductora, verifica que no exista anomalías en el ruido de la caja reductora y se dispone a medir la temperatura la cual debe encontrarse en un promedio de 40°.	Medidor de temperatura.	1 Técnico
D	Mantenimiento de motor principal	El técnico retira el motor principal de la línea de producción y empieza con el desensamblaje del mismo retirando las tapas laterales, usa W-40 si las piezas están muy duras, procede a lavar la bobina con una brocha y solvente dieléctrico, limpia las ranuras. Quita los rodamientos y los reemplaza, limpia las demás partes del motor con gasolina, vuelve a ensamblar el motor y es colocado en la línea de producción.	Destornillador plano y estrella, W-40, llaves mixtas, brocha, solvente dieléctrico, rodamientos, gasolina, trapo industrial, martillo.	1 Técnico
E	Verificación de la temperatura y ruido en el motor principal (temperatura máxima promedio 45°C)	El técnico se acerca al motor principal, verifica que no exista anomalías en el ruido y se dispone a medir la temperatura y amperaje.	Medidor de temperatura y amperímetro de gancho	1 Técnico
F	Limpieza de las bombas de agua de tina de vacío y tina de enfriamiento	El técnico desmonta la base de la bomba, quita las tapas laterales, retira el oring y extrae el ventilador y luego el impulsor para posteriormente retirar el sello mecánico y los empaques. Retira las tapas del motor y quita el óxido de las piezas usando esmeril y lija, retira los rodamientos, los reemplaza por unos nuevos y procede a volver a ensamblar el motor colocando un poco de grasa en los tornillos, para que estos no se adieran por el óxido.	Destornilladores, llaves allen, llaves mixtas, lija, sello mecánico, martillo, amoladora, cincel, grasa	1 Técnico
G	Verificación de las bombas de agua de tina de vacío y enfriamiento (goteos, vibración, ruidos anormales)	Inspección visual de que no exista goteos, vibración o ruidos anormales.	No aplica	1 Técnico
H	Limpieza de bombas de vacío de tina de enfriamiento (goteos, vibración, ruidos anormales)	El técnico desmonta la base de la bomba de vacío, retira los tapones y drena el aceite. Con las llaves allen retira los pernos de las tapas y el ventilador y los extrae. Procede con la limpieza del mecanismo interno utilizando solvente dieléctrico, gasolina y lijas. Finalmente vuelve a ensamblar la bomba de vacío, la vuelve a llenar de aceite hasta donde indica el medidor de nivel y lo coloca nuevamente en la línea para su operación.	Destornillador plano, trapo industrial, bandeja, llaves allen, lija, solvente dieléctrico, gasolina, aceite	1 Técnico

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35

Descripción de actividades de mantenimiento preventivo de la actividad I, J, K, L, M, N, O, P.

Descripción de las actividades de mantenimiento preventivo				
MÁQUINA O EQUIPO:		LINEA DE EXTRUSIÓN 04		
Actividad	Nombre de actividad	Descripción de actividad	Herramientas y materiales	Personal
I	Limpieza de sistema de extractor de gases (tanque acumulador y mangueras)	El técnico retira la parte eléctrica para poder lavar el caracol del motor. Limpia los componentes eléctricos. Desarma el motor para poder limpiar y lubricar sus bornes. Teniendo los componentes listos procede al ensamble de la campana del extractor de gases. Retira la manguera y le quita las impurezas que estén causando alguna obstrucción.	Destornillador plano, trapo industrial, lija, solvente dieléctrico, gasolina, aceite	1 Técnico
J	Verificación del vacuómetro (si es mayor a 0.8 bar, usar by pass con sistema móvil y limpiar el sistema de extracción de gases)	El técnico verifica el vacuómetro del sistema de extracción de gases, si es mayor a 0.8 bar limpia el sistema de extracción de gases. (Si ocurre esto durante producción usa by pass con sistema móvil)	By pass móvil	1 Técnico
K	Limpieza de aspersores	El técnico retira todas las cañerías de la línea, las coloca en ácido, se escobillas y se vuelve a colocar.	Ácido, agua	1 Técnico
L	Verificación de boyas reguladoras del nivel de agua y bombas de agua en tinas de enfriamiento en buen estado	El técnico procede a revisar el correcto estado de la boya, esta no debe estar oxidada, no debe presentar rajaduras en la soldadura y además debe tener un buen apalancamiento para su cierre, de la misma manera realiza pruebas de las bombas de agua para asegurarse de su correcto funcionamiento.	Check list	1 Técnico
M	Verificación de tornillo de motor reductor de tina de enfriamiento engrasado	El técnico deberá accionar el tornillo sin fin y desplazar la tina de vacío para asegurarse su correcto funcionamiento.	Check list	1 Técnico
N	Verificación de Cortadora LIMPIA (eje, piñones, hojas de corte, motor, pistas de rotación).	El técnico deberá verificar el disco de corte y se asegurará de que este no presente alguna rajadura o defecto, luego procederá a probar la cortadora.	Check list	1 Técnico
O	Verificación fugas de aire, agua o aceite en la línea	El técnico deberá accionar cada uno de los equipos para asegurarse de que no presenten fugas.	Check list	1 Técnico
P	Verificación del correcto funcionamiento del sistema neumático	El técnico deberá accionar los pistones del sistema neumático, asegurándose su correcto funcionamiento de cada uno de ellos	Check list	1 Técnico

Fuente: Elaboración propia

6. Definimos el tiempo de las actividades de mantenimiento programadas

En las siguientes tablas detallamos el tiempo de las actividades de mantenimiento programadas

Tabla 36

Horario para mantenimiento preventivo del mes de enero

Horario para mantenimiento preventivo						
Máquina	LINEA DE EPRODUCCIÓN de 315mm-500mm					
Mes	Semana	Actividad	Día	Fecha	Tiempo Act. (hr)	Total
Enero	1	A	Jueves	2/01/2020	1.20	55.55
		C	Jueves	2/01/2020	1.00	
		E	Jueves	2/01/2020	0.25	
		F	Jueves	2/01/2020	12.00	
		G	Jueves	2/01/2020	1.00	
		H	Jueves	2/01/2020	8.00	
		I	Jueves	2/01/2020	2.00	
		J	Jueves	2/01/2020	0.20	
		K	Viernes	3/01/2020	24.00	
		L	Viernes	3/01/2020	0.40	
		M	Viernes	3/01/2020	0.50	
		N	Viernes	3/01/2020	0.50	
		O	Viernes	3/01/2020	3.00	
		P	Viernes	3/01/2020	1.50	
	2	C	Sábado	11/01/2020	1.00	5.95
		E	Sábado	11/01/2020	0.25	
		J	Sábado	11/01/2020	0.20	
		O	Sábado	11/01/2020	3.00	
		P	Sábado	11/01/2020	1.50	
	3	C	Domingo	19/01/2020	1.00	27.85
		E	Domingo	19/01/2020	0.25	
		I	Domingo	19/01/2020	2.00	
		J	Domingo	19/01/2020	0.20	
		K	Sábado	18/01/2020	24.00	
		L	Domingo	19/01/2020	0.40	
	4	C	Sábado	25/01/2020	1.00	5.95
		E	Sábado	25/01/2020	0.25	
		J	Sábado	25/01/2020	0.20	
O		Sábado	25/01/2020	3.00		
P		Sábado	25/01/2020	1.50		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37

Horario para mantenimiento preventivo del mes de febrero

Horario para mantenimiento preventivo						
Máquina	LINEA DE EPRODUCCIÓN de 315mm-500mm					
Mes	Semana	Actividad	Día	Fecha	Tiempo Act. (hr)	Total
Febrero	5	A	Sábado	1/02/2020	1.20	138
		B	Sábado	1/02/2020	8.00	
		C	Sábado	1/02/2020	1.00	
		D	Viernes	31/01/2020	84.00	
		E	Sábado	1/02/2020	0.25	
		F	Domingo	2/02/2020	12.00	
		I	Domingo	2/02/2020	2.00	
		J	Domingo	2/02/2020	0.20	
		K	Sábado	1/02/2020	24.00	
		L	Domingo	2/02/2020	0.40	
		N	Domingo	2/02/2020	0.50	
		O	Domingo	2/02/2020	3.00	
		P	Domingo	2/02/2020	1.50	
		6	C	Sábado	8/02/2020	
	E		Sábado	8/02/2020	0.25	
	J		Sábado	8/02/2020	0.20	
	7	C	Sábado	15/02/2020	1.00	32.35
		E	Sábado	15/02/2020	0.25	
		I	Sábado	15/02/2020	2.00	
		J	Sábado	15/02/2020	0.20	
		K	Sábado	15/02/2020	24.00	
		L	Sábado	15/02/2020	0.40	
		O	Sábado	15/02/2020	3.00	
		P	Sábado	15/02/2020	1.50	
	8	C	Sábado	22/02/2020	1.00	1.45
		E	Sábado	22/02/2020	0.25	
		J	Sábado	22/02/2020	0.20	
	9	A	Sábado	29/02/2020	1.20	47.55
		C	Sábado	29/02/2020	1.00	
		E	Sábado	29/02/2020	0.25	
		F	Sábado	29/02/2020	12.00	
		I	Sábado	29/02/2020	2.00	
		J	Sábado	29/02/2020	0.20	
		K	Sábado	29/02/2020	24.00	
		L	Sábado	29/02/2020	0.40	
		N	Sábado	29/02/2020	0.50	
		O	Sábado	29/02/2020	3.00	
		P	Sábado	29/02/2020	3.00	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38

Horario para mantenimiento preventivo del mes de marzo

Horario para mantenimiento preventivo						
Máquina	LINEA DE EPRODUCCIÓN de 315mm-500mm					
Mes	Semana	Actividad	Día	Fecha	Tiempo Act. (hr)	Total
Marzo	10	C	Sábado	7/02/2020	1.00	1.45
		E	Sábado	7/02/2020	0.25	
		J	Sábado	7/02/2020	0.20	
	11	C	Domingo	15/03/2020	1.00	32.35
		E	Domingo	15/03/2020	0.25	
		I	Domingo	15/03/2020	2.00	
		J	Domingo	15/03/2020	0.20	
		K	Sábado	14/03/2020	24.00	
		L	Domingo	15/03/2020	0.40	
		O	Domingo	15/03/2020	3.00	
		P	Domingo	15/03/2020	1.50	
	12	C	Sábado	21/03/2020	1.00	1.45
		E	Sábado	21/03/2020	0.25	
		J	Sábado	21/03/2020	0.20	
	13	C	Sábado	28/03/2020	1.00	32.35
		E	Sábado	28/03/2020	0.25	
		I	Sábado	28/03/2020	2.00	
		J	Sábado	28/03/2020	0.20	
		K	Sábado	28/03/2020	24.00	
		L	Sábado	28/03/2020	0.40	
		O	Sábado	28/03/2020	3.00	
	P	Sábado	28/03/2020	1.50		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39

Horario para mantenimiento preventivo del mes de abril

Horario para mantenimiento preventivo						
Máquina	LINEA DE EPRODUCCIÓN de 315mm-500mm					
Mes	Semana	Actividad	Día	Fecha	Tiempo Act. (hr)	Total
Abril	14	C	Viernes	3/04/2020	1.00	1.45
		E	Viernes	3/04/2020	0.25	
		J	Viernes	3/04/2020	0.20	
	15	A	Sábado	11/04/2020	1.20	55.55
		C	Sábado	11/04/2020	1.00	
		E	Sábado	11/04/2020	0.25	
		F	Sábado	11/04/2020	12.00	
		G	Sábado	11/04/2020	1.00	
		H	Sábado	11/04/2020	8.00	
		I	Sábado	11/04/2020	2.00	
		J	Sábado	11/04/2020	0.20	
		K	Sábado	11/04/2020	24.00	
		L	Sábado	11/04/2020	0.40	
		M	Sábado	11/04/2020	0.50	
		N	Sábado	11/04/2020	0.50	
		O	Sábado	11/04/2020	3.00	
		P	Sábado	11/04/2020	1.50	
	16	C	Sábado	18/04/2020	1.00	1.45
		E	Sábado	18/04/2020	0.25	
		J	Sábado	18/04/2020	0.20	
	17	C	Sábado	25/04/2020	1.00	32.35
		E	Sábado	25/04/2020	0.25	
		I	Sábado	25/04/2020	2.00	
		J	Sábado	25/04/2020	0.20	
K		Sábado	25/04/2020	24.00		
L		Sábado	25/04/2020	0.40		
O		Sábado	25/04/2020	3.00		
P	Sábado	25/04/2020	1.50			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40

Horario para mantenimiento preventivo del mes de mayo

Horario para mantenimiento preventivo						
Máquina	LINEA DE EPRODUCCIÓN de 315mm-500mm					
Mes	Semana	Actividad	Día	Fecha	Tiempo Act. (hr)	Total
Mayo	18	C	Sábado	2/05/2020	1.00	1.45
		E	Sábado	2/05/2020	0.25	
		J	Sábado	2/05/2020	0.20	
	19	C	Sábado	9/05/2020	1.00	1.45
		E	Sábado	9/05/2020	0.25	
		J	Sábado	9/05/2020	0.20	
	20	A	Sábado	16/05/2020	1.20	47.55
		C	Sábado	16/05/2020	1.00	
		E	Sábado	16/05/2020	0.25	
		F	Sábado	16/05/2020	12.00	
		I	Sábado	16/05/2020	2.00	
		J	Sábado	16/05/2020	0.20	
		K	Sábado	16/05/2020	24.00	
		L	Sábado	16/05/2020	0.40	
		N	Sábado	16/05/2020	0.50	
		O	Sábado	16/05/2020	3.00	
	P	Sábado	16/05/2020	3.00		
	21	C	Sábado	23/05/2020	1.00	1.45
		E	Sábado	23/05/2020	0.25	
		J	Sábado	23/05/2020	0.20	
	22	C	Sábado	30/05/2020	1.00	32.35
E		Sábado	30/05/2020	0.25		
I		Sábado	30/05/2020	2.00		
J		Sábado	30/05/2020	0.20		
K		Sábado	30/05/2020	24.00		
L		Sábado	30/05/2020	0.40		
O		Sábado	30/05/2020	3.00		
P	Sábado	30/05/2020	1.50			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41

Horario para mantenimiento preventivo del mes de junio

Horario para mantenimiento preventivo						
Máquina	LINEA DE EPRODUCCIÓN de 315mm-500mm					
Mes	Semana	Actividad	Día	Fecha	Tiempo Act. (hr)	Total
Junio	23	C	Sábado	6/06/2020	1.00	1.45
		E	Sábado	6/06/2020	0.25	
		J	Sábado	6/06/2020	0.20	
	24	A	Sábado	13/06/2020	1.20	47.55
		C	Sábado	13/06/2020	1.00	
		E	Sábado	13/06/2020	0.25	
		F	Sábado	13/06/2020	12.00	
		I	Sábado	13/06/2020	2.00	
		J	Sábado	13/06/2020	0.20	
		K	Sábado	13/06/2020	24.00	
		L	Sábado	13/06/2020	0.40	
		N	Sábado	13/06/2020	0.50	
		O	Sábado	13/06/2020	3.00	
		P	Sábado	13/06/2020	3.00	
	25	C	Sábado	20/06/2020	1.00	1.45
		E	Sábado	20/06/2020	0.25	
		J	Sábado	20/06/2020	0.20	
	26	C	Sábado	27/06/2020	1.00	32.35
		E	Sábado	27/06/2020	0.25	
		I	Sábado	27/06/2020	2.00	
		J	Sábado	27/06/2020	0.20	
K		Sábado	27/06/2020	24.00		
L		Sábado	27/06/2020	0.40		
O		Sábado	27/06/2020	3.00		
P		Sábado	27/06/2020	1.50		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42

Horario para mantenimiento preventivo del mes de julio

Horario para mantenimiento preventivo						
Máquina	LINEA DE EPRODUCCIÓN de 315mm-500mm					
Mes	Semana	Actividad	Día	Fecha	Tiempo Act. (hr)	Total
Julio	27	C	Sábado	4/07/2020	1.00	1.45
		E	Sábado	4/07/2020	0.25	
		J	Sábado	4/07/2020	0.20	
	28	A	Sábado	11/07/2020	1.20	55.55
		C	Sábado	11/07/2020	1.00	
		E	Sábado	11/07/2020	0.25	
		F	Sábado	11/07/2020	12.00	
		G	Sábado	11/07/2020	1.00	
		H	Sábado	11/07/2020	8.00	
		I	Sábado	11/07/2020	2.00	
		J	Sábado	11/07/2020	0.20	
		K	Sábado	11/07/2020	24.00	
		L	Sábado	11/07/2020	0.40	
		M	Sábado	11/07/2020	0.50	
		N	Sábado	11/07/2020	0.50	
		O	Sábado	11/07/2020	3.00	
		P	Sábado	11/07/2020	1.50	
	29	C	Sábado	18/07/2020	1.00	1.45
		E	Sábado	18/07/2020	0.25	
		J	Sábado	18/07/2020	0.20	
	30	B	Domingo	26/07/2020	8.00	97.95
		C	Domingo	26/07/2020	1.00	
		D	Domingo	26/07/2020	84.00	
		E	Lunes	27/07/2020	0.25	
		J	Lunes	27/07/2020	0.20	
		O	Lunes	27/07/2020	3.00	
	31	P	Lunes	27/07/2020	1.50	26.40
I		Lunes	27/07/2020	2.00		
K		Lunes	27/07/2020	24.00		
		L	Lunes	27/07/2020	0.40	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43

Horario para mantenimiento preventivo del mes de agosto

Horario para mantenimiento preventivo						
Máquina	LINEA DE EPRODUCCIÓN de 315mm-500mm					
Mes	Semana	Actividad	Día	Fecha	Tiempo Act. (hr)	Total
Agosto	32	C	Sábado	8/08/2020	1.00	1.45
		E	Sábado	8/08/2020	0.25	
		J	Sábado	8/08/2020	0.20	
	33	C	Sábado	15/08/2020	1.00	1.45
		E	Sábado	15/08/2020	0.25	
		J	Sábado	15/08/2020	0.20	
	34	A	Sábado	22/08/2020	1.20	47.55
		C	Sábado	22/08/2020	1.00	
		E	Sábado	22/08/2020	0.25	
		F	Sábado	22/08/2020	12.00	
		I	Sábado	22/08/2020	2.00	
		J	Sábado	22/08/2020	0.20	
		K	Sábado	22/08/2020	24.00	
		L	Sábado	22/08/2020	0.40	
		N	Sábado	22/08/2020	0.50	
		O	Sábado	22/08/2020	3.00	
	P	Sábado	22/08/2020	3.00		
	35	C	Sábado	29/08/2020	1.00	1.45
E		Sábado	29/08/2020	0.25		
J		Sábado	29/08/2020	0.20		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44

Horario para mantenimiento preventivo del mes de septiembre

Horario para mantenimiento preventivo						
Máquina	LINEA DE EPRODUCCIÓN de 315mm-500mm					
Mes	Semana	Actividad	Día	Fecha	Tiempo Act. (hr)	Total
Septiembre	36	C	Sábado	5/09/2020	1.00	1.45
		E	Sábado	5/09/2020	0.25	
		J	Sábado	5/09/2020	0.20	
	37	A	Sábado	12/09/2020	1.20	47.55
		C	Sábado	12/09/2020	1.00	
		E	Sábado	12/09/2020	0.25	
		F	Sábado	12/09/2020	12.00	
		I	Sábado	12/09/2020	2.00	
		J	Sábado	12/09/2020	0.20	
		K	Sábado	12/09/2020	24.00	
		L	Sábado	12/09/2020	0.40	
		N	Sábado	12/09/2020	0.50	
		O	Sábado	12/09/2020	3.00	
	38	C	Sábado	19/09/2020	1.00	1.45
		E	Sábado	19/09/2020	0.25	
J		Sábado	19/09/2020	0.20		
39	C	Sábado	26/09/2020	1.00	1.45	
	E	Sábado	26/09/2020	0.25		
	J	Sábado	26/09/2020	0.20		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45

Horario para mantenimiento preventivo del mes de octubre

Horario para mantenimiento preventivo						
Máquina	LINEA DE EPRODUCCIÓN de 315mm-500mm					
Mes	Semana	Actividad	Día	Fecha	Tiempo Act. (hr)	Total
Octubre	40	C	Sábado	3/10/2020	1.00	1.45
		E	Sábado	3/10/2020	0.25	
		J	Sábado	3/10/2020	0.20	
	41	C	Sábado	10/10/2020	1.00	1.45
		E	Sábado	10/10/2020	0.25	
		J	Sábado	10/10/2020	0.20	
	42	C	Sábado	17/10/2020	1.00	1.45
		E	Sábado	17/10/2020	0.25	
		J	Sábado	17/10/2020	0.20	
	43	A	Sábado	24/10/2020	1.20	55.55
		C	Sábado	24/10/2020	1.00	
		E	Sábado	24/10/2020	0.25	
		F	Sábado	24/10/2020	12.00	
		G	Sábado	24/10/2020	1.00	
		H	Sábado	24/10/2020	8.00	
		I	Sábado	24/10/2020	2.00	
		J	Sábado	24/10/2020	0.20	
		K	Sábado	24/10/2020	24.00	
		L	Sábado	24/10/2020	0.40	
		M	Sábado	24/10/2020	0.50	
		N	Sábado	24/10/2020	0.50	
O		Sábado	24/10/2020	3.00		
P		Sábado	24/10/2020	1.50		
44	C	Sábado	31/10/2020	1.00	1.45	
	E	Sábado	31/10/2020	0.25		
	J	Sábado	31/10/2020	0.20		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46

Horario para mantenimiento preventivo del mes de noviembre

Horario para mantenimiento preventivo						
Máquina	LINEA DE EPRODUCCIÓN de 315mm-500mm					
Mes	Semana	Actividad	Día	Fecha	Tiempo Act. (hr)	Total
Noviembre	45	C	Sábado	7/11/2020	1.00	1.45
		E	Sábado	7/11/2020	0.25	
		J	Sábado	7/11/2020	0.20	
	46	C	Sábado	14/11/2020	1.00	1.45
		E	Sábado	14/11/2020	0.25	
		J	Sábado	14/11/2020	0.20	
	47	A	Sábado	21/11/2020	1.20	47.55
		C	Sábado	21/11/2020	1.00	
		E	Sábado	21/11/2020	0.25	
		F	Sábado	21/11/2020	12.00	
		I	Sábado	21/11/2020	2.00	
		J	Sábado	21/11/2020	0.20	
		K	Sábado	21/11/2020	24.00	
		L	Sábado	21/11/2020	0.40	
		N	Sábado	21/11/2020	0.50	
		O	Sábado	21/11/2020	3.00	
	P	Sábado	21/11/2020	3.00		
	48	C	Sábado	28/11/2020	1.00	1.45
E		Sábado	28/11/2020	0.25		
J		Sábado	28/11/2020	0.20		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47

Horario para mantenimiento preventivo del mes de diciembre

Horario para mantenimiento preventivo						
Máquina	LINEA DE EPRODUCCIÓN de 315mm-500mm					
Mes	Semana	Actividad	Día	Fecha	Tiempo Act. (hr)	Total
Diciembre	49	A	Sábado	5/12/2020	1.20	47.55
		C	Sábado	5/12/2020	1.00	
		E	Sábado	5/12/2020	0.25	
		F	Sábado	5/12/2020	12.00	
		I	Sábado	5/12/2020	2.00	
		J	Sábado	5/12/2020	0.20	
		K	Sábado	5/12/2020	24.00	
		L	Sábado	5/12/2020	0.40	
		N	Sábado	5/12/2020	0.50	
		O	Sábado	5/12/2020	3.00	
		P	Sábado	5/12/2020	3.00	
	50	C	Jueves	10/12/2020	1.00	1.45
		E	Jueves	10/12/2020	0.25	
		J	Jueves	10/12/2020	0.20	
	51	C	Miércoles	16/12/2020	1.00	1.45
E		Miércoles	16/12/2020	0.25		
J		Miércoles	16/12/2020	0.20		
Tiempo total de Mantenimiento Preventivo para Línea de producción (hr)					302.95	

Fuente: Elaboración propia

7. Definimos el costo de cada actividad de mantenimiento programada

Tabla 48

Costo de actividades de mantenimiento

Actividad	DESCRIPCIÓN	MATERIAL / INSUMO	COSTO	C.T. Mat / Insum
A	Verificación del nivel de aceite de la caja reductora.	Trapo industrial	S/ 0.50	S/ 0.50
B	Limpieza y lubricación de la caja reductora.	Aceite	S/ 30.00	S/ 87.15
		Retenes	S/ 16.95	
		Sellos	S/ 27.00	
		Molykote	S/ 12.00	
		Trapo industrial	S/ 1.20	
C	Verificación de la temperatura y ruido en la caja reductora (temperatura máxima promedio 40°C)	No aplica	S/ -	S/ -
D	Mantenimiento de motor principal	W-40	S/ 1.20	S/ 71.75
		Solvente dieléctrico	S/ 20.00	
		Rodamientos	S/ 33.15	
		Gasolina	S/ 15.00	
		Trapo industrial	S/ 2.40	
E	Verificación de la temperatura y ruido en el motor principal (temperatura máxima promedio 45°C)	No aplica	S/ -	S/ -
F	Limpieza de las bombas de agua de tina de vacío y tina de enfriamiento	Lija	S/ 2.00	S/ 37.00
		Sellos	S/ 27.00	
		Grasa	S/ 8.00	
G	Verificación de las bombas de agua de tina de vacío y enfriamiento (goteos, vibración, ruidos anormales)	No aplica	S/ -	S/ -
H	Limpieza de bombas de vacío de tina de enfriamiento (goteos, vibración, ruidos anormales)	Lija	S/ 2.00	S/ 40.40
		Solvente dieléctrico	S/ 11.20	
		Gasolina	S/ 6.00	
		Aceite	S/ 20.00	
		Trapo industrial	S/ 1.20	
I	Limpieza de sistema de extractor de gases (tanque acumulador y mangueras)	Lija	S/ 2.00	S/ 51.00
		Solvente dieléctrico	S/ 11.80	
		Gasolina	S/ 6.00	
		Aceite	S/ 30.00	
		Trapo industrial	S/ 1.20	
J	Verificación del vacuometro (si es mayor a 0.8 bar, usar by pass con sistema móvil y limpiar el sistema de extracción de gases)	No aplica	S/ -	S/ -
K	Limpieza de aspersores	Ácido	S/ 25.00	S/ 29.00
		Agua	S/ 4.00	
L	Verificación de boyas reguladoras del nivel de agua y bombas de agua en tinas de enfriamiento en buen estado	No aplica	S/ -	S/ -
M	Verificación de tornillo de motor reductor de tina de enfriamiento engrasado	Grasa	S/ 9.00	S/ 9.00
N	Verificación de Cortadora LIMPIA (eje, piñones, hojas de corte, motor, pistas de rotación).	No aplica	S/ -	S/ -
O	Verificación fugas de aire, agua o aceite en la línea	No aplica	S/ -	S/ -
P	Verificación del correcto funcionamiento del sistema neumático	No aplica	S/ -	S/ -

Fuente: Elaboración propia

8. Definimos el presupuesto de las actividades de mantenimiento preventivo de la línea de producción

En las siguientes tablas detallamos el costo de la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 49

Presupuesto para mantenimiento preventivo del mes de enero

MES	Actividad	COSTOS			
		C.M.O.I	C.M.O.E	C.M.I.	C.T.M.P
Enero	A	S/ 8.43	S/ -	S/ 2.00	S/ 10.43
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	F	S/ 84.29	S/ -	S/ 148.00	S/ 232.29
	G	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	H	S/ 56.19	S/ -	S/ 249.60	S/ 305.79
	I	S/ 14.05	S/ -	S/ 73.00	S/ 87.05
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	K	S/ 168.58	S/ 60.00	S/ 29.00	S/ 257.58
	L	S/ 2.81	S/ -	S/ -	S/ 2.81
	M	S/ 3.51	S/ -	S/ 9.00	S/ 12.51
	N	S/ 3.51	S/ -	S/ -	S/ 3.51
	O	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07
	P	S/ 10.54	S/ -	S/ -	S/ 10.54
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	O	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07
	P	S/ 10.54	S/ -	S/ -	S/ 10.54
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	I	S/ 14.05	S/ -	S/ 73.00	S/ 87.05
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	K	S/ 168.58	S/ 60.00	S/ 29.00	S/ 257.58
	L	S/ 2.81	S/ -	S/ -	S/ 2.81
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	O	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07
	P	S/ 10.54	S/ -	S/ -	S/ 10.54
TOTAL					S/1,401.99

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50

Presupuesto para mantenimiento preventivo del mes de febrero

MES	Actividad	COSTOS			
		C.M.O.I	C.M.O.E	C.M.I.	C.T.M.P
Febrero	A	S/ 8.43	S/ -	S/ 2.00	S/ 10.43
	B	S/ 56.19	S/ -	S/ 368.80	S/ 424.99
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	D	S/ 590.02	S/ 2,500.00	S/ 893.60	S/ 3,983.62
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	F	S/ 84.29	S/ -	S/ 148.00	S/ 232.29
	I	S/ 14.05	S/ -	S/ 73.00	S/ 87.05
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	K	S/ 168.58	S/ 60.00	S/ 29.00	S/ 257.58
	L	S/ 2.81	S/ -	S/ -	S/ 2.81
	N	S/ 3.51	S/ -	S/ -	S/ 3.51
	O	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07
	P	S/ 10.54	S/ -	S/ -	S/ 10.54
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	I	S/ 14.05	S/ -	S/ 73.00	S/ 87.05
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	K	S/ 168.58	S/ 60.00	S/ 29.00	S/ 257.58
	L	S/ 2.81	S/ -	S/ -	S/ 2.81
	O	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07
	P	S/ 10.54	S/ -	S/ -	S/ 10.54
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	A	S/ 8.43	S/ -	S/ 2.00	S/ 10.43
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	F	S/ 84.29	S/ -	S/ 148.00	S/ 232.29
	I	S/ 14.05	S/ -	S/ 73.00	S/ 87.05
J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40	
K	S/ 168.58	S/ 60.00	S/ 29.00	S/ 257.58	
L	S/ 2.81	S/ -	S/ -	S/ 2.81	
N	S/ 3.51	S/ -	S/ -	S/ 3.51	
O	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07	
P	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07	
TOTAL					S/ 6,099.66

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51

Presupuesto para mantenimiento preventivo del mes de marzo

MES	Actividad	COSTOS			
		C.M.O.I	C.M.O.E	C.M.I.	C.T.M.P
Marzo	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	I	S/ 14.05	S/ -	S/ 73.00	S/ 87.05
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	K	S/ 168.58	S/ 60.00	S/ 29.00	S/ 257.58
	L	S/ 2.81	S/ -	S/ -	S/ 2.81
	O	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07
	P	S/ 10.54	S/ -	S/ -	S/ 10.54
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	I	S/ 14.05	S/ -	S/ 73.00	S/ 87.05
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	K	S/ 168.58	S/ 60.00	S/ 29.00	S/ 257.58
	L	S/ 2.81	S/ -	S/ -	S/ 2.81
O	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07	
P	S/ 10.54	S/ -	S/ -	S/ 10.54	
TOTAL					S/ 798.83

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52

Presupuesto para mantenimiento preventivo del mes de abril

MES	Actividad	COSTOS			
		C.M.O.I	C.M.O.E	C.M.I	C.T.M.P
Abril	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	A	S/ 8.43	S/ -	S/ 2.00	S/ 10.43
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	F	S/ 84.29	S/ -	S/ 148.00	S/ 232.29
	G	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	H	S/ 56.19	S/ -	S/ 249.60	S/ 305.79
	I	S/ 14.05	S/ -	S/ 73.00	S/ 87.05
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	K	S/ 168.58	S/ 60.00	S/ 29.00	S/ 257.58
	L	S/ 2.81	S/ -	S/ -	S/ 2.81
	M	S/ 3.51	S/ -	S/ 9.00	S/ 12.51
	N	S/ 3.51	S/ -	S/ -	S/ 3.51
	O	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07
	P	S/ 10.54	S/ -	S/ -	S/ 10.54
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02	
E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76	
I	S/ 14.05	S/ -	S/ 73.00	S/ 87.05	
J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40	
K	S/ 168.58	S/ 60.00	S/ 29.00	S/ 257.58	
L	S/ 2.81	S/ -	S/ -	S/ 2.81	
O	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07	
P	S/ 10.54	S/ -	S/ -	S/ 10.54	
TOTAL					S/1,370.38

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53

Presupuesto para mantenimiento preventivo del mes de mayo

MES	Actividad	COSTOS			
		C.M.O.I	C.M.O.E	C.M.I.	C.T.M.P
Mayo	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	A	S/ 8.43	S/ -	S/ 2.00	S/ 10.43
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	F	S/ 84.29	S/ -	S/ 148.00	S/ 232.29
	I	S/ 14.05	S/ -	S/ 73.00	S/ 87.05
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	K	S/ 168.58	S/ 60.00	S/ 29.00	S/ 257.58
	L	S/ 2.81	S/ -	S/ -	S/ 2.81
	N	S/ 3.51	S/ -	S/ -	S/ 3.51
	O	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07
	P	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	I	S/ 14.05	S/ -	S/ 73.00	S/ 87.05
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
K	S/ 168.58	S/ 60.00	S/ 29.00	S/ 257.58	
L	S/ 2.81	S/ -	S/ -	S/ 2.81	
O	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07	
P	S/ 10.54	S/ -	S/ -	S/ 10.54	
TOTAL					S/1,065.78

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54

Presupuesto para mantenimiento preventivo del mes de junio

MES	Actividad	COSTOS			
		C.M.O.I	C.M.O.E	C.M.I.	C.T.M.P
Junio	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	A	S/ 8.43	S/ -	S/ 2.00	S/ 10.43
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	F	S/ 84.29	S/ -	S/ 148.00	S/ 232.29
	I	S/ 14.05	S/ -	S/ 73.00	S/ 87.05
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	K	S/ 168.58	S/ 60.00	S/ 29.00	S/ 257.58
	L	S/ 2.81	S/ -	S/ -	S/ 2.81
	N	S/ 3.51	S/ -	S/ -	S/ 3.51
	O	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07
	P	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	I	S/ 14.05	S/ -	S/ 73.00	S/ 87.05
J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40	
K	S/ 168.58	S/ 60.00	S/ 29.00	S/ 257.58	
L	S/ 2.81	S/ -	S/ -	S/ 2.81	
O	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07	
P	S/ 10.54	S/ -	S/ -	S/ 10.54	
TOTAL					S/1,055.59

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55

Presupuesto para mantenimiento preventivo del mes de julio

MES	Actividad	COSTOS			
		C.M.O.I	C.M.O.E	C.M.I.	C.T.M.P
Julio	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	A	S/ 8.43	S/ -	S/ 2.00	S/ 10.43
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	F	S/ 84.29	S/ -	S/ 148.00	S/ 232.29
	G	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	H	S/ 56.19	S/ -	S/ 249.60	S/ 305.79
	I	S/ 14.05	S/ -	S/ 73.00	S/ 87.05
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	K	S/ 168.58	S/ 60.00	S/ 29.00	S/ 257.58
	L	S/ 2.81	S/ -	S/ -	S/ 2.81
	M	S/ 3.51	S/ -	S/ 9.00	S/ 12.51
	N	S/ 3.51	S/ -	S/ -	S/ 3.51
	O	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07
	P	S/ 10.54	S/ -	S/ -	S/ 10.54
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	B	S/ 56.19	S/ -	S/ 368.80	S/ 424.99
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	D	S/ 590.02	S/ 2,500.00	S/ 893.60	S/ 3,983.62
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	O	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07
	P	S/ 10.54	S/ -	S/ -	S/ 10.54
	I	S/ 14.05	S/ -	S/ 73.00	S/ 87.05
K	S/ 168.58	S/ 60.00	S/ 29.00	S/ 257.58	
L	S/ 2.81	S/ -	S/ -	S/ 2.81	
TOTAL					S/ 5,778.99

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56

Presupuesto para mantenimiento preventivo del mes de agosto

MES	Actividad	COSTOS			
		C.M.O.I	C.M.O.E	C.M.I.	C.T.M.P
Agosto	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	A	S/ 8.43	S/ -	S/ 2.00	S/ 10.43
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	F	S/ 84.29	S/ -	S/ 148.00	S/ 232.29
	I	S/ 14.05	S/ -	S/ 73.00	S/ 87.05
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	K	S/ 168.58	S/ 60.00	S/ 29.00	S/ 257.58
	L	S/ 2.81	S/ -	S/ -	S/ 2.81
	N	S/ 3.51	S/ -	S/ -	S/ 3.51
	O	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07
	P	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
TOTAL					S/ 676.55

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57

Presupuesto para mantenimiento preventivo del mes de septiembre

MES	Actividad	COSTOS			
		C.M.O.I	C.M.O.E	C.M.L	C.T.M.P
Septiembre	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	A	S/ 8.43	S/ -	S/ 2.00	S/ 10.43
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	F	S/ 84.29	S/ -	S/ 148.00	S/ 232.29
	I	S/ 14.05	S/ -	S/ 73.00	S/ 87.05
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	K	S/ 168.58	S/ 60.00	S/ 29.00	S/ 257.58
	L	S/ 2.81	S/ -	S/ -	S/ 2.81
	N	S/ 3.51	S/ -	S/ -	S/ 3.51
	O	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07
	P	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
TOTAL					S/ 676.55

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58

Presupuesto para mantenimiento preventivo del mes de octubre

MES	Actividad	COSTOS			
		C.M.O.I	C.M.O.E	C.M.I.	C.T.M.P
Octubre	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	O	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	P	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	C	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	E	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	J	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	O	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	P	S/ 8.43	S/ -	S/ -	S/ 8.43
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	I	S/ 84.29	S/ -	S/ 73.00	S/ 157.29
	J	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	K	S/ 56.19	S/ 60.00	S/ 29.00	S/ 145.19
	L	S/ 14.05	S/ -	S/ -	S/ 14.05
	O	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	P	S/ 168.58	S/ -	S/ -	S/ 168.58
	C	S/ 2.81	S/ -	S/ -	S/ 2.81
	E	S/ 3.51	S/ -	S/ -	S/ 3.51
	J	S/ 3.51	S/ -	S/ -	S/ 3.51
	O	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07
	P	S/ 10.54	S/ -	S/ -	S/ 10.54
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76	
J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40	
TOTAL					S/ 592.92

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59

Presupuesto para mantenimiento preventivo del mes de noviembre

MES	Actividad	COSTOS			
		C.M.O.I	C.M.O.E	C.M.I.	C.T.M.P
Noviembre	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	A	S/ 8.43	S/ -	S/ 2.00	S/ 10.43
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	F	S/ 84.29	S/ -	S/ 148.00	S/ 232.29
	I	S/ 14.05	S/ -	S/ 73.00	S/ 87.05
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	K	S/ 168.58	S/ 60.00	S/ 29.00	S/ 257.58
	L	S/ 2.81	S/ -	S/ -	S/ 2.81
	N	S/ 3.51	S/ -	S/ -	S/ 3.51
	O	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07
	P	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40	
TOTAL					S/ 676.55

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60

Presupuesto para mantenimiento preventivo del mes de diciembre

MES	Actividad	COSTOS			
		C.M.O.I	C.M.O.E	C.M.I.	C.T.M.P
Diciembre	A	S/ 8.43	S/ -	S/ 2.00	S/ 10.43
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	F	S/ 84.29	S/ -	S/ 148.00	S/ 232.29
	I	S/ 14.05	S/ -	S/ 73.00	S/ 87.05
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	K	S/ 168.58	S/ 60.00	S/ 29.00	S/ 257.58
	L	S/ 2.81	S/ -	S/ -	S/ 2.81
	N	S/ 3.51	S/ -	S/ -	S/ 3.51
	O	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07
	P	S/ 21.07	S/ -	S/ -	S/ 21.07
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
	C	S/ 7.02	S/ -	S/ -	S/ 7.02
	E	S/ 1.76	S/ -	S/ -	S/ 1.76
	J	S/ 1.40	S/ -	S/ -	S/ 1.40
TOTAL					S/ 666.36

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61

Presupuesto equipos y herramientas para actividades del plan de mantenimiento preventivo

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	
Medidor de temperatura	S/ 250.00
Pinzas	S/ 870.00
Taladro	S/ 600.00
Juego de llaves	S/ 200.00
Winchas	S/ 32.00
Vernier	S/ 120.00
Laptop	S/ 2,500.00
Grúa Móvil	S/ 16,000.00
Otros	S/ 200.00
Costo de equipos y herramientas	S/ 20,772.00

Fuente: Elaboración propia

9. Definimos el presupuesto total de la propuesta del Plan de mantenimiento preventivo

Tabla 62

Presupuesto del plan de mantenimiento preventivo

Costo total de PMP		
ENERO	S/	1,402
FEBRERO	S/	6,100
MARZO	S/	799
ABRIL	S/	1,370
MAYO	S/	1,066
JUNIO	S/	1,056
JULIO	S/	5,779
AGOSTO	S/	677
SETIEMBRE	S/	677
OCTUBRE	S/	593
NOVIEMBRE	S/	677
DICIEMBRE	S/	666
EQUIPOS / HERRAMIENTAS	S/	20,772
INVERSIÓN TOTAL		S/ 41,632

Fuente: Elaboración propia

10. Realizamos el cálculo del OEE después del Plan de mantenimiento preventivo

Realizamos el cálculo del OEE después de la implementación de la propuesta de plan de mantenimiento preventivo, aumentando de 56% a 86% (Ver tabla 63). Donde ubicamos la gestión del mantenimiento como buena, entra en Valores World Class, lo que representa una buena competitividad.

Tabla 63

Comparación del OEE antes y después de la implementación del Plan de mantenimiento preventivo

Cálculo del OEE	Antes del PMP	Después del PMP
Disponibilidad	85%	97%
Rendimiento	68%	90%
Calidad	96%	98%
OEE	56%	86%

Fuente: Elaboración propia

METODOLOGÍA 5S

En la empresa también se identificó una falta de orden y limpieza, lo que generaba un exceso en los tiempos de abastecimiento de repuestos o alguna intervención de mantenimiento, por lo que se decidió considerar la aplicación de 5S. Donde se trabajó cada una.

a) SEIRI (Clasificar):

Empezamos por la etapa de la clasificación, donde separamos lo necesario de lo innecesario.

En el taller de mantenimiento eléctrico además de las herramientas y equipos del propio taller, se encontró carcassas rotas de cepillos eléctricos, desechos de metal, herramientas rotas, juegos de destornilladores con unidades faltantes, entre otros (Ver tabla 64).

En el taller de mantenimiento mecánico se encontró junto al torno desechos de viruta. Alrededor de la mesa de trabajo se encontró pedazos de metal, pedazos de madera, pedazos de herramientas, trapos sucios, restos de envases vacíos, herramientas en mal estado, entre otros, como se detalla en la tabla 65

Almacén de materiales y repuestos de mantenimiento en el almacén de materiales y repuestos de mantenimiento se encontraron elementos los cuales no tenían rotación, además de no estar correctamente organizados ni inventariados (Ver tabla 66)

Tabla 64

Listado de hallazgos en el taller de mantenimiento eléctrico

Taller de Mantenimiento eléctrico			
Descripción del artículo	Cantidad	Unidad de medida	Acciones
Alicates	3	UND	Organizar
Buscapolos	1	UND	Conserva su lugar
Carcasas rotas	1.5	Kg	Eliminar
Cepillos	5	UND	Organizar
Cinta Aislante	2	UND	Organizar
Desechos	6	Kg	Eliminar
Destornilladores	2	Juego	Organizar
Estante de herramientas	2	UND	Conserva su lugar
Guía Pasacables	1	UND	Organizar
Linternas	1	UND	Organizar
Maletín de electricista	3	UND	Organizar
Mesas de trabajo	2	UND	Conserva su lugar
Piezas rotas de herramientas	2	Kg	Eliminar
Pinzas amperimétricas	3	UND	Organizar
Tijeras de Electricista	2	UND	Organizar

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65

Listado de hallazgos en el taller de mantenimiento mecánico

Taller de Mantenimiento mecánico			
Descripción del artículo	Cantidad	Unidad de medida	Acciones
Amoladora	1	UND	Organizar
Baldes	2	UND	Organizar
Biombos	2	UND	Conserva su lugar
Caja de herramientas	2	Juegos	Organizar
Calibrador	1	UND	Organizar
Compresor	1	UND	Conserva su lugar
Desechos	2	Kg	Eliminar
Desechos de torno	8	Kg	Eliminar
Ejes	6	UND	Organizar
Envases vacíos	3	UND	Reubicar
Esmeril	1	UND	Conserva su lugar
Llave de tubo	2	UND	Organizar
Llaves Allen	1	Juego	Organizar
Mesa de prensa	1	UND	Conserva su lugar
Mesas	1	UND	Conserva su lugar
Micrómetro	3	UND	Organizar
Mordazas	1	Juego	Organizar
Pedazos de herramientas	1	Kg	Eliminar
Pedazos de madera	3	Kg	Eliminar
Pedazos de metal	7	Kg	Eliminar
Producto terminado	8	UND	Reubicar
Sierra	1	UND	Organizar
Sillas	3	UND	Organizar
Soldadora	1	UND	Conserva su lugar
Taladro	1	UND	Organizar
Taladro atornillador	1	UND	Organizar
Torno	1	UND	Conserva su lugar
Trapos sucios	4	Kg	Eliminar

Fuente: Elaboración propia

Tabla 66

Listado de hallazgos en el almacén de materiales y repuestos de mantenimiento

Almacén de mantenimiento				
Descripción del artículo	Cantidad	Unidad de medida	Rotación (veces/año)	Acciones
6209 rodamiento skf	9	UND	6	Organizar
6306 rodamiento skf	8	UND	11	Organizar
6308 rodamiento skf	6	UND	8	Organizar
Acople extrusora	1	UND	1	Reubicar
Balines de bronce graficado c/hilo rosca	150	UND	50	Organizar
Cepillos eléctricos en mal estado	3	UND	0	Eliminar
Cintas de fibra de vidrio	4	UND	5	Organizar
Conos de arrastre segun req 4629	7	UND	4	Organizar
Disco de corte	7	UND	12	Organizar
Disco de desbaste	4	UND	6	Organizar
Discos acero diente m. 160mmx4.5mm	4	UND	2	Reubicar
Eje de sierra de copa 32	4	UND	4	Organizar
Electro valvula de 5/3-1/4 de 220v biestable	3	UND	2	Reubicar
Escobilla de cobre grafito grado schunk	30	UND	30	Organizar
Fajas 280 h 125	2	UND	2	Reubicar
Fajas 280 h 125	2	UND	2	Reubicar
Juego de llaves allen x 10	4	JUEGO	2	Reubicar
Llaves termomagnetica de 3x32 amp	2	UND	2	Reubicar
Maccho p/tubo npt 3/8 black cross	2	UND	1	Reubicar
Malla zaranda	45	M	5	Organizar
Oring 4x36	18	UND	21	Organizar
Oring termoresistente	8	UND	6	Organizar
Pernos socket alle m-8x 15 c/pr	400	UND	220	Organizar
Pulsadores parada emerg. 40mm	2	UND	2	Reubicar
Resistencia media luna para cabezal	2	UND	1	Reubicar
Resistencia t/media luna 520x50	1	UND	2	Reubicar
Resistencia tipo banda en aluminio	2	UND	8	Organizar
Resistencia tipo media luna 400x80 2000w	1	UND	2	Reubicar
Reten 38x62x11	12	UND	1	Reubicar
Reten hidraulico 20x28x4	8	UND	4	Organizar
Retenes limpiadores de 20 mm	12	UND	5	Organizar
Rodaje rigido	2	UND	1	Reubicar
Rodaje rigido para extrusora	1	UND	1	Reubicar
Rodamientos rigido de hilo	4	UND	2	Reubicar
Sierra circular 5007nk 7 1/4"	8	UND	2	Reubicar
Teflon 70 mm	20	UND	2	Reubicar
Temporizador digital 48x48	2	UND	2	Reubicar
Termocupla tipo k c/seguro rotativo	4	UND	1	Reubicar
Trapo industrial	50	KG	150	Organizar
Tub (bosina) diferente medida	2	UND	1	Reubicar

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los hallazgos expuestos encontramos que un 12% de elementos encontrados van a conservar su lugar, 48% necesitan ser organizados, 12% debe ser eliminado y 28% reubicado (Ver tabla 67)

Tabla 67

% de Decisiones para cada hallazgo

Decisión	Taller M.E.	Taller M.M.	Almacén de mantenimiento	%
Conserva su lugar	3	7	0	12%
Organizar	9	13	18	48%
Eliminar	3	6	1	12%
Reubicar	0	2	21	28%

Fuente: Elaboración propia

b) SEITON (Organizar):

Luego de haber tomado las decisiones con cada elemento procedemos a la segunda “S”. Esta etapa de implementación nos ayudará a ubicar fácilmente los equipos, herramientas o materiales. Ya que se establecerá un lugar específico para cada elemento.

El primer punto será delimitar el área con pintura amarilla, tomando en cuenta cada espacio de trabajo actual (Ver Anexo 2).

Luego de haber eliminado lo innecesario y reubicado aquello que no era necesario tenerlo en el área de trabajo procedemos a organizar los materiales y herramientas de acuerdo a su uso y área de trabajo.

Para la organización del almacén se necesitó la lista de los materiales y repuestos necesarios de la línea de extrusión (Ver Anexo 3). Donde se aplicará la metodología ABC según su rotación para realizar la implementación del mismo.

Tabla 68

Clasificación ABC de materiales y repuestos

Cantidad	DETALLE	ROTACIÓN (veces/año)	%Acumulado	Tipo A
400	pernos socket allen	330.00	40.29%	A
50	trapo industrial	150.00	58.61%	A
150	balines de bronce graficado con hilo rosca	50.00	64.71%	A
4	Llaves allen industriales	48.00	70.57%	A
30	escobilla de cobre grafito grado schunk 12x6x20	30.00	74.24%	A
18	oring 4x36	21.00	76.80%	A
4	termocupla tipo k con seguro rotativo de bronce	18.00	79.00%	A
12	reten 38x62x11	14.00	80.71%	B
7	disco de corte	12.00	82.17%	B
2	rodaje rigido	12.00	83.64%	B
8	6306 rodamiento skf	11.00	84.98%	B
6	6308 rodamiento skf	8.00	85.96%	B
2	resistencia media luna para cabezal de linea 4	8.00	86.94%	B
1	resistencia t/media luna 520x50	8.00	87.91%	B
2	resistencia tipo banda en aluminio	8.00	88.89%	B
1	resistencia tipo media luna de 400x80 de 2000w	8.00	89.87%	B
20	teflon 70 mm	7.00	90.72%	B
9	6209 rodamiento skf	6.00	91.45%	B
4	disco de desbaste	6.00	92.19%	B
3	electro valvula de 5/3-1/4 de 220v biestable	6.00	92.92%	B
8	oring termoresistente	6.00	93.65%	B
4	cintas de fibra de vidrio	5.00	94.26%	B
45	malla zaranda	5.00	94.87%	B
12	retenes limpiadores de 20 mm	5.00	95.48%	C
7	conos de arrastre segun req 4629	4.00	95.97%	C
4	eje de sierra de copa 32	4.00	96.46%	C
8	reten hidraulico 20x28x4	4.00	96.95%	C
2	maccho p/tubo npt 3/8 black cross	3.00	97.31%	C
2	tub (bosina) diferente medida	3.00	97.68%	C
4	discos acero diente m. 160mmx4.5mm	2.00	97.92%	C
2	fajas 280 h 125	2.00	98.17%	C
2	fajas 280 h 125	2.00	98.41%	C
2	llaves termomagnetica de 3x32 amp	2.00	98.66%	C
2	pulsadores parada de emergencia 40mm	2.00	98.90%	C
1	rodaje rigido para extrusora	2.00	99.15%	C
4	rodamientos rigido de hilo	2.00	99.39%	C
8	sierra circular 5007nk 7 1/4"	2.00	99.63%	C
2	temporizador digital 48x48	2.00	99.88%	C
1	acople extrusora	1.00	100.00%	C

Fuente: Elaboración propia

c) SEISO (Limpiar):

En la siguiente “S”, vamos a realizar la limpieza del lugar, se debe tener en claro que este punto no solo contempla una limpieza convencional, sino también se trata de una inspección constante, además del cuidado de la manipulación de equipos y herramientas eléctricas, para poder cuidar la integridad del equipo, así como de las personas.

Para poder llevar a cabo el cumplimiento de este punto se tendrá como principio que cada técnico es responsable de la limpieza y de la inspección del área de trabajo de su propio turno.

d) SEIKETSU (Estandarizar):

En este nivel lo que se busca es que cada técnico de mantenimiento maneje la misma información y los mismos hábitos para poder mantener lo trabajado anteriormente, aquí se aplicará una capacitación 5S y vigilancia de su cumplimiento a cada trabajador.

Para el cumplimiento de este punto y los trabajados anteriormente, el técnico entrante deberá llenar su check list de orden y limpieza (Ver anexo 4).

e) SHITSUKE (Disciplinar):

En este punto vamos a crear políticas de trabajo respecto a las anteriores “S” trabajadas, cada técnico debe ser responsable, así como deberá colaborar para mantener las 5S trabajadas en los talleres y en el almacén.

Se deberá considerar lo siguiente:

- Será obligación de TODOS conocer y aplicar las normas relacionadas al programa de implementación de 5S.
- Cada técnico de mantenimiento será responsable de dejar cada equipo o herramienta en su lugar.

- Se aplicará el check list de orden y limpieza trabajado (Ver anexo 4)
- El técnico entrante identificará si se tiene alguna herramienta fuera de su lugar y reportará al supervisor de mantenimiento para tomar las medidas si no se encuentra el elemento en el lugar que fue designado.
- Cada personal nuevo deberá ser capacitado y orientado en esta práctica implementada.
- Las líneas amarillas de los pisos y pasadizos se deberán encontrar libres, sin que ninguna máquina o equipo esté sobre ella.

Presupuesto de la implementación de 5S

En la siguiente tabla detallamos el costo que nos costaría implementar las 5S en los talleres de mantenimiento y el almacén del mismo.

Tabla 69

Presupuesto de implementación de 5S

Presupuesto de Implementación de 5S	
Descripción	S/.
Compra de muebles y estantes para herramientas	S/ 12,000.00
Disposición de personal para el orden y limpieza	S/ 1,800.00
Implementación de almacén de mantenimiento	S/ 19,197.92
TOTAL	S/ 32,997.92

Fuente: Elaboración propia

PLAN DE CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO AL EQUIPO DE MANTENIMIENTO

En la siguiente tabla se realiza el cronograma de capacitación y entrenamiento para el equipo de mantenimiento para llevar a cabo las intervenciones en la línea de extrusión de estudio.

Tabla 70

Cronograma de Plan de capacitación y entrenamiento propuesto

PUESTO	Acciones formativas	H.	S/	2020																						
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Supervisor de mantenimiento	Inspección de Equipos, máquinas y herramientas	40	S/ 3,600.00	■																						
	Herramientas y guías de inspección.	30			■																					
	Indicadores de gestión de mantenimiento	40				■																				
	Entrega de Equipos	20					■																			
	Formatos, documentos y fuentes de obtención.	20						■																		
	Liderazgo, manejo de grupos y trabajo en equipo	40							■																	
	Operación y mantenimiento de líneas de extrusión	40									■															
Técnicos de mantenimiento mecánico	Mantenimiento de bombas	40	S/ 3,200.00										■													
	Sistemas de lubricación	40													■											
	Sistemas hidráulicos	40															■									
	Inspección y mantenimiento de cortadora hidráulica	20																	■							
Técnicos de mantenimiento eléctrico	Inspección y mantenimiento de líneas de extrusión	40	S/ 4,800.00																							
	Mantenimiento de bombas	40																								
	Inspección y detección de fallas en el sistema eléctrico	40																								
	Mantenimiento de tableros eléctricos	30																								
	Sistemas hidráulicos	40																								
	Inspección y mantenimiento de cortadora hidráulica	20																								
Mantenimiento de motores eléctricos	30																								■	
TOTAL			610	S/ 11,600.00																						

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla observamos que el plan de capacitación y entrenamiento nos genera una inversión total de S/. 26,568.20:

Tabla 71

Presupuesto de Plan de capacitación y entrenamiento propuesto

Puesto	Hora (S/.)	Total hrs	N° Personas	C.M.O.I	Cost. Cap.	C.T.
Supervisor de mantenimiento	S/ 7.10	230	1	S/ 1,633.00	S/ 3,600	S/ 5,233.00
Técnicos de mantenimiento mecánico	S/ 7.02	140	2	S/ 1,965.60	S/ 6,400	S/ 8,365.60
Técnicos de mantenimiento eléctrico	S/ 7.02	240	2	S/ 3,369.60	S/ 9,600	S/ 12,969.60
INVERSIÓN TOTAL						S/ 26,568.20

Fuente: Elaboración propia

2.3.4. Impacto de la propuesta de mejora

CR1: Falta de un Plan de mantenimiento preventivo

Con la propuesta de un Plan de mantenimiento preventivo se logró:

Reducir el consumo de energía eléctrica de 0.47 Kw/TN a 0.45 Kw/TN; el consumo de agua, de 0.04 metros cúbicos/TN a 0.03 metros cúbicos/TN; el consumo de aceite, de 0.008 Lt/TN a 0.007 Lt/TN; generando un beneficio de S/. 16,436.99 (Ver tabla 72)

Tabla 72

Beneficio por ahorro de recursos

Falta de un plan de Mantenimiento	Actual	Con el PMP
Toneladas producidas	2384.78	2384.78
Consumo eléctrico: Kw / TN	0.47	0.45
Soles / TN S/	186	S/ 179
<i>Ahorro en consumo de agua</i>		S/ 16,086
Consumo de agua: m ³ / TN	0.04	0.03
Soles / TN S/	0.61	S/ 0.48
<i>Ahorro en consumo eléctrico</i>		S/ 326
Consumo de aceite Lt / TN	0.008	0.007
Soles / TN S/	0.06	S/ 0.05
<i>Ahorro en consumo de aceite</i>		S/ 25.89
Beneficio total por ahorro de recursos		S/ 16,436.99

Fuente: Elaboración propia

Se aumentó el indicador de calidad de 96% a 98% generando un beneficio de S/. 23,847.81 como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 73

Beneficio por mejora de la calidad

Falta de un plan de Mantenimiento preventivo	Actual	Con el PMP
Toneladas producidas	2384.78142	2384.78142
Calidad	0.96	0.98
Producto Conforme (TN)	2289	2337
Toneladas conformes adicional		48
Beneficio por mejora de la calidad		S/ 23,847.81

Fuente: Elaboración propia

De la misma manera podemos observar en la tabla 74 que el rendimiento de 68% a 100% generando un beneficio de S/. 248,609.29

Tabla 74

Beneficio por mejora del rendimiento

Falta de un plan de Mantenimiento preventivo	Actual	Con el PMP
Rendimiento	68%	90%
TN/Hora	0.41	0.50
Toneladas adicionales		497
Utilidad por TN		500
Beneficio por mejora del rendimiento		S/ 248,609.29

Fuente: Elaboración propia

Y por último la disponibilidad de 85% se logra aumentar a 97% generando un beneficio de S/. 210,026. (Ver tabla 75)

Tabla 75

Beneficio por aumento de disponibilidad

Falta de un plan de Mantenimiento preventivo	Actual	Con el PMP
Disponibilidad	85%	96%
Horas sin producir	960	255.93
Horas adicionales		704
Toneladas adicionales		420.05
Utilidad por TN		500
Beneficio por aumento de disponibilidad	S/	210,026

Fuente: Elaboración propia

Todo lo anterior mencionado genera un beneficio total de S/. 498,920 como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 76

Beneficio total del plan de mantenimiento preventivo

Plan de mantenimiento preventivo		
Beneficio total por ahorro de recursos	S/	16,437
Beneficio por mejora de la calidad	S/	23,848
Beneficio por mejora del rendimiento	S/	248,609
Beneficio por aumento de disponibilidad	S/	210,026
Beneficio Total	S/	498,920

Fuente: Elaboración propia.

CR2: Falta de orden y limpieza

Aplicando la metodología 5S en el taller y almacén de mantenimiento se logró reducir el lead time de 40 horas a 9 horas. Con este ahorro de tiempo se ha calculado que se pueden llegar a producir hasta 365 TN adicionales, generando un beneficio de S/. 182,500 como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 77

Beneficio por mantener el orden y limpieza

Falta de orden y limpieza	Actual	Con el Plan de PMP
Lead Time	40.00	9.00
Horas perdidas por LT	802.00	72.00
Horas adicionales para producir		730.00
TN adicionales para producir		365.00
Beneficio por TN adicionales por buen orden y limpieza		S/ 182,500

Fuente: Elaboración propia

CR3: Falta de un Plan de capacitación y entrenamiento

Con la propuesta de un plan de capacitación en el equipo de mantenimiento se logra eliminar las horas perdidas por mala intervención de mantenimiento, aumentando el % de intervenciones de mantenimiento correctas de 63% a 100%. Esto genera un total de 32.16 horas adicionales para producir 16 TN más, generando un beneficio de S/. 8,039 (Ver tabla 78)

Tabla 78

Beneficio por personal capacitado y entrenado

Falta de capacitación y entrenamiento del personal	Actual	Con el Plan de PMP
% de intervenciones de mantenimiento correctas	63%	100%
Tiempo total de reparación actual	86 horas	
Horas ganadas por correcta intervención de manten,	32.16 horas	
TN adicionales para producir		16
Beneficio por TN adicionales por personal capacitado y entrenado		S/ 8,039

Fuente: Elaboración propia

2.3.5. Impacto de la propuesta de mejora en la reducción de costo por tonelada producida

En la siguiente tabla se muestra la reducción de los costos de fabricación de tuberías de PVC en la empresa trujillana, donde se tuvo una reducción del 61% del total de pérdidas, generando un ahorro de S/. 689,460:

Tabla 79

Reducción de las pérdidas por cada causa raíz

Causa	Descripción	Pérdidas actuales (S./anual)	Pérdidas esperadas (S./anual)	Reducción	% de reducción de los costos
CR1	Falta de mantenimiento a la máquina	S/ 917,501	S/ 418,580	-S/ 498,921	-54%
CR2	Falta de orden y limpieza	S/ 200,500	S/ 18,000	-S/ 182,500	-91%
CR3	Falta de capacitación y entrenamiento del personal	S/ 8,039	S/ -	-S/ 8,039	-100%
Total		S/ 1,126,040	S/ 436,580	-S/ 689,460	-61%

Fuente: Elaboración propia

De la misma manera se determinó que el costo de fabricación de tuberías de PVC reduciría en un 20% (Ver tabla 80)

Tabla 80

% de reducción de los costos de fabricación

% de Reducción de los costos totales	
Costo de fabricación por TN	S/ 1,500.00
Total de TN fabricadas en el 2019	2385
Costo total de fabricación	S/ 3,577,172
Reducción de los costos	-S/ 689,460
% de reducción de los costos de fabricación	-19%

Fuente: Elaboración propia

2.3.6. Evaluación Económica

a) Inversión para la propuesta de mejora

Para el desarrollo de las propuestas de mejora en la empresa trujillana se calculó una inversión total de S/. 101,198.27 y una depreciación mensual de S/. 3,200.

En las siguientes tablas se muestra el detalle de la inversión por cada propuesta de mejora:

Tabla 81

Inversión total del Plan de mantenimiento preventivo

Inversión total de Plan de mantenimiento Preventivo			
	Costo total de PMP		Depreciación
ENERO	S/	1,402	
FEBRERO	S/	6,100	
MARZO	S/	799	
ABRIL	S/	1,370	
MAYO	S/	1,066	
JUNIO	S/	1,056	
JULIO	S/	5,779	S/ 3,200.00
AGOSTO	S/	677	
SETIEMBRE	S/	677	
OCTUBRE	S/	593	
NOVIEMBRE	S/	677	
DICIEMBRE	S/	666	
EQUIPOS / HERRAMIENTAS	S/	20,772	
INVERSIÓN TOTAL	S/	41,632	S/ 3,200.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 82

Inversión total del plan de capacitación y entrenamiento

Inversión Plan de capacitación y entrenamiento	C.M.O.I	Costo Unitario de capacitación y entrenamiento	C.T.
Supervisor de mantenimiento	S/1,633.00	S/ 3,600	S/ 5,233.00
Técnicos de mantenimiento mecánico	S/1,965.60	S/ 6,400	S/ 8,365.60
Técnicos de mantenimiento eléctrico	S/3,369.60	S/ 9,600	S/12,969.60
INVERSIÓN TOTAL			S/ 26,568.20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 83

Inversión total de implementación de 5S

Inversión de Implementación de 5S	
Descripción	S/.
Compra de muebles y estantes para herramientas	S/ 12,000.00
Disposición de personal para el orden y limpieza	S/ 1,800.00
Implementación de almacén de mantenimiento	S/ 19,197.92
INVERSIÓN TOTAL	S/ 32,997.92

Fuente: Elaboración propia

b) Beneficios de las propuestas de mejora

En la siguiente tabla podemos observar que el beneficio obtenido por la implementación del trabajo realizado genera un beneficio anual de 719,229 soles.

Tabla 84

Ingresos anuales por las propuestas de mejora.

Causa	Descripción	Beneficio anual		Propuesta de mejora
CR1	Falta de mantenimiento a la máquina	S/	498,921	Plan de mantenimiento preventivo
CR2	Falta de orden y limpieza	S/	182,500	Metodología 5S
CR3	Falta de capacitación y entrenamiento del personal	S/	8,039	Plan de capacitación y entrenamiento
TOTAL		S/	689,460	

Fuente: Elaboración propia

c) Estado de resultados

Tabla 85

Estado de resultados anual

Anual	0	1	2	3	4	5
Ingresos	S/. 689,460	S/. 696,355	S/. 703,318	S/. 710,351	S/. 717,455	S/. 717,455
Costos Operativos	S/. 517,095	S/. 522,266	S/. 527,489	S/. 532,763	S/. 538,091	S/. 538,091
Depreciación	S/. 1,200					
Interés financiamiento	S/. 0					
Utilidad bruta	S/. 171,165	S/. 172,889	S/. 174,630	S/. 176,388	S/. 178,164	S/. 178,164
Gav	S/. 41,368	S/. 41,781	S/. 42,199	S/. 42,621	S/. 43,047	S/. 43,047
Utilidad antes de impuestos	S/. 129,797	S/. 131,107	S/. 132,430	S/. 133,767	S/. 135,116	S/. 135,116
Impuesto a la renta	S/. 38,290	S/. 38,677	S/. 39,067	S/. 39,461	S/. 39,859	S/. 39,859
Utilidad después de impuestos	S/. 91,507	S/. 92,431	S/. 93,363	S/. 94,306	S/. 95,257	S/. 95,257

Fuente: Elaboración propia

d) Flujo de caja

Tabla 86

Flujo de caja anual

Anual	0	1	2	3	4	5
Utilidad después de impuestos	S/. 91,507	S/. 92,431	S/. 93,363	S/. 94,306	S/. 95,257	S/. 95,257
Depreciación	S/. 3,200	S/. 3,200	S/. 3,200	S/. 3,200	S/. 3,200	S/. 3,200
amortización	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0
Flujo neto de efectivo	-S/. 101,198	S/. 94,707	S/. 95,631	S/. 96,563	S/. 97,506	S/. 98,457

Fuente: Elaboración propia

e) Calculo del TIR/VAN

Tabla 87

Indicadores económicos

Anual	0	1	2	3	4	5
Flujo neto Efectivo	-S/. 101,198	S/. 94,707	S/. 95,631	S/. 96,563	S/. 97,506	S/. 98,457
Ingresos totales		S/. 689,460	S/. 696,355	S/. 703,318	S/. 710,351	S/. 717,455
Egresos totales		S/. 596,753	S/. 602,724	S/. 608,755	S/. 614,846	S/. 620,998
VAN ingresos	S/. 2,408,540					
VAN egresos	S/. 2,084,701					
PAYBACK	7.34	meses				
VAN	S/. 330,705					
TIR	91%	> COK	14% ANUAL			
B/C	1.16					

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la tabla 87, se hizo una evaluación económica con 5 años de horizonte de tiempo, cabe mencionar que para el segundo año en adelante consecutivos se proyectó que las ventas se incrementarían en un 1%.

Los resultados de la evaluación económica son:

- Un VAN positivo de S/. 330,705
- Un TIR de 91% mayor al costo de oportunidad anual de la empresa de 14% anual (Dato del área del área de finanzas, el cuál es usado para la toma de decisiones antes de cualquier compra de maquinaria o ampliación de áreas y/o procesos).
- Un B/C de 1.16, lo que significa que por cada sol invertido se obtiene una ganancia de S/. 0.16.
- Un Periodo de recuperación de la inversión (PRI) de 7.34 meses
- Por lo antes mencionado se concluye que la presente investigación es RENTABLE.

III. CAPÍTULO III. RESULTADOS

1. Con la propuesta de mejora del Plan de mantenimiento preventivo se logró reducir el consumo de energía eléctrica de 0.47 Kw/TN a 0.45 Kw/TN; el consumo de agua, de 0.04 metros cúbicos/TN a 0.03 metros cúbicos/TN; el consumo de aceite, de 0.008 Lt/TN a 0.007 Lt/TN; y se aumentó la disponibilidad de 85% a 97%, el rendimiento de 68% a 90% y la calidad de 96% a 98%. Con todo ello se obtuvo un beneficio total de S/. 498,921 como se puede observar en la siguiente figura:

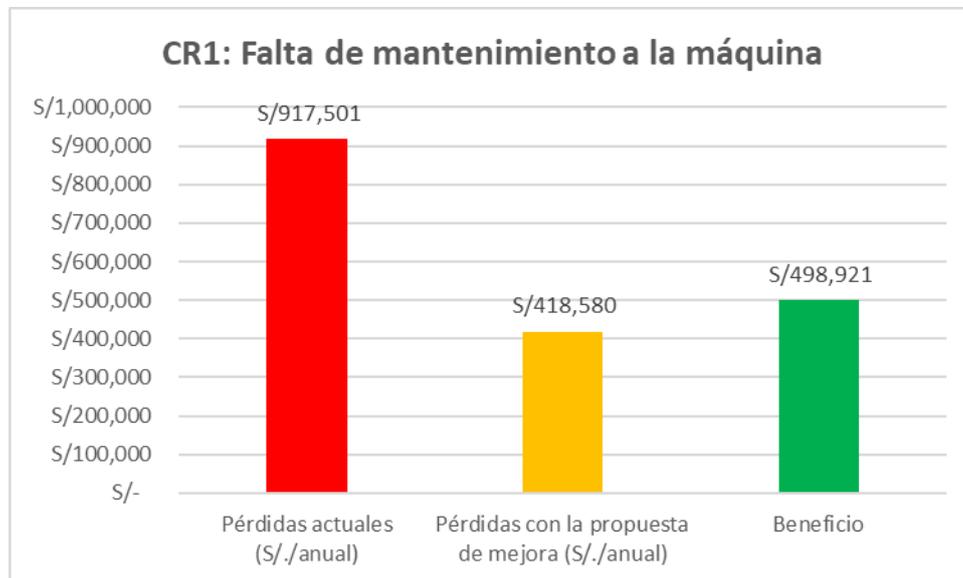


Figura 11. Monto de pérdida actual y mejorada de la CR1

Fuente: Elaboración propia

Con la propuesta de 5S se logró mejorar el orden y la limpieza reduciendo el lead time de 40 a 9 horas promedio, generando un beneficio de S/. 182,500 (Ver figura 12)

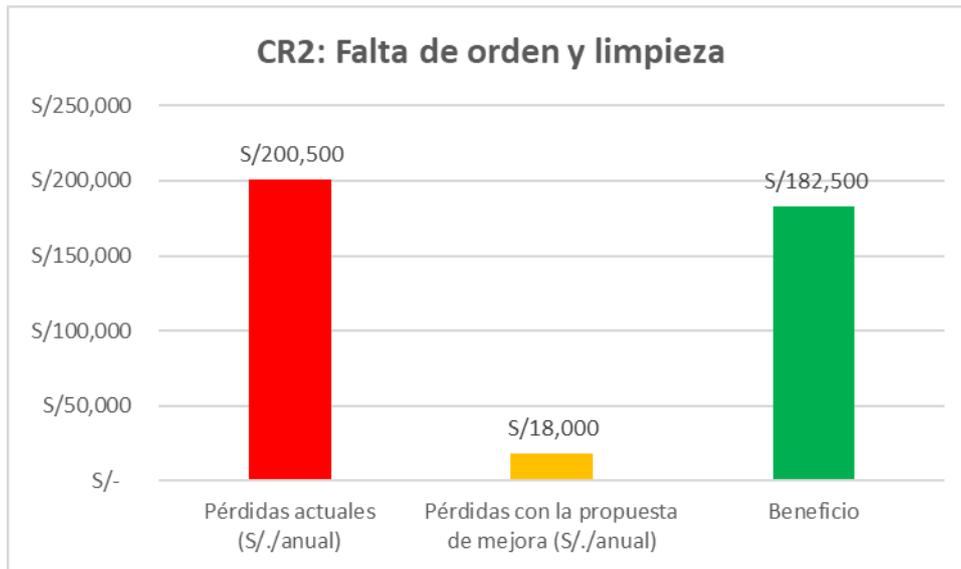


Figura 12. Monto de pérdida actual y mejorada de la CR2

Fuente: Elaboración propia

Con la propuesta de Plan de capacitación y entrenamiento se logró eliminar las malas intervenciones de mantenimiento que generaban horas perdidas, aumentando el % de intervenciones de mantenimiento correctas de 63% a 100%.

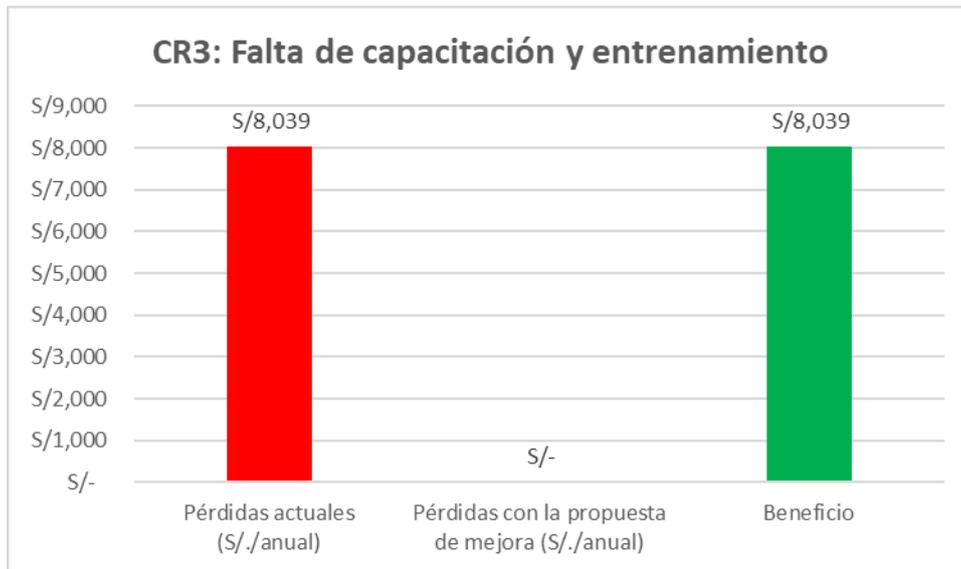


Figura 13. Monto de pérdida actual y mejorada de la CR3

Fuente: Elaboración propia

En la figura 12 se presenta el esquema general de la propuesta de mejora.

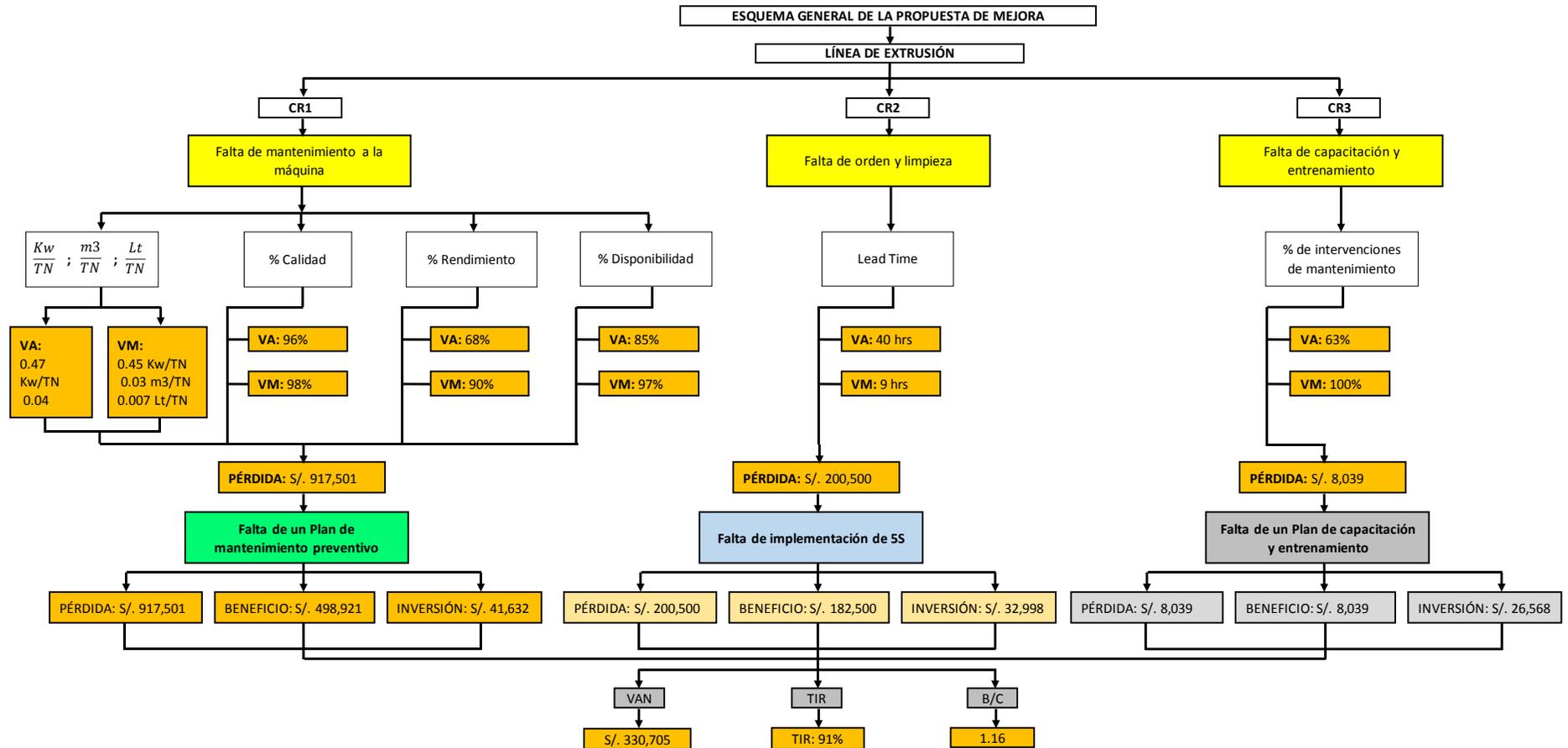


Figura 14. Esquema general de la propuesta de mejora

Fuente: Elaboración propia

IV. CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Se determinó que el impacto de la propuesta de implementación de un Plan de mantenimiento preventivo sobre los costos de fabricación de tuberías de PVC de una empresa trujillana, fue la reducción de los costos de fabricación en 19%, ya que se tuvo un ahorro de S/. 719,229, esto se corrobora ya que en los estudios de Vergaray (2018) en donde se aplicó el Plan de mantenimiento preventivo en la flota de equipos Trackless de Compañía Minera Poderosa, la cual mediante el análisis costo beneficio, se determinó que el retorno de inversión de 34500\$

De la misma manera en el estudio realizado por Uribe y Valera (2017), en donde se con la implementación de un plan de mantenimiento obteniéndose un beneficio aplicado por la diferencia entre los indicadores iniciales y la mejora verificándose que se redujo los costos de la empresa, se realiza el análisis de evaluación económica; resultándose un TIR de 221%, B/C de 1.25 con un VAN de S/. 362,860.

Como se puede observar la aplicación de un Plan de mantenimiento preventivo reduce los costos de una empresa, un área o una máquina específica.

4.2. Conclusiones

Se determinó que el efecto de la propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo en los costos de fabricación de tuberías de PVC en una empresa trujillana, fue la reducción del costo de fabricación en 19% y se tuvo un ahorro de S/. 689,460.

Se diagnosticó la situación actual de una empresa trujillana dedicada a la fabricación de tuberías de PVC, encontrando que los principales problemas de los altos costos son: Fugas de aire, agua y aceite; Tuberías no conformes (Calidad); Bajo flujo de material (Rendimiento), Máquina parada, falta de orden y limpieza y falta de capacitación y entrenamiento.

Se desarrolló la propuesta de implementación de un Plan de mantenimiento preventivo en una empresa trujillana, aplicando herramientas de ingeniería como: Plan de mantenimiento preventivo, metodología de las 5S y un Programa de capacitación y entrenamiento.

Se determinó que el impacto de las propuestas de mejora logró una reducción de los costos en 19% ya que se tuvo un ahorro de S/. 689,460.

Se determinó una evaluación económica de la implementación de la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en una empresa trujillana, concluyendo que es RENTABLE ya que se obtuvo un VAN positivo de S/. 330,705, un TIR de 91% mayor al costo de oportunidad anual de la empresa de 14%, un B/C de 1.16 y un periodo de recuperación de la inversión (PRI) de 7.3 meses.

REFERENCIAS

- Anthony, R. N., & Govindarajan, V. (2007). Management control systems.
- BARRERA, J. C., & de Proyectos, E. (2008). Análisis de criticidad. Obtenido de <http://www.slideshare.net/mantonline/anlisis-de-criticidad-presentation>.
- CEN. (2001). Maintenance Terminology. European Standard.
- Carreno Ortiz, M. A., & Villada Salazar, D. A. (2012). Monitoreo Y Gestion Remota Del Consumo De Combustible A Traves De Una Red De Telefonía Movil Gsm (Global Mobile System) Para Trazar El Aumento De Disponibilidad Por Medio Del Modelo Cmd (Confiabilidad-Mantenibilidad-Disponibilidad) (Doctoral dissertation, Universidad Industrial de Santander, Escuela De Ing. Mecánica).
- Gento, Á. M., & Redondo, A. (2005, September). FUZZYMANT: Evaluación del mantenimiento utilizando técnicas difusas. In IX Congreso de Ingeniería de Organización (p. 84).
- Kans, M. (2008). An approach for determining the requirements of computerised maintenance management systems. *Computers in Industry*, 59(1), 32-40.
- Márquez, A. C. (2007). The maintenance management framework: models and methods for complex systems maintenance. Springer Science & Business Media.
- Mendoza, R. H. (2000). El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional//Criticality analysis, a methodology to improve the operational reliability. *Ingeniería Mecánica*, 3(4), 13-19.
- Olarte, W., Botero, M., & Cañón, B. (2010). Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria. *Scientia et technica*, 2(45), 223-226.
- Ortega, J. (2013). ¿Interpretamos bien los resultados del VAN y la TIR? (Parte II). *Estrategia Financiera*. Pág. 54-55. Recuperado de: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=87566813&lang=es&site=ehost-live>
- Osorio, J. C. T., & Gutiérrez, P. A. C. (2010). Metodología para medir confiabilidad, mantenibilidad y Disponibilidad en mantenimiento.
- Parida, A., & Chattopadhyay, G. (2007). Development of a multi- criteria hierarchical framework for maintenance performance measurement (MPM). *Journal of Quality in maintenance Engineering*.

- Pérez, J. G. (2014). La industria del plástico en México y el mundo. *Comercio exterior*, 64(5), 6.
- Pintelon, L. M., & Gelders, L. F. (1992). Maintenance management decision making. *European journal of operational research*, 58(3), 301-317.
- Silva Burga, J. E. (2012). Implantación del TPM en la zona de enderezadoras de Aceros Arequipa.
- Uribe Zapata, Z. T., & Valera Reyes, G. S. (2017). Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento y gestión de inventarios para reducir los costos en la empresa de transporte Bulltra S.A.C. (Tesis parcial).
- Useche, A. O., Monroy, C. R., & Izquierdo, H. (2013). Gestión de mantenimiento en pymes industriales. *Revista venezolana de gerencia*, 18(61), 86-104.
- Vagliasindi, F. (2003). *Gestire la manutenzione* 3a Edizione. Italia: FrancoAngeli.
- Vanneste, S. G., & Van Wassenhove, L. N. (1995). An integrated and structured approach to improve maintenance. *European Journal of Operational Research*, 82(2), 241-257.
- Viveros, Pablo, Stegmaier, Raúl, Kristjanpoller, Fredy, Barbera, Luis, & Crespo, Adolfo. (2013). Proposal of a maintenance management model and its main support tools. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 21(1), 125-138. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052013000100011>

ANEXOS

Anexo 1

Procedimiento Mantenimiento de Equipos

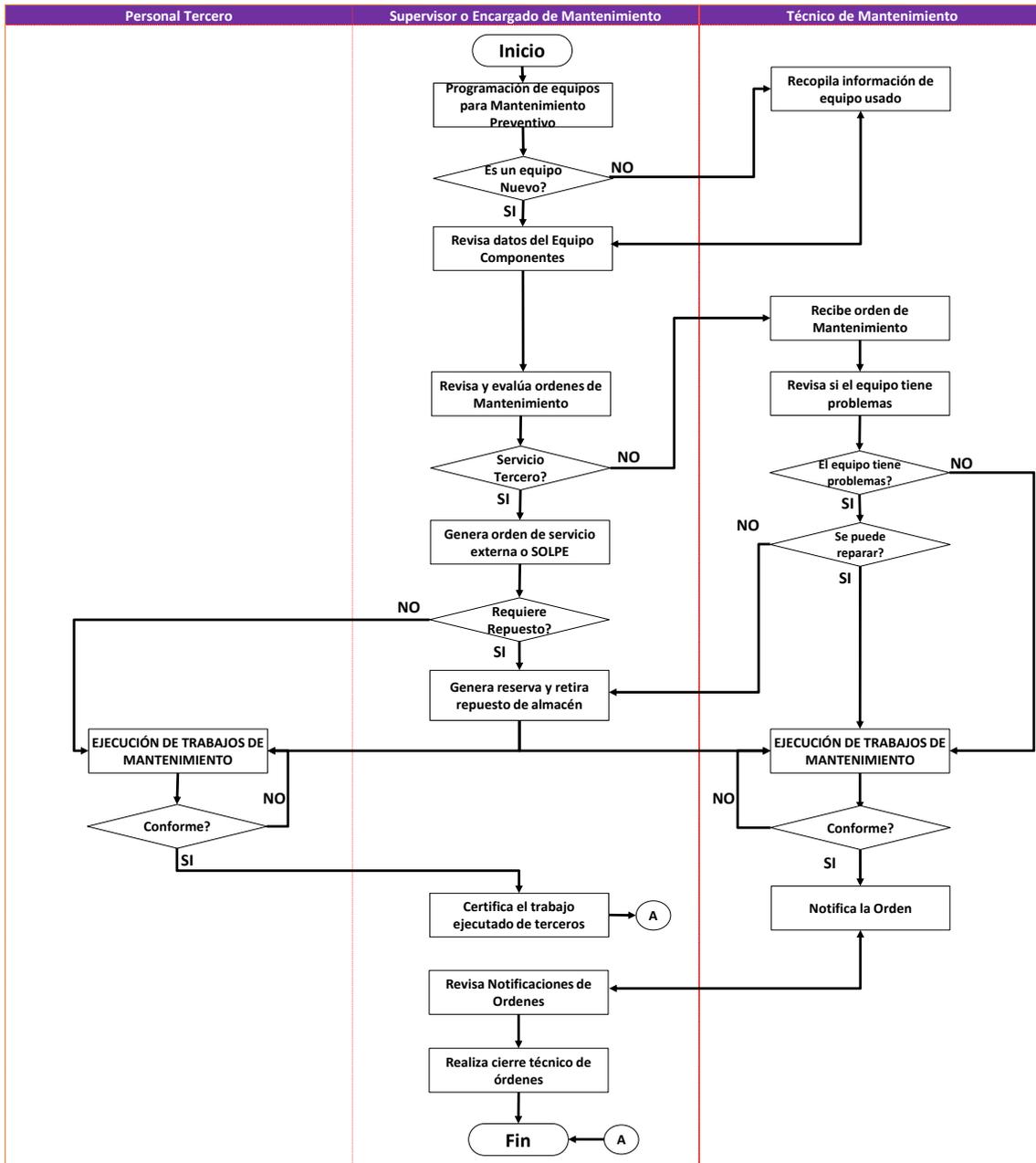


Figura 15. Procedimiento Mantenimiento de Equipos

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2

Delimitación del área



Figura 16. Delimitación de áreas

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3

Materiales y repuestos almacenados de línea de 315mm-500mm

Tabla 88

Materiales y repuestos almacenados de línea de 315mm-500mm

MATERIALES Y REPUESTOS EN ALMACÉN L-315mm-500mm DURANTE EL AÑO 2019					
Cantidad	DETALLE	U.M	COSTO UNITARIO DEL ARTÍCULO	ROTACIÓN (veces/año)	CONSUMO TOTAL ANUAL (S/.)
9	6209 rodamiento skf	UND	S/ 62.76	6	S/ 376.58
8	6306 rodamiento skf	UND	S/ 29.66	11	S/ 326.26
6	6308 rodamiento skf	UND	S/ 49.74	8	S/ 397.94
1	acople extrusora	UND	S/ 127.12	1	S/ 127.12
150	balines de bronce graficado con hilo rosca	UND	S/ 0.55	50	S/ 27.50
4	cintas de fibra de vidrio	UND	S/ 12.69	5	S/ 63.45
7	conos de arrastre segun req 4629	UND	S/ 406.78	4	S/ 1,627.12
7	disco de corte	UND	S/ 38.00	12	S/ 456.00
4	disco de desbaste	UND	S/ 10.90	6	S/ 65.40
4	discos acero diente m. 160mmx4.5mm	UND	S/ 169.49	2	S/ 338.98
4	eje de sierra de copa 32	UND	S/ 28.30	4	S/ 113.20
3	electro valvula de 5/3-1/4 de 220v biestable	UND	S/ 423.73	6	S/ 2,542.37
30	escobilla de cobre grafito grado schunk 12x6x20	UND	S/ 3.50	30	S/ 105.00
2	fajas 280 h 125	UND	S/ 55.00	2	S/ 110.00
2	fajas 280 h 125	UND	S/ 25.00	2	S/ 50.00
4	Llaves allen industriales	UND	S/ 22.00	48	S/ 1,056.00
2	llaves termomagnetica de 3x32 amp	UND	S/ 79.90	2	S/ 159.80
2	maccho p/tubo npt 3/8 black cross	UND	S/ 15.25	3	S/ 45.75
45	malla zaranda	M	S/ 3.31	5	S/ 16.55
18	oring 4x36	UND	S/ 3.39	21	S/ 71.19
8	oring termoresistente	UND	S/ 5.09	6	S/ 30.51
400	pernos socket allen	UND	S/ 1.20	330	S/ 396.00
2	pulsadores parada de emergencia 40mm	UND	S/ 68.00	2	S/ 136.00
2	resistencia media luna para cabezal de linea 4	UND	S/ 560.00	8	S/ 4,480.00
1	resistencia t/media luna 520x50	UND	S/ 62.00	8	S/ 496.00
2	resistencia tipo banda en aluminio	UND	S/ 45.00	8	S/ 360.00
1	resistencia tipo media luna de 400x80 de 2000w	UND	S/ 145.00	8	S/ 1,160.00
12	reten 38x62x11	UND	S/ 10.17	14	S/ 142.38
8	reten hidraulico 20x28x4	UND	S/ 15.25	4	S/ 61.00
12	retenes limpiadores de 20 mm	UND	S/ 16.95	5	S/ 84.75
2	rodaje rigido	UND	S/ 23.40	12	S/ 280.80
1	rodaje rigido para extrusora	UND	S/ 79.50	2	S/ 159.00
4	rodamientos rigido de hilo	UND	S/ 18.00	2	S/ 36.00
8	sierra circular 5007nk 7 1/4"	UND	S/ 600.00	2	S/ 1,200.00
20	teflon 70 mm	UND	S/ 4.50	7	S/ 31.50
2	temporizador digital 48x48	UND	S/ 59.32	2	S/ 118.64
4	termocupla tipo k con seguro rotativo de bronce	UND	S/ 52.00	18	S/ 936.00
50	trapo industrial	KG	S/ 6.50	150	S/ 975.00
2	tub (bosina) diferente medida	UND	S/ 12.71	3	S/ 38.13
TOTAL				819	S/ 19,197.92

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4

Check list de orden y limpieza

Tabla 89

Check list de orden y limpieza

ASPECTOS	SI	NO	Observaciones
Los pisos y pasadizos se encuentran bien señalizados y libres de obstáculos			
Las cajas y armarios de herramientas están ordenados			
Hay un correcto apilamiento de materiales			
Son correctos los recipientes de almacenamiento			
Se cuenta con señalización			
Hay acumulación de polvo			
Se cuenta con los medios para realizar un correcto almacenamiento (andamios, etc.)			
Se aplica el principio de un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar			
Están ordenadas los materiales de acuerdo al tipo			
Los materiales e insumos están clasificados de acuerdo a su compatibilidad y separados en ambientes adecuados			
Área libre de derrames			
Los ambientes se encuentran bien identificados y señalizados			
Los cables, toma corrientes y enchufes se encuentran ordenados y protegidos adecuadamente			
Disponen de los suficientes tachos de basura de acuerdo al código y se ubican estratégicamente			
Los insumos tóxicos, inflamables, corrosivos, explosivos, ácidos, disponen del nombre, rombo de seguridad y se cuenta con las hojas MSDS en el área			

Fuente: Elaboración propia