

“MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA
CONFIABILIDAD (RCM) EN MÁQUINAS
DAKOTA NC-7100 PARA INCREMENTAR LA
PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE
PROCESAMIENTO DE BILLETES EN UNA
EMPRESA DE TRASLADO Y CUSTODIA DE
VALORES, TRUJILLO, 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Edbherg Bladimir Pintado Campos

Raul Enrique Obregon Kuratomi

Asesor:

Ing. Miguel Ángel Rodríguez Alza

<https://orcid.org/0000-0002-1939-5343>

Trujillo - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Ing. Cesar Enrique Santos Gonzales	41458690
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Ing. Luis Alfredo Mantilla Rodríguez	18066188
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Ing. Julio Cesar Cubas Rodríguez	17864776
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) EN MÁQUINAS DAKOTA NC-7100 PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE PROCESAMIENTO DE BILLETES EN UNA EMPRESA DE TRASLADO Y CUSTODIA DE VALORES, TR

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

4%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

3

www.scribd.com

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

DEDICATORIA

El presente estudio principalmente está dedicado a Dios, por darnos sabiduría y fuerza para cumplir nuestros anhelos.

A nuestros padres, por su amor, sacrificio durante estos años y por su apoyo incondicional.

A cada una de las personas que han proporcionado su apoyo en la realización de este trabajo y, especialmente a aquellas que compartieron sus conocimientos para culminar con éxito.

AGRADECIMIENTO

Agradecer la ayuda que muchas personas nos han proporcionado durante esta investigación. Primeramente, agradecer a nuestros padres, así como a nuestro asesor, por habernos orientado en todos los momentos que necesitamos.

Tabla de contenido

Jurado evaluador.....	2
Informe de similitud.....	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento.....	5
Tabla De Contenido.....	6
Índice De Tablas.....	7
Índice De Figuras.....	8
Resumen.....	9
Capítulo I: Introducción.....	10
Capítulo II: Metodología.....	27
Capítulo III: Resultados.....	30
Capítulo IV: Discusión y conclusiones.....	58
Referencias.....	64
Anexos.....	67

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Análisis de modos y efectos falla (AMEF)</i>	23
Tabla 2 <i>Mala calidad de fallas en las máquinas DAKOTA NC – 7100</i>	33
Tabla 3 <i>Frecuencia de ocurrencia</i>	36
Tabla 4 <i>Reporte de disponibilidad y rendimiento, mayo 2021– MÁQUINA DAKOTA NC - 7100</i>	38
Tabla 5 <i>Reporte de disponibilidad y rendimiento, junio 2021– MÁQUINA DAKOTA NC – 7100</i>	39
Tabla 6 <i>Reporte de disponibilidad y rendimiento, julio 2021– MÁQUINA DAKOTA NC – 7100</i>	40
Tabla 7 <i>Análisis de la criticidad del equipo</i>	43
Tabla 8 <i>Actividades del proceso de mantenimiento</i>	45
Tabla 9 <i>Hoja de trabajo AMEF</i>	45
Tabla 10 <i>Plan de mantenimiento RCM</i>	47
Tabla 11 <i>Cronograma de mantenimiento RCM</i>	48
Tabla 12 <i>Temas específicos de capacitación</i>	52
Tabla 13 <i>Programa anual de capacitación</i>	53
Tabla 14 <i>Costo del programa de capacitación</i>	54
Tabla 15 <i>Balance económico de la inversión</i>	55
Tabla 16 <i>Datos de entrada para el cálculo de VAN y TIR</i>	55
Tabla 17 <i>Determinación del VANE / TIRE</i>	56

Índice de figuras

Figura 1 <i>Árbol de fallas</i>	18
Figura 2 <i>Fórmulas para determinar la productividad</i>	19
Figura 3 <i>Tiempo medio hasta el fallo (MTTF)</i>	20
Figura 4 <i>Tiempo medio para reparar (MTTR)</i>	21
Figura 5 <i>Disponibilidad</i>	21
Figura 6 <i>Diagrama de entrada- proceso-salida</i>	22
Figura 7 <i>Organigrama de una empresa de traslado y custodia de valores</i>	32
Figura 8 <i>Diagrama de Ishikawa</i>	¡Error! Marcador no definido.
Figura 9 <i>Diagrama PARETO</i>	37
Figura 10 <i>Matriz de criticidad</i>	42
Figura 11 <i>Etapa de capacitación</i>	50
Figura 12 <i>Análisis FODA</i>	51

RESUMEN

La presente indagación en búsqueda de la competitividad y la calidad de los procesos interno buscó incrementar la productividad del área de procesamiento de billetes mediante el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en máquinas DAKOTA NC – 7100 en una empresa de traslado y custodia de valores, Trujillo, 2021. La metodología ostentó un estudio aplicado, no experimental, en donde a través de una entrevista y ficha de observación se consiguieron datos. Los resultados señalaron que, la propuesta de mantenimiento basada en la confiabilidad contó con las siguientes actividades mejoradas con la intención de poder optimizar toda la línea de procesos: identificación de la máquina de acuerdo con el plan de mantenimiento y la ejecución del mantenimiento, en donde los modos de falla fueron el problema con el sensor fluorescente, el problema con el sensor de alimentación y el problema con el sensor apilador. Mientras que, se concluyó que, el VAN obtenido fue de S/44614.47 nuevos soles, el valor de TIR fue de 52.53%, el valor del B/C fue de 1.09, en donde el tiempo de recuperación se encontró conformado por 1 año con 9 meses y 4 días.

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), Productividad.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En cuanto a la **realidad problemática** internacional, se puede establecer que el RCM o bien conocido como Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, llega a tener sus inicios en los años 50, en donde las estadísticas mundiales de accidentes aéreos generaron que los vuelos comerciales se hayan puesto en duda, a consecuencia de la serie de fallas que estos podían presentar en diferentes tiempos de vuelo. Asimismo, es que la solución inmediata que se intentó buscar, no solo se encontró centrada en la detección de los elementos que contaban con desgastes considerables, sino en tener un procedimiento determinado que haya permitido evaluar el número de accidentes que ocurrían y la zona de falla que era afectada. Ante ello, es que el método expuesto no sólo reformó el área de la aviación, sino que generó afectaciones positivas en cuanto a las estrategias y al enfoque de mantenimiento, tal y como se conoce (Espín, 2018).

De esta misma forma, es que las empresas se han encontrado conformadas por diferentes componentes, entre los cuales se halla los equipos, las edificaciones y las instalaciones, en donde se puede llegar a producir una serie de degradaciones no solo en la disponibilidad de máquinas, sino en la posibilidad de que se incurra en afectaciones relacionadas con el aumento del costo por mantenimiento o en el riesgo de seguridad que esto puede generar para los operarios, lo que conlleva a que se requiera de procesos de mantenimiento bien definidos, en donde se pueda generar una línea de producción libre de pérdidas económicas, promoviendo en todo momento a la reparación, el tiempo de producción y la producción (Mejía, 2017).

En la realidad peruana, la producción no solo suele ser considerada como un elemento en primer plano, sino que esta corresponde a requerir de una secuencia de

procesos que tienen que ser desarrollados de forma oportuna y bien programados, con la intención de que se cuente con información fidedigna que permite tomar apropiadas decisiones dentro de la línea de producción, en donde los registros históricos llegan a contar con un papel fundamental, a consecuencia de requerir de la obtención de información relacionada con el plan de mantenimiento programado, la información de presencia de fallas, frecuencia de fallas o tiempos de demora en los elementos mecánicos. Todo ello, es considerado como un elemento de complementariedad que genere una buena gestión de mantenimiento (Prado, 2018).

Asimismo, es que la problemática que se ha centrado en los tiempos improductivos no solo suele traer como consecuencia una mala calidad del trabajo, sino que la confiabilidad de los procesos en general tiende a verse involucrada de forma directa, en donde las garantías de respuesta que son ofrecidas por la organización ante un requerimiento llegan a generar que se evidencie una falta de stock y que, por ende, se alcancen pérdidas económicas. Por este motivo, es que las organizaciones que cuentan con diferentes elementos mecánicos no solo tienen que contar con una adecuada gestión de estos mismos, sino que se tienen que reconocer las tareas primordiales y aumentar la confiabilidad operacional, mediante la implementación de procedimientos de control y mantenimiento (Luján, 2020).

A consecuencia de la creciente demanda del dólar en la actualidad; así como, la moneda nacional peruana, es que se puede contar con un requerimiento mayoritario de acciones por parte de empresas de transporte y manejo de dinero, en donde las operaciones en el centro de procesamiento de una empresa de traslado y custodia de valores incrementaron a consecuencia de lo expresado. Por ese motivo, es que se ha incrementado de forma consecuente, lo que refiere al uso de equipos para el procesamiento de dinero, en donde ha traído como consecuencia directa la ocurrencia de

fallas frecuentes, relacionadas con los equipos contadores de dinero, conllevando a que sus componentes se desgasten con facilidad hasta el punto de poder dañarse sin que haya una solución oportuna al corto plazo. También cabe destacar que la fabricación de estos equipos no es en el país, lo que genera que la compra de repuestos y de nuevos equipos, no solo sea una tarea complicada, sino que se cuente con variaciones de costos significativos.

Sin embargo, no todo se le puede dejar al alto uso que se hace de estos equipos, sino que se tiene que tener en cuenta la mala manipulación que se desarrolla por el personal, lo que conlleva a que se requiere de la incorporación de planes de mantenimiento activos y con una necesidad preponderante de que esto pueda verse reflejado en la productividad de una empresa de traslado y custodia de valores en Trujillo, la cual cuenta con un equipo técnico especializado, pero carece de un plan de mantenimiento preventivo, el cual pueda llegar a controlar la inoperatividad de más del 25% de los equipos con los que se cuenta. Adicional a ello, es que no se puede dejar de lado el hecho de que la empresa realiza las correcciones de los equipos, pero no se cuenta con un proceso de prevenciones efectivas, a pesar de que la empresa lleva un control de mantenimiento en las tareas, a través de un monitoreo basada en un reporte diario de estatus de equipos, lo que significa que, identificar si el equipo está operativo o inoperativo, esta acción efectuada por el técnico del área de procesamiento.

En cuanto a la **justificación** de la investigación, se puede señalar que, la investigación se centrará en la posibilidad de contar con la demostración de que un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad RCM permitirá contar con mejoras en la productividad, a consecuencia de que las organización analizada no solo requiere de ofrecer un servicio de alta calidad, con una respuesta rápida, sino que se tiene que considerar la existencia de reformas significativas dentro de su línea de procesos, con la

intención de reducir la incidencia de fallas dentro de las máquinas DAKOTA NC – 7100, las cuales llegan a ser muy empleadas en el proceso de contabilización de dinero, muy aparte de que la compra de una nueva; así como, de cualquiera de sus componentes, resulta ser complicado y costos, al tener que importar cualquiera de ellos.

Desde una perspectiva metodológica, es que la investigación contará con el empleo de instrumentos para recabar datos validados, los cuales puedan garantizar la calidad de los datos recolectados, con la intención de poder elaborar un plan de mantenimiento que permita garantizar un beneficio en el área productiva de la organización, mediante la reducción de daños de equipos.

Mientras que, desde la justificación socio económica, es que el procesamiento de dinero es una labor que requiere de sumo cuidado, alto control, alta calidad y gran precisión, a consecuencia de que los clientes que contratan los servicios de la empresa buscan todos los puntos mencionados anteriormente, al ser un mercado de alta competencia, en donde la seguridad aumenta el prestigio de marca y de forma consecuente, el nivel de competitividad local y regional.

Así mismo, desde una perspectiva técnica, la investigación contará con el empleo de la ya comprobada metodología RCM y metodología AMEF, en donde se podrá incurrir no sólo en la identificación de las causas, los factores y la identificación de eventos comunes, sino que se podrá incorporar una serie de premisas que garanticen con un nivel de confiabilidad alto, la productividad del área de procesamiento de billetes.

Ante la exposición realizada, se ha contado con los siguientes **antecedentes** de la investigación:

Espín (2018), Ecuador, se planteó como objetivo, desarrollar un plan de mantenimiento a fin de acrecentar la confiabilidad de las herramientas pertenecientes al

área húmeda y de acabados de la empresa Tenería Díaz. Desarrolló una metodología descriptiva, aplicada, donde el objeto de estudio el análisis de criticidad y AMEF de 24 máquinas, por medio de la guía de observación se consiguió información. Los resultados expusieron que, las condiciones en las que se encontraron las máquinas evaluadas no solo han sido de alta peligrosidad, sino que se ha incurrido en el hecho de que estas han estado en una condición final de gravedad, en donde no se ha seguido una metodología determinada para poder evaluar la ocurrencia y la detección de las fallas. Mientras que, se concluyó que, mediante la implementación del nuevo sistema, no sólo accedió a la detección de fallas, sino además accedió que se analicen 48 subsistemas de alto riesgo y 4 sistemas de reducción, con un total de 5 máquinas con condiciones de criticidad elevadas.

Rivera (2018), Chile, se formuló como objetivo, el desarrollar un plan de mantenimiento que se halle sustentado en la confiabilidad de la maquinaria de un molino de una localidad. La metodología fue experimental y descriptivo, 60 unidades integraron la muestra, a través de fichas documentales se adquirió información. Los resultados ostentaron que, la criticidad de los equipos en el área de producción, no solo contaron con mermas en el rendimiento de estos mismos, sino que más del 23% se encontró en mal estado, como para no poder usarse al corto y mediano plazo. Así mismo, se concluyó que, el diagrama de decisión del RCM ha buscado la integración de todos los procesos dentro del marco de trabajo estratégico y estructura, en donde la respuesta de mantenimiento directo fue la de la mejora del nivel de rendimiento de los equipos, en más del 45%.

Riquelme (2018), Chile, en su estudio formuló como objetivo, crear un plan de mantenimiento fundado en la confiabilidad para que se inserten cepillos técnicos a una máquina. La metodología ostentó un estudio aplicado, descriptivo, por medio de fichas documentales se consiguió datos, en base a normativa legal vigente y normativa técnica

para definir el plan de mantenimiento. Los resultados señalaron que, las fallas que caracterizaron a la máquina en estudio fueron los siguientes: falta de funcionamiento, desperfecto y falta de precisión, en donde estos no solo generaron graves errores en la línea de procesos, sino que conllevaron a que la producción se haya visto mermada en más del 34%. Así mismo, se concluyó que el mantenimiento correctivo que se empleó correspondió a contar con ahorros de 98 892.068 mil dólares, representando el 79% de los costos totales del RCM.

Prado (2018), Lima, se planteó como objetivo general, el examinar la aplicación del RCM para optimizar la gestión de mantenimiento de la compañía industrial del papel S.A. La metodología trabajó un estudio experimental, aplicado, 20 semanas de evaluación constituyó la muestra, se trabajó con una guía de observación para recabar datos. Los resultados demostraron que, la confiabilidad operacional que se alcanzó ha sido de 29.46 horas / fallo, en donde se contó con un indicador de mantenibilidad de tiempo de reparación de un promedio de 0.94 horas / reparación. Así mismo, se concluyó que, la disponibilidad de insumo se incrementó en un 96.80%, se pudo alcanzar un incremento del índice de mantenimiento programado en un 90.20% y se consiguió una optimización en la gestión de mantenimiento del 87.34%.

Luján (2020), Lima, se planteó como objetivo principal, el analizar la aplicación de la RCM, en donde se haya permitido la medición de los efectos en la disponibilidad de maquinaria de soldadura en una empresa. La metodología ostentó un estudio no experimental, aplicado, los procesos desarrollados integraron la muestra, mediante la ficha de observación se consiguió datos. Los resultados expusieron que, las condiciones de operatividad de la maquinaria con la que se contó fueron del 89%, en donde se han encontrado pérdidas de tiempo relacionadas con la incidencia de fallas. Mientras que, se concluyó que, el 84.40% de disponibilidad de la maquinaria aumentó a consecuencia de

haber reducido los tiempos de reparación de estas mismas en un promedio de 790 horas; mientras que, la cantidad de falla se redujo en más del 67.90%.

Mejía (2017), Chiclayo, se planteó como objetivo general, el realizar una propuesta de un RCM para la mejora de la productividad de una empresa de transportes. Se desarrolló un estudio cuasi experimental, básico, 98 unidades conformaron la muestra, por medio de una guía de observación se adquirió datos. Los resultados señalaron que, las fallas que se han generado en los últimos 10 meses fueron de 98 paradas de vehículos, las cuales han generado una pérdida de productividad de más de 199 horas de transporte, en donde estas pérdidas económicas se han encontrado valorizadas en S/79 600.00 nuevos soles. Así mismo, se concluyó que de acuerdo con el análisis AMEF que se realizó, se mejoró el sistema al obtener una disponibilidad del 16% más y un aumento de productividad de más del 7% en el ámbito de estudio, contando con un ahorro significativo de S/27 387.46 soles anualmente.

Geldres (2018), Trujillo, se planteó como objetivo principal, el desarrollar un plan de RCM en la industria peruana. La metodología trabajó un estudio no experimental, a través de fichas documentales de obtuvo datos, 15 documentos técnicos de los últimos 10 años conformaron la muestra. Los resultados demostraron que, las organizaciones que han contado con alta dotación de activos no solo requieren de un serio y eficaz plan de mantenimiento, sino que se debe de incurrir en la inversión a corto y mediano plazo, con la finalidad de poder contar con equipos y maquinaria que puedan mantener de forma activa, las estrategias de mantenimiento que permitan acrecentar la productividad de área. Así mismo, se concluyó que, la implementación de un plan de RCM ha incrementado la secuencia logística del área de producción, generando de forma consecuente un mayor nivel de efectividad en los procesos en los que se ha incurrido.

Calderón (2020), Trujillo, se planteó como objetivo principal, implementar un plan de mantenimiento que se haya centralizado en la fiabilidad y la reducción de costos operativos sobre una compañía manufacturera. Se desarrolló una metodología no experimental, aplicada, 23 máquinas conformaron la muestra, se consiguió datos a través de la observación. Los resultados ostentaron que, las pérdidas con las que contó la empresa, a consecuencia de una carencia de un plan de mantenimiento, fueron de S/113 954.00 nuevos soles. Así mismo, se concluyó que la disponibilidad de la máquina pre moldeadora del talón fue del 96.99%, de la máquina armadora de lados fue del 97.03% y de la máquina armadora de puntas fue del 95.71%, en donde se contó con una efectividad de la propuesta de más del 47%.

Mientras que, las **bases teóricas** que se han tomado en cuenta fueron las siguientes:

De acuerdo al **mantenimiento**, este puede ser considerado como el conjunto de actividades que tienen que ser realizadas para cualquier procedimiento de instalación y de conformación de las actividades de los equipos, con la finalidad de que se pueda contar con la corrección o la prevención de fallas, en donde se puede buscar los errores que pueden llegar a incurrir, siendo estos propios de los elementos diseñados y basándose en sus características, con la intención de que se pueda conservar tanto a la maquinaria y los equipos; así como, la maximización de la disponibilidad (Paprocka, 2018).

Además de ello, es que se tiene que mantener la finalidad de poder conseguir una efectividad máxima respecto al funcionamiento reflejado por el sistema productivo y de servicio, con el menor grado de contaminación posible, teniendo como objetivos a los siguientes puntos: la optimización referente a la disponibilidad de los equipos y de las instalaciones de producción; minimizar los costos derivados de las paradas de producción que han ocasionado deficiencias sobre el mantenimiento de las herramientas, a través de

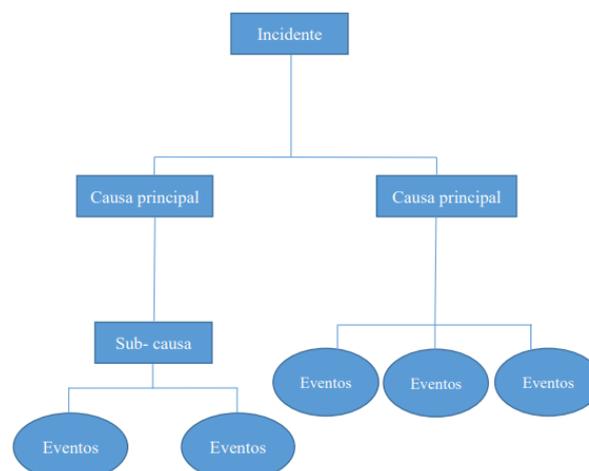
la aplicación concerniente a procesos de evaluación y análisis de errores; así como, acrecentar la vida útil de los equipos que son considerados dentro de la línea de procesos (Gala et al., 2019).

En relación con las **fallas**, estas son consideradas como cualquier cambio que se realiza de la función normal de un elemento, en donde se puede contar con la posibilidad de que todo equipo tiene que diseñarse en base a la posibilidad de brindar servicios que tendrían que contar con especificaciones de diseño deseables, en donde estos son construidos en base a la instalación de un bien en cuestión, teniendo que conformar el bien comprendido como árbol de fallas (Gala et al., 2019).

Para este caso, se puede exponer a la conformación de herramientas de alta excelencia para poder corregir y localizar a las fallas, en donde se tiende a emplear a la metodología o análisis AMEF, el cual tiene el objetivo general de poder identificar con una posibilidad de confiabilidad mayoritaria, a las diferentes causas que caracterizan a una determinada falla, en base a determinados modos o factores que conlleven a contar con una máxima contribución, en base a un potencial fallo y la identificación de eventos comunes (Baltimore, 2019).

Figura 1

Árbol de fallas



Nota: Mejía (2017)

Si es que se busca hacer referencia a la **productividad**, esta ha quedado definida como el grado de rendimiento que es empleado, en base a la posibilidad de alcanzar objetivos determinados, en donde se intenta llegar a producir la creación de un determinado bien o artículo, con el menor costo posible, en donde se requiere de hacer uso de los recursos de mayoritaria eficiencia, con la intención de que los recursos primarios de producción puedan ser optimizados en toda la línea de procesos, siendo los tres principales, los siguientes: materiales, hombres, maquinaria, etc. (Riquelme, 2018).

Ante ello, hay tres maneras de acrecentar la productividad: incrementar el producto (bien) y preservar el mismo bien, aminorar el insumo y preservar el mismo producto; así como, incrementar el producto y disminuir el bien simultáneamente, en cuanto a la modificación de forma proporcional, con la intención de poder analizar la variación que se ha mantenido (Geldres, 2018).

Dentro de los métodos de medición de la productividad, se puede exponer que esta no viene a representar una medida acerca de la producción o de la cantidad, sino que tiende a ser considerada como una eficiencia que se expone en base a la combinación de determinados recursos, con la intención de lograr los resultados esperados, llegando a poder emplear a las siguientes fórmulas:

Figura 2

Fórmulas para determinar la productividad

$$Productividad = \frac{Producción}{Insumos}$$

$$Productividad = \frac{Resultados\ logrados}{Recurso\ empleado}$$

Nota: Mejía (2017)

En relación con los **indicadores de mantenimiento**, se puede llegar a contar a la confiabilidad, en donde esta es definida como aquella probabilidad que tiene un equipo de poder funcionar de forma correcta, dentro de un determinado periodo de tiempo, bajo determinadas condiciones operacionales, las cuales pueden aumentar no solo su rendimiento, sino que aumenta la posibilidad de reducir los fallos, en base a la existencia de determinados condicionantes que evalúan al tiempo total concerniente a la operación por máquina, así como el número de fallas totales respecto a cada máquina (Calderón, 2020).

Figura 3

Tiempo medio hasta el fallo (MTTF)

$$MTTF = \frac{\text{Tiempo total de operación por máquina}}{\text{Número de fallas totales por máquina}} = \frac{\sum TTF}{n}$$

Nota: Mejía (2017)

Además de ello, la mantenibilidad representa probabilidad que un equipo presenta o una instalación posterior a un fallo, pueda llegar a ser reparada en un tiempo determinado, siendo medido por el índice MTTR, en donde esta medida de distribución concerniente al tiempo de reparación que requiere un equipo o de un determinado sistema, permite que se mida la efectividad de restituir una serie de unidades de condición de tipo óptima, en cuanto a la unidad de servicio por un fallo ocurrido en un tiempo establecido, donde dentro de este busca la aplicación o uso de un parámetro de medición, el cual acceda a establecer los procedimientos que tienen que ser tomados en cuenta, para que la máquina afectada pueda llegar a funcionar nuevamente (Paprocka, 2018).

Figura 4

Tiempo medio para reparar (MTTR)

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total para restaurar por máquina}}{\text{Número de fallas totales por máquina}} = \frac{\sum TTR}{n}$$

Nota: Mejía (2017)

Así mismo, la disponibilidad es definida como aquella proporción de tiempo que, durante un determinado sistema, ha estado en condiciones para utilizarse, siendo medido en base a la disponibilidad de este en las horas útiles de empleabilidad:

Figura 5

Disponibilidad

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas operativas} - \text{Horas inoperativas}}{\text{Horas operativas}} * 100$$

Nota: Mejía (2017)

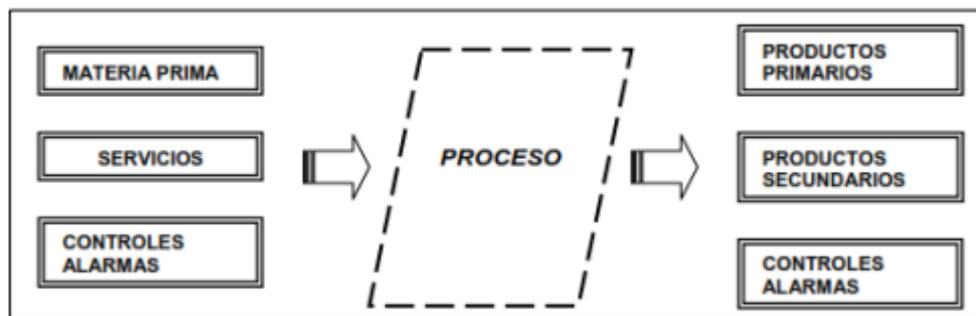
Además, el **mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)**, representa una metodología que suele ser bastante empleada, con la finalidad de que se pueda asegurar cualquier tipo de activo físico, en donde este deberá de contar con una serie de contextos operacionales presentes que tienen que ser evaluados en la mira de poder reconocer no solo las acciones de mantenimiento que tienen que ser realizadas, sino que se cuenta con la respectiva frecuencia de uso de activos importantes dentro del ámbito operacional (Baltimore, 2019).

Para poder contar con una metodología adecuadamente implementada, se tiene que contar con la selección o el establecimiento de siete procesos importantes que tienen que ser definidos, tales como: la función, la falla funcional, el modo de falla, efecto de la falla, así como la consecuencia de la falla, la solución que se puede brindar y qué es lo que se puede hacer si es que no se conoce la falla (Gala et al., 2019).

Por este motivo, es que, dentro de un contexto operacional, se tiene que mantener no solo la facilidad de visualización del diagrama de entrada, sino que se tiene que contar con una serie de salidas principales que forman parte del sistema mismo, en donde se tiene que contar con el cumplimiento del siguiente diagrama:

Figura 6

Diagrama de entrada- proceso-salida



Nota: Mejía (2017)

Así mismo, en relación a las herramientas claves para la aplicación de la RCM, se puede contar al análisis de criticidad, en donde este es considerado como una metodología que permite la identificación y la jerarquización de los procesos, en base a un orden de importancia de activos, en donde la instalación, los recursos humanos, así como los económicos y tecnológicos, requieren de que se pueda contar con la confluencia de estos de forma coordinada y eficiente, en donde se incurre en la consideración de los siguientes criterios de evaluación: 1) la flexibilidad operacional, 2) el impacto de la producción, 3) los costos de mantenimiento, 4) el impacto a la seguridad y al medio ambiente, 4) y la frecuencia de fallas (Riquelme, 2018).

Mientras que, las siguientes expresiones son las que suelen ser más utilizadas dentro del proceso de jerarquización de los sistemas:

$$CTR = FF * C$$

Donde:

CTR: Criticidad total por riesgo

FF: Frecuencia de fallos (rango de fallos en un tiempo determinado)

C: Consecuencias de los eventos de fallos.

En cuanto a ello, es que se puede contar con la consideración de las consecuencias

©, las cuales son obtenidas en base a la expresión siguiente:

$$C = (IO * FO) + CM + SMA$$

Siendo:

IO: Factor de impacto en la producción

FO: Factor de flexibilidad operacional

CM: Factor de costos de mantenimiento

SMA: Factor de impacto a la seguridad y medio ambiente

Mientras que, no se puede dejar de lado al análisis de los modos ni los efectos fallos (AMEF), en donde este busca la optimización de la gestión de mantenimiento en una determinada compañía, dado a que cuenta con la posibilidad de poder responder a los cinco elementos básicos mencionados anteriormente, teniendo como objetivo principal, el contar con dos modos en los mismo se puede fallar dentro de un proceso determinado, en cuanto a la identificación de posibles efectos negativos que tienen que ser registrados en la siguiente hoja de trabajo:

Tabla 1

Análisis de modos y efectos falla (AMEF)

HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA:				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO FALLA
1		A		1		
				2		
				3		

Nota: Mejía (2017)

La definición de las funciones se basa en la selección de un determinado propósito o misión de un activo, con la finalidad de que se pueda contextualizar la operación específica de una determinada máquina. Así mismo, la definición de falla funcional expone que todo fallo puede contar con una ocurrencia no previsible, en donde no se llega a permitir la existencia de un activo al alcance del funcionamiento esperado, dentro del contexto operacional en el que se desempeña. Además, la definición de modos de falla expone la existencia de determinadas causas físicas, las cuales son contabilizadas como modos de falla funcionales, poniendo en evidencia a las causas por las que ha fallado un determinado elemento. Mientras que, el establecimiento de efectos de falla, llegan a ocurrir cuando la falla que se produce puede generar afectaciones en la seguridad humana (Geldres, 2018).

Así mismo, en cuanto a la **productividad** se puede evidenciar que esta tiende a ser considerada como un tema de alta relación en cuanto al sistema productivo, debido a que los recursos que tienden a emplearse dentro del ámbito de producción pueden llegar a definir a los resultados alcanzados en el ámbito laboral, con el tiempo en el que tarda una máquina para poder alcanzarlos. En relación con ello es que el tiempo que una máquina tarda para la realización de una determinada acción es que los resultados y el sistema productivo incurre en la capacidad de poder evaluar un sistema para desarrollar

una determinada acción o bien comprendido como poder contar con la incidencia de un valor agregado (Geldres, 2018).

Además, se puede exponer que la productividad tiene a examinar la capacidad concerniente a un sistema para poder desarrollar servicios en base a un sistema de gestión de calidad que tiene que salvaguardar la compañía, con la intención de que los defectos de calidad no puedan alcanzarse a gran escala y de forma consecuente, poder contar con estándares de producción superiores que generen ahorros de recursos (Geldres, 2018).

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el impacto del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en máquinas DAKOTA NC – 7100 en la productividad del área de procesamiento de billetes en una empresa de traslado y custodia de valores, Trujillo, 2021?

1.3. Objetivos

Objetivo general

Determinar el impacto del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en máquinas DAKOTA NC – 7100 en la productividad del área de procesamiento de billetes en una empresa de traslado y custodia de valores, Trujillo, 2021

Objetivos específicos

1) Diagnosticar los puntos críticos de fallo en máquinas DAKOTA NC - 7100 en el área de procesamiento de billetes en una empresa de traslado y custodia de valores, Trujillo, 2021

2) Desarrollar la propuesta de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en máquinas DAKOTA NC – 7100 para incrementar la productividad del área de procesamiento de billetes en una empresa de traslado y custodia de valores, Trujillo, 2021

3) Evaluar un análisis costo beneficio de la mejora planteada

1.4. Hipótesis

El mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en máquinas DAKOTA NC – 7100 incrementa la productividad del área de procesamiento de billetes en una empresa de traslado y custodia de valores, Trujillo, 2021

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

En relación con el **enfoque de la investigación**, se empleó el enfoque cuantitativo, dado que la totalidad de datos contó con un procesamiento de datos estadístico y numérico, buscando exponer los datos para su posterior interpretación por el investigador. Hernández et al. (2018), conceptualiza a este enfoque cuantitativo, como aquella que recurre a la recolección de datos con la pertinencia de contar con un procesamiento numérico, en miras de que se pueda ofrecer respuesta hacia los objetivos planteados.

Además de ello, se contó con una **investigación de tipo** aplicada, dado a que se ha buscado el diseño del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en máquinas DAKOTA NC – 7100, con la finalidad de poder acrecentar la productividad concerniente al área de procesamiento de billetes en una empresa determinada. Hernández et al. (2018), define a este tipo de investigaciones, como aquella que requiere de detectar un problema determinado, con la intención de que este pueda solucionarse dentro del ámbito situacional analizado, buscando aplicaciones prácticas hacia el conocimiento generado.

Mientras que, se contó con un **diseño** transversal y no experimental, siendo transversal, dado que la consecuencia de que los datos solo se recolectaron en una única oportunidad, en donde estos gozaron de procesamiento estadístico descriptivo. Mientras que, se consideró de diseño no experimental, dado que no se manipularon a las variables examinadas dentro del contexto de desarrollo organizacional de la empresa evaluada (Hernández et al., 2018).

En relación con la **población** de estudio, esta fue representada por las máquinas DAKOTA NC – 7100 que formaron parte de una empresa de traslado y custodia de valores, ubicada en la localidad de Trujillo; así como, los colaboradores del área de mantenimiento de la empresa. Hernández et al. (2018), conceptualiza a la población como

el conjunto de representantes que forman parte de una investigación. Además de ello, se contó con una **muestra** conformada por un total de 12 máquinas DAKOTA NC – 7100 y 2 trabajadores que forman parte del área de mantenimiento de la empresa, siendo esto parte de una muestra no probabilística, debido a que la población se encontró conformada por una cantidad inferior a los 100 representantes. Hernández et al. (2018), conceptualiza a la muestra como el conjunto de elementos que forman parte de la investigación, sobre los que se aplica un determinado instrumento de obtención de datos. Así mismo, se contó con un **muestreo** de tipo intencional, dado a que el investigador se basó en determinados criterios de inclusión y exclusión, los cuales contaron con una fundamentación técnica para la selección del tamaño muestral. Hernández et al. (2018), conceptualiza al muestreo, como aquel conjunto de criterios que fueron adquiridos por el investigador para proceder con la selección de la muestra. Los criterios de inclusión que se tomaron correspondieron a ser los siguientes: Máquinas de tipo DAKOTA NC – 7100 y máquinas que formaron parte de una empresa en estudio. Mientras que, en relación con los criterios de exclusión, se contó con el siguiente: Máquinas a las que no se tuvo acceso.

Además, en concordancia con la **técnica de recolección de datos**, se empleó la observación y la entrevista, en donde Hernández et al. (2018), definen a la observación como aquel proceso que cuanta con una ficha de observación para realizar el proceso de recolección de datos; mientras que, la entrevista requiere del empleo de la guía de entrevista para poder recolectar perspectivas o recomendaciones de persona, relacionadas con el tema tratado. En cuanto al **instrumento de recolección de datos**, se contó con el empleo de la guía de observación, con la finalidad de poder realizar un análisis evaluativo hacia el objeto de estudio; igualmente, se empleó una guía de entrevista que se aplicó hacia los encargados del área de mantenimiento, con la finalidad de que estos ofrezcan una perspectiva acerca de las condiciones y puntos de mejora del actual plan. Hernández

et al. (2018), define a la guía de observación como un conjunto de elementos que son evaluados, en base a ser comprobados por medio de la observación y análisis de un determinado objeto de estudio. Así mismo, la guía de entrevista se encuentra conformada por un conjunto de preguntas que permiten que se pueda exponer el punto de vista sobre un tema específico.

Referente al **procedimiento de recolección de datos**, se contó con el primer contacto con la empresa, en donde se solicitó la autorización para poder observar los desperfectos y analizar la realidad de las máquinas DAKOTA NC – 7100, en donde de forma posterior se aplicó la ficha de observación con la finalidad de detectar las fallas y falencias en productividad en la empresa. Asimismo, se aplicó una guía de entrevista hacia los colaboradores que laboran en el área de mantenimiento, con la finalidad de poder exponer las posibilidades de mejora que se pueden incorporar en el plan de RCM en la presente investigación.

Así mismo, respecto a los **aspectos éticos**, se mostró respeto hacia la totalidad de participantes del estudio, en donde se les ofreció las garantías de autonomía hacia la participación en el presente estudio, respetando en todo momento el criterio de no maleficencia, en donde los fines de la investigación solo fueron investigativos y no se buscó la afectación alguna de la calidad de vida.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

OBJETIVO ESPECÍFICO 1

Diagnóstico de la condición actual

La entidad analizada es una empresa que se ha encargado de trasladar valores, habiendo iniciado sus operaciones en el año 1985, en donde se brinda el servicio de transporte de traslado y custodia de estos valores, en donde los servicios integrales que se ofrecen, corresponden a ser realizado hacia los cajeros automáticos (reabastecimiento de dinero y mantenimiento), herméticas (servicio integral de mensajería corporativa y procesamiento de documentos BPO, logística de canales (administración de diferentes puntos de atención), logística de valores (sector financiero y comercial y sector minero) y custodia especializada de backups.

Además, estos servicios son ofrecidos a nivel nacional mediante su local principal que se ha encontrado ubicado en la ciudad de Lima y contando con 17 sucursales en provincias, permitiendo que los servicios que se ofrecen puedan llegar a diversificarse en la mayor parte del país, principalmente en localidades estratégicas. Además, por el tiempo que se tiene en el mercado, más de 28 años, es que tiende a ser fundamental el mantener la evaluación y garantías de sus procesos, con la intención de contar con un servicio de alta calidad.

Visión: Llegar a reconocerse como los mejores en la administración de riesgos.

Misión: Cuidar el esfuerzo y los ingresos del país.

Pilares: Crecimiento / Excelencia / Integridad / Desarrollo.

Valores:

- Honestidad

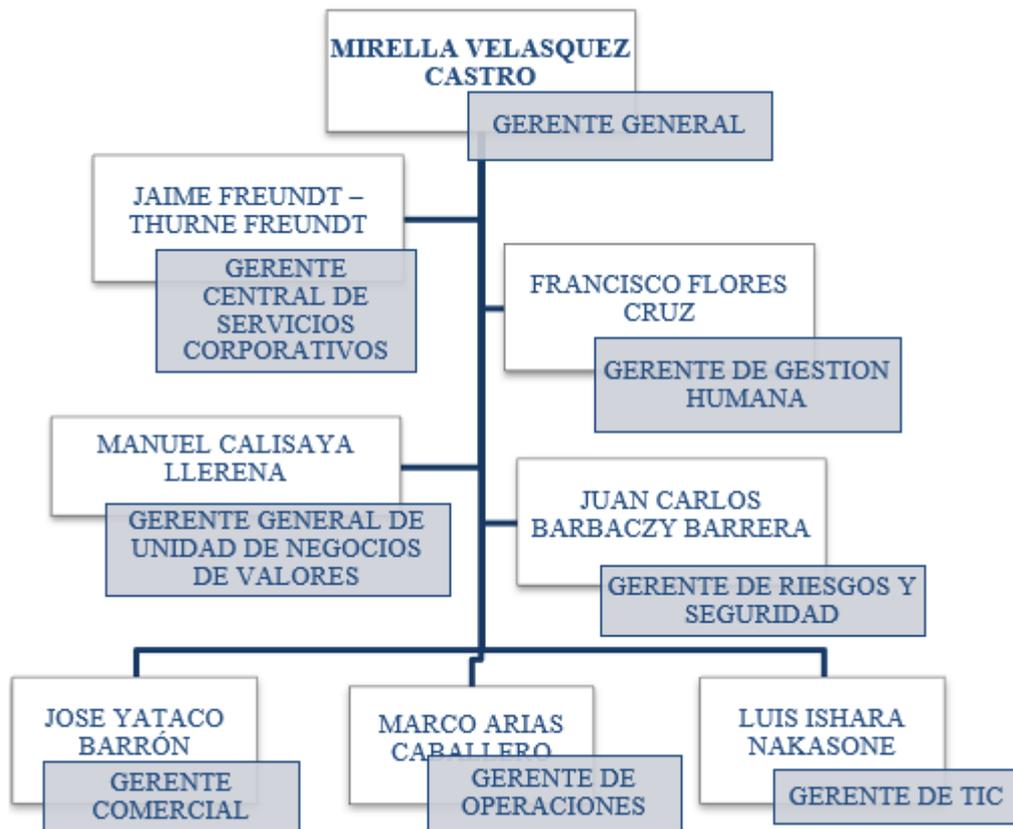
- Respeto
- Disciplina
- Vida
- Responsabilidad social
- Trabajo en equipo
- Orientación al cliente

Organigrama de la empresa

La plana gerencial de una empresa de traslado y custodia de valores se halla compuesta por ejecutivos con experiencia tanto en las operaciones como en el mercado en el cual la organización se desempeña, estos tienen un alrededor de 15 años laborando en la empresa y ratificando la situación de estabilidad respecto a su gobierno corporativo.

Figura 7

Organigrama de una empresa de traslado y custodia de valores



Nota: Información ofrecida por la empresa

A continuación, se efectúa un análisis concerniente a la actual problemática de la organización, en donde la presencia de los defectos sobre el procesamiento de billetes conlleva a que se afecte la calidad de servicio del cliente externo, requiriendo así, la utilización de herramienta causa efecto.

Para este análisis es que se ha tenido que recolectar información relacionada con el personal involucrado en el procesamiento de billetes, en donde los rangos principales de evaluación han sido los detalles de mantenimiento y los requerimientos solicitados para poder mejorar o conformar una propuesta de compensación de mayor calidad.

Tabla 2

Mala calidad de fallas en las máquinas DAKOTA NC – 7100

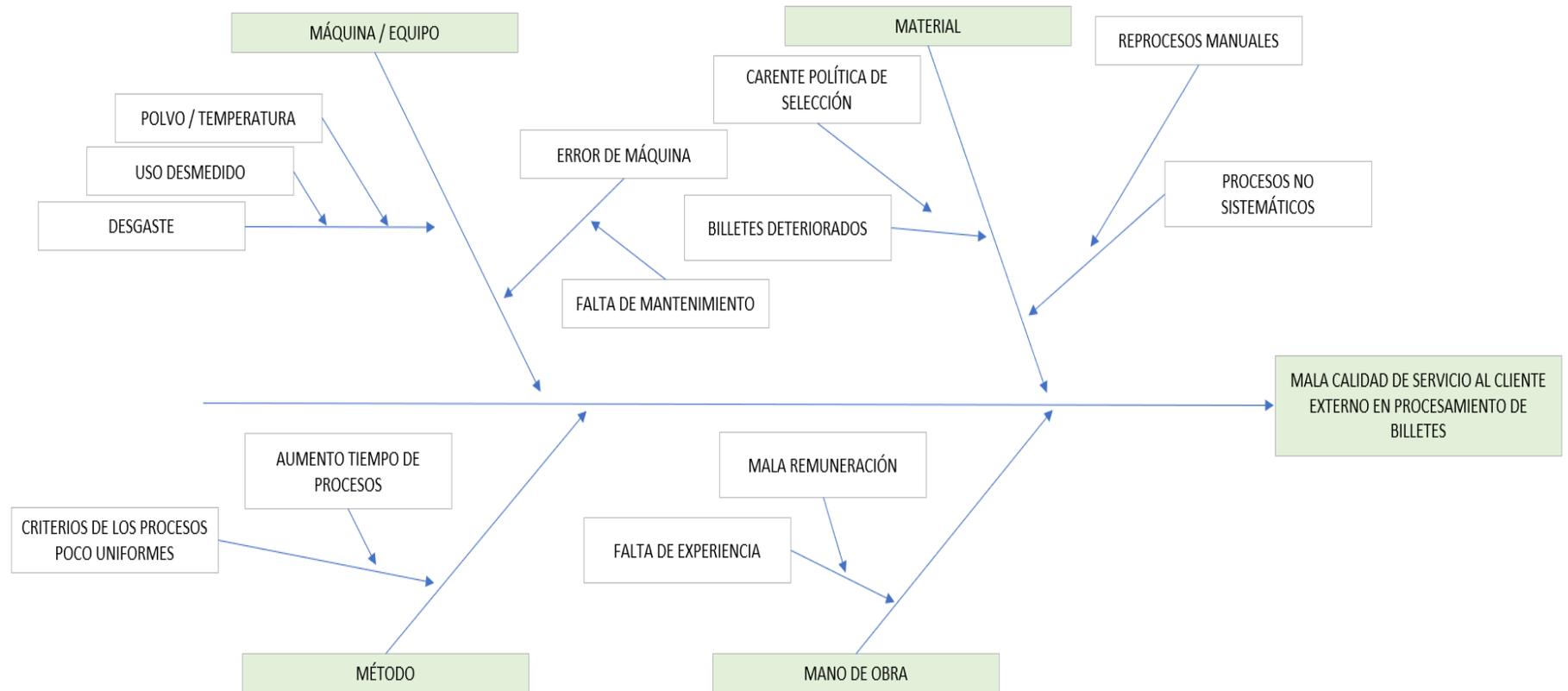
Cargo	Elemento				Detalles
	Máquina / equipo	Mano de obra	Medio ambiente	Materiales	
Personal recontador de billetes	X	X		X	<p>Materiales: Los billetes deteriorados hacen que las máquinas se malogren de forma frecuente y que se requiera de limpiar las mismas, debido a que por la suciedad se genera que el tiempo en los procesos sea retrasado.</p> <p>M.O. / Máq: Existe un mayor riesgo de calidad de reprocesos, a consecuencia de que personal inexperto genere que la mala manipulación de las máquinas pueda afectar el rendimiento de estas.</p>
Personal de encarte		X			<p>M.O.: El personal no se encuentra bien remunerado, en donde algunos representantes del personal procesan los billetes saltando algunos pasos o procedimientos, con la finalidad de poder producir más.</p>
Supervisor de sala	X	X	X		<p>Maq: Alto índice de fallas, generando un mayor nivel de rechazo y mala clasificación.</p> <p>Maq: Alto índice de fallas, generando un mayor nivel de rechazo y una mala clasificación.</p> <p>M.O.: Existe personal que, por el poco pago, baja su rendimiento o no toma en cuenta algunos procedimientos recomendados por el personal de mantenimiento.</p> <p>M.A.: Falta de política uniforme para la selección de los billetes en buen estado y separación de los billetes con mal estado.</p>
Asistente de calidad	X	X			<p>M.O.: El personal de conteo mutila los billetes debido al mal uso que se tiene de los fajos de billetes, no verificando estos antes de colocarlos a las máquinas.</p> <p>Máq.: No se ajustan a los requerimientos de sala.</p>
Monitor de sala	X	X			<p>Máq.: Muchos errores en las máquinas.</p> <p>M.O.: Falta mayor participación y concientización de limpieza básica de las máquinas; así como, el buen uso.</p>
Supervisor de mantenimiento	X	X			<p>Máq.: Falta mejor atención en la calidad de los procesos de mantenimiento preventivo.</p> <p>Máq.: Falta mejor atención en la calidad de los procesos de mantenimiento preventivo.</p>

					M.O.: Falta capacitación para poder mejorar la calidad de los trabajos de mantenimiento.
Jefe de mantenimiento		X	X		Máq.: Las máquinas son poco fiables, generando que existan demasiados rechazos.
o					M.O.: Mejora el know-how, falta mejor inducción al personal para el buen uso de las máquinas

Después de haber considerado una perspectiva oportuna por parte del personal de la empresa analizada, acerca de la productividad de la máquina DAKOTA NC – 7100 y su relación con el procesamiento de billetes, es que se contará con la exposición del diagrama causa efecto.

Figura 8

Diagrama de Ishikawa



Luego de haber realizado el análisis tanto de las causas como de los efectos, es que se determinarán las causas y las sub-causas que tienen que tratarse, con la intención de poder ofrecer solución al problema presentado. Sin embargo, en cuanto a ello es que se tiene que mantener el establecimiento de criterios concernientes a acciones inmediatas que puedan servir a largo plazo, con la finalidad de poder determinar la complejidad de las estrategias de implementación.

A continuación, se expone el conjunto de causas con valoraciones de frecuencia encontradas:

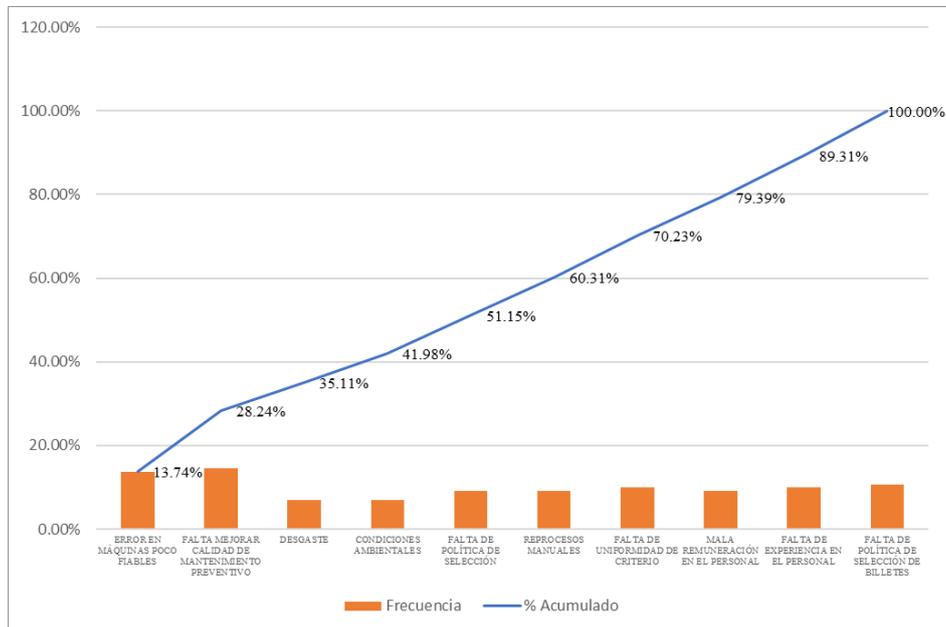
Tabla 3

Frecuencia de ocurrencia

	F	S/ Nuevos soles	% Individual	% Acumulado
Error en máquinas poco fiables	18	S/ 3,600.00	13.74%	13.74%
Falta mejorar calidad de mantenimiento preventivo	19	S/ 3,800.00	14.50%	28.24%
Desgaste	9	S/ 1,800.00	6.87%	35.11%
Condiciones ambientales	9	S/ 1,800.00	6.87%	41.98%
Falta de política de selección	12	S/ 2,400.00	9.16%	51.15%
Reprocesos manuales	12	S/ 2,400.00	9.16%	60.31%
Falta de uniformidad de criterio	13	S/ 2,600.00	9.92%	70.23%
Mala remuneración en el personal	12	S/ 2,400.00	9.16%	79.39%
Falta de experiencia en el personal	13	S/ 2,600.00	9.92%	89.31%
Falta de política de selección de billetes	14	S/ 2,800.00	10.69%	100.00%
	13		100.00%	
	1			

Figura 9

Diagrama PARETO



En cuanto al análisis de los indicadores de mantenimiento, se han podido establecer las siguientes características de mantenibilidad, calidad, disponibilidad y productividad.

Para la detección de los problemas de mantenimiento y fallas, es que se ha realizado una evaluación en la empresa por un total de tres meses, con la intención de establecer las horas en las que los equipos se encontraron en plena falla de funcionamiento, contando con las siguientes condiciones:

Tabla 4
Reporte de disponibilidad y rendimiento, mayo 2021– MÁQUINA DAKOTA NC - 7100

Mayo										
Máquina Dakota NC - 7100										
Tiempo planificado (Horas)	Tiempo operativo (Horas)	Nº Averías	Confianza	Tiempo de averías	Tiempo funcionando (horas)	Paradas no previstas (horas)	Mantenibilidad (MTTR)	Calidad (C)	Disponibilidad (D)	Productividad (P)
24	7.0	3.0	2.3	17.0	6.2	1.8	5.7	71%	29%	89%
24	5.0	2.0	2.5	19.0	4.4	1.1	9.5	75%	21%	88%
24	14.0	1.0	14.0	10.0	12.2	1.2	10.0	90%	58%	87%
24	11.0	2.0	5.5	13.0	9.5	3.1	6.5	67%	46%	86%
24	9.0	4.0	2.3	15.0	7.2	1.2	3.8	83%	38%	80%
24	16.0	4.0	4.0	8.0	13.6	2.5	2.0	82%	67%	85%
24	19.0	4.0	4.8	5.0	16.0	1.4	1.3	91%	79%	84%
24	1.0	1.0	1.0	23.0	0.8	0.7	23.0	12%	4%	83%
24	16.0	2.0	8.0	8.0	13.3	3.1	4.0	77%	67%	83%
24	6.0	1.0	6.0	18.0	5.0	1.1	18.0	78%	25%	83%
24	6.0	3.0	2.0	18.0	5.0	1.0	6.0	80%	25%	83%
24	8.0	2.0	4.0	16.0	6.6	2.4	8.0	64%	33%	83%
24	8.0	3.0	2.7	16.0	6.6	1.7	5.3	74%	33%	83%
24	11.0	3.0	3.7	13.0	9.1	1.8	4.3	80%	46%	83%
24	12.0	2.0	6.0	12.0	10.0	3.0	6.0	70%	50%	83%
24	18.0	4.0	4.5	6.0	14.9	2.3	1.5	85%	75%	83%
24	8.0	2.0	4.0	16.0	6.6	1.6	8.0	76%	33%	83%
24	13.0	3.0	4.3	11.0	10.8	1.7	3.7	84%	54%	83%
24	7.0	1.0	7.0	17.0	5.7	2.2	17.0	62%	29%	82%
24	16.0	4.0	4.0	8.0	14.2	1.7	2.0	88%	67%	89%
24	7.0	1.0	7.0	17.0	6.2	1.9	17.0	69%	29%	88%
24	3.0	4.0	0.8	21.0	2.6	2.5	5.3	4%	13%	87%
24	5.0	1.0	5.0	19.0	4.3	2.9	19.0	33%	21%	86%
24	10.0	1.0	10.0	14.0	8.0	2.5	14.0	69%	42%	80%
24	23.0	3.0	7.7	1.0	19.6	3.2	0.3	84%	96%	85%
24	13.0	4.0	3.3	11.0	10.9	1.3	2.8	88%	54%	84%
24	4.0	4.0	1.0	20.0	3.3	1.8	5.0	46%	17%	83%
24	19.0	2.0	9.5	5.0	15.6	3.2	2.5	79%	79%	82%
24	10.0	1.0	10.0	14.0	8.1	2.7	14.0	67%	42%	81%
24	5.0	3.0	1.7	19.0	4.1	2.9	6.3	28%	21%	81%
24	20.0	3.0	6.7	4.0	16.2	2.5	1.3	85%	83%	81%
			5.0				7.5	69%	44%	84%

Según el reporte analizado evidencia que la “MÁQUINA DAKOTA NC - 7100”, en el periodo “Mayo – 2021”, presentó una disponibilidad del 44%, reflejando que la productividad de la máquina fue sólo 84% en su periodo operativo. Así mismo, cabe señalar que la mantenibilidad (MTTR) presentó un promedio de 7.5 horas y la confiabilidad (MTBF) aproximadamente 5.0 horas.

Asimismo, su calidad equivalente al 69%, a causa de las paradas directamente concernientes con la hora del almuerzo, las capacitaciones del personal, el cambio de turnos, entre otros aspectos, los cuales que no fueron optimizados ni corregidos por el área de gestión de procesos.

Tabla 5

Reporte de disponibilidad y rendimiento, junio 2021– MÁQUINA DAKOTA NC – 7100

JUNIO MÁQUINA DAKOTA NC - 7100										
Tiem po planif icado (Hora s)	Tiem po oper ativo (Hor as)	Nº Ave rías	Confia bilidad	Tie mpo de aver ías	Tiemp o funcio nando (horas)	Para das no prev istas (hor as)	Manteni bilidad (MTTR)	Cali dad (C)	Disponi bilidad (D)	Product ividad (P)
24	12.0	3.0	4.0	12.0	10.7	1.1	4.0	90%	50%	89%
24	2.0	1.0	2.0	22.0	1.8	1.7	22.0	6%	8%	88%
24	7.0	4.0	1.8	17.0	6.1	1.2	4.3	80%	29%	87%
24	15.0	1.0	15.0	9.0	12.9	2.6	9.0	80%	63%	86%
24	7.0	4.0	1.8	17.0	5.6	1.9	4.3	66%	29%	80%
24	3.0	2.0	1.5	21.0	2.6	2.4	10.5	6%	13%	85%
24	19.0	3.0	6.3	5.0	16.0	2.0	1.7	87%	79%	84%
24	6.0	1.0	6.0	18.0	5.0	1.7	18.0	66%	25%	83%
24	13.0	2.0	6.5	11.0	10.8	1.5	5.5	86%	54%	83%
24	10.0	4.0	2.5	14.0	8.3	1.8	3.5	78%	42%	83%
24	10.0	4.0	2.5	14.0	8.3	3.2	3.5	61%	42%	83%
24	16.0	2.0	8.0	8.0	13.3	1.1	4.0	92%	67%	83%
24	7.0	3.0	2.3	17.0	5.8	1.7	5.7	71%	29%	83%
24	15.0	1.0	15.0	9.0	12.5	1.3	9.0	90%	63%	83%
24	17.0	3.0	5.7	7.0	14.1	3.0	2.3	79%	71%	83%
24	9.0	4.0	2.3	15.0	7.5	1.5	3.8	80%	38%	83%
24	14.0	4.0	3.5	10.0	11.8	2.7	2.5	77%	58%	84%
24	14.0	2.0	7.0	10.0	11.6	2.7	5.0	77%	58%	83%
24	3.0	3.0	1.0	21.0	2.5	1.7	7.0	31%	13%	82%
24	1.0	3.0	0.3	23.0	0.9	0.8	7.7	11%	4%	89%
24	5.0	2.0	2.5	19.0	4.4	2.5	9.5	43%	21%	88%
24	7.0	1.0	7.0	17.0	6.1	1.8	17.0	70%	29%	87%
24	6.0	4.0	1.5	18.0	5.2	1.4	4.5	73%	25%	86%
24	13.0	4.0	3.3	11.0	10.4	2.0	2.8	81%	54%	80%
24	23.0	1.0	23.0	1.0	19.6	3.1	1.0	84%	96%	85%
24	7.0	4.0	1.8	17.0	5.9	2.8	4.3	52%	29%	84%
24	6.0	2.0	3.0	18.0	5.0	2.1	9.0	58%	25%	83%
24	5.0	2.0	2.5	19.0	4.1	2.5	9.5	39%	21%	82%
24	20.0	4.0	5.0	4.0	16.2	1.5	1.0	91%	83%	81%
24	21.0	1.0	21.0	3.0	17.0	1.5	3.0	91%	88%	81%
			5.5				6.5	67%	43%	84%

Según los reportes de la “MÁQUINA DAKOTA NC - 7100”, respecto al periodo “Junio – 2021”, reflejó una disponibilidad del 43%, mostrando una productividad sólo

del 84% durante su tiempo operativo. Además, respecto a la MTTR presentó un promedio de 6.5 horas y la confiabilidad (MTBF) cerca de 5.5 horas.

Igualmente, respecto a su calidad fue del 67%, a causa de las paradas durante la hora del almuerzo, las capacitaciones del capital humano, el cambio de turnos, entre otros aspectos no corregidos por el área de gestión de procesos.

Tabla 6

Reporte de disponibilidad y rendimiento, julio 2021– MÁQUINA DAKOTA NC – 7100

JULIO MÁQUINA DAKOTA NC - 7100										
Tiempo planificado (Horas)	Tiempo operativo (Horas)	Nº Averías	Confiabilidad	Tiempo de averías	Tiempo funcionando (horas)	Paradas previstas (horas)	Mantenibilidad (MTTR)	Calidad (C)	Disponibilidad (D)	Productividad (P)
24	20.0	3.0	6.7	4.0	17.8	1.7	1.3	90%	83%	89%
24	23.0	2.0	11.5	1.0	20.2	1.3	0.5	94%	96%	88%
24	4.0	4.0	1.0	20.0	3.5	2.4	5.0	31%	17%	87%
24	1.0	1.0	1.0	23.0	0.8	0.7	23.0	12%	4%	83%
24	14.0	4.0	3.5	10.0	11.6	1.4	2.5	88%	58%	83%
24	16.0	3.0	5.3	8.0	13.3	2.0	2.7	85%	67%	83%
24	15.0	1.0	15.0	9.0	12.5	2.4	9.0	81%	63%	83%
24	16.0	1.0	16.0	8.0	13.3	2.7	8.0	80%	67%	83%
24	17.0	4.0	4.3	7.0	14.1	1.1	1.8	92%	71%	83%
24	10.0	4.0	2.5	14.0	8.3	3.2	3.5	61%	42%	83%
24	14.0	4.0	3.5	10.0	11.6	1.1	2.5	91%	58%	83%
24	13.0	2.0	6.5	11.0	10.8	1.8	5.5	83%	54%	83%
24	18.0	1.0	18.0	6.0	14.9	1.3	6.0	91%	75%	83%
24	22.0	2.0	11.0	2.0	18.3	3.2	1.0	82%	92%	83%
24	13.0	3.0	4.3	11.0	10.8	3.0	3.7	72%	54%	83%
24	1.0	3.0	0.3	23.0	0.8	0.7	7.7	12%	4%	83%
24	18.0	3.0	6.0	6.0	14.9	3.1	2.0	79%	75%	83%
24	19.0	3.0	6.3	5.0	15.8	2.3	1.7	85%	79%	83%
24	6.0	1.0	6.0	18.0	5.0	1.5	18.0	70%	25%	83%
24	11.0	1.0	11.0	13.0	9.1	2.5	13.0	73%	46%	83%
24	6.0	1.0	6.0	18.0	5.0	1.6	18.0	68%	25%	83%
24	20.0	3.0	6.7	4.0	17.4	2.2	1.3	87%	83%	87%
24	17.0	3.0	5.7	7.0	14.6	2.8	2.3	81%	71%	86%
24	15.0	2.0	7.5	9.0	12.0	3.0	4.5	75%	63%	80%
24	8.0	3.0	2.7	16.0	6.8	2.9	5.3	57%	33%	85%
24	12.0	2.0	6.0	12.0	10.1	2.9	6.0	71%	50%	84%
24	13.0	2.0	6.5	11.0	10.8	2.2	5.5	80%	54%	83%
24	4.0	3.0	1.3	20.0	3.3	1.8	6.7	45%	17%	82%
24	10.0	4.0	2.5	14.0	8.1	1.1	3.5	86%	42%	81%
24	7.0	4.0	1.8	17.0	5.7	1.7	4.3	70%	29%	81%
24	22.0	3.0	7.3	2.0	17.8	1.5	0.7	92%	92%	81%
			6.2				5.7	73%	54%	83%

Según el reporte analizado reflejó que la “MÁQUINA DAKOTA NC - 7100”, en el periodo “Julio – 2021”, presentó una disponibilidad del 54%, evidenciando que su productividad equivalió sólo al 83% durante su operatividad. Así mismo, respecto a su MTTR presentó un promedio de 5.7 horas y la confiabilidad (MTBF) 6.2 horas.

Referente a su calidad, esta fue del 73%, dado a las paradas durante la hora de almuerzo, las capacitaciones del capital humano, los cambios de turno, entre otros aspectos no corregidos por el área de gestión de procesos.

OBJETIVO ESPECÍFICO 2

Elaboración del plan de mantenimiento

A continuación, se presenta el análisis de la criticidad con la finalidad de poder identificar y establecer la jerarquía que llegan a tener los activos físicos, en cuanto a la importancia del impacto y la importancia de los equipos críticos y en estado semi crítico, con la intención de poder facilitar la toma de decisiones y realizar el análisis AMEF.

Criticidad total= Frecuencia de falla x Consecuencia

Frecuencia= Número de fallas en un tiempo determinado

Consecuencia= (Impacto a la producción x flexibilidad operacional) + costo

Mtto + impacto SMH.

Figura 10

Matriz de criticidad

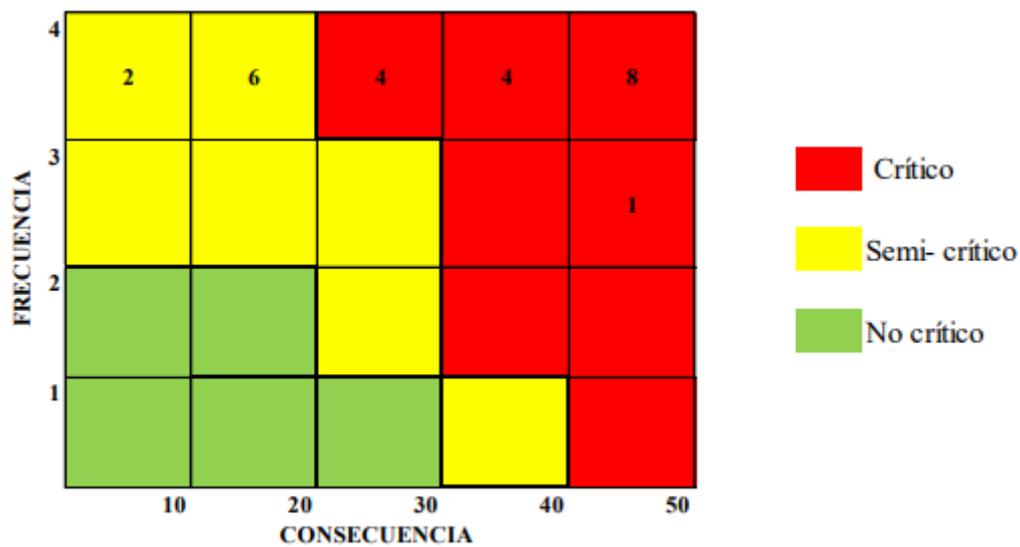


Tabla 7
Análisis de la criticidad del equipo

	DAKOTA NC - 7100
Frecuencia de falla	4
Impacto a la producción	5
Flexibilidad operacional	1
Costos de mantenimiento	1
Impacto a seguridad y medio ambiente	6
Consecuencia	12
Total	48
Jerarquización	Alta

En cuanto al análisis de criticidad, se puede exponer que la frecuencia de fallas del equipo evaluado ha superado las 2 anuales, en donde esto se ha convertido no solo en un problema importante, sino que ha tenido que ver directamente con el hecho de que se ha llegado a afectar a la productividad de área. Así mismo, es que el impacto en la producción ha sido superior al 75%, debido a que la finalidad de este dispositivo ha tenido que ver directamente con el conteo de los billetes dentro del área de trabajo, realizando este procedimiento en todo momento a raíz de que se manejan cantidades de dinero sumamente importantes y cuantiosas.

Mientras que, para el caso de la flexibilidad operacional, no se ha llegado a contar con unidades de reserva para poder cubrir la producción, debido a que este tipo de máquinas tienden a traerse del extranjero y el periodo de respuesta supera al mes de solicitud. Mientras que, los costos de mantenimiento, dependiendo del tipo de falla que se tiene, es que no se ha superado el valor de 3000 unidades monetarias. Además de ello, es que no existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni de afectación hacia la salud o daños al medio ambiente.

Plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento que se está pensando desarrollar con la finalidad de contar con una mayor disponibilidad de los equipos, mejorar la confiabilidad de la

productividad de área; así como, la reducción respecto a las pérdidas económicas causadas por las paradas de producción. Por lo que este plan describe el conjunto de actividades de mantenimiento a desarrollar, en donde el periodo en el que se tiene que ejecutar estas actividades, tiene que mantener la consideración del desarrollo del trabajo, la condición de la máquina y el tiempo en realizar alguna actividad.

Para las actividades: Se consideró a la hoja de decisión RCM, en la cual se describen las tareas que contrarresten las fallas acontecidas en el análisis AMEF. Además de ello, se consideró las diferentes opiniones de los mismos operarios y técnicos respecto a los equipos y con las fallas de estos.

Para el periodo: Se ha calculado el tiempo medio de falla (MTTF), de los componentes con la finalidad de poder saber cuándo una falla puede ocurrir y de forma consiguiente, poder contrarrestar la falla con anticipación. Así mismo, también se consideró la experiencia del técnico para fijar el periodo de intervención del equipo.

Personal responsable de la tarea: Se consideró la operación a efectuar, respecto al profesional responsable, tanto como electricista o como mecánico.

Para las horas de ejecución: Se consideró la experiencia del técnico mecánico así como la del electricista, demostrando en ello el tiempo que se toma para poder realizar la operación de reparación.

Cronograma de mantenimiento

Este representa una herramienta que permite la realización de forma planificada y organizada respecto a las labores de revisión e intervención de la maquinaria, obteniendo un conjunto de acciones de mantenimiento que se puedan dar dentro de los tiempos establecidos y oportunos, en donde se cuente con la minimización de daños en la

maquinaria, para que se pueda incurrir en la minimización de afectaciones de la producción y que se pueda evitar esto, si es que se realizan las debidas prevenciones.

Tabla 8

Actividades del proceso de mantenimiento

N ^o	Actividad	Min	Tipo de actividad	Tipo de desperdicio
1	Identificación de la máquina de acuerdo con el plan de mantenimiento	5	Agregar valor	
2	Definir si el mantenimiento es preventivo o es correctivo	1	No agregar valor	Espera
3	Desplazamiento del personal de mantenimiento hacia la sala de procesamiento	13	No agregar valor	Movimiento
4	Esperar a la liberación de la máquina	60	No agregar valor	Espera
5	Trasladar la máquina hacia el taller de mantenimiento	10	No agregar valor	Espera
6	Generar orden de mantenimiento	3	No agregar valor	Espera
7	Definir al ejecutor del mantenimiento	1	No agregar valor	Espera
8	Diagnóstico	40	No agregar valor	Espera
9	Gestionar el despacho de los repuestos de almacén	35	No agregar valor	Espera
10	Gestionar la orden de compra o la garantía	300	No agregar valor	Espera
11	Ejecución del mantenimiento	30	Agregar valor	Espera
12	Realización de pruebas	45	No agregar valor	Espera
13	Trasladar la máquina a la sala	10	No agregar valor	Movimiento
14	Registro en el sistema de mantenimiento	10	No agregar valor	Espera
	Total	563		

De forma posterior a la caracterización del diagrama de procesos expuesto anteriormente, es que se puede contar con la siguiente hoja de trabajo AMEF:

Tabla 9

Hoja de trabajo AMEF

Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
Contabilización de billetes	Se cuenta con problemas relacionados con el conteo de los billetes	Problema con el sensor fluorescente Problema con el sensor de alimentación Problema con el sensor apilador	Los billetes no son adecuadamente contados, lo que genera desajustes en el sistema de contabilización.

Una vez explicada la existencia de las diferentes fallas en las que se puede incurrir a consecuencia del uso cotidiano de las máquinas, se puede contar con el siguiente plan de mantenimiento:

Tabla 10

Plan de mantenimiento RCM

Equipo	Actividad	Trabajo para realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo aproximado de trabajo	Observaciones
Máquina DAKOTA NC – 7100	Limpiar el sensor fluorescente, sensor de alimentación y sensor apilador	Limpiar		Cepillo de limpieza	Semanal	Personal de mantenimiento	Máquina parada	5 min	Los sensores tienen que limpiarse de forma constante para evitar la acumulación de polvo
	Evaluación mecánica del funcionamiento de la máquina contadora de dinero	Cambio	Trapo industrial		Mensual	Personal de mantenimiento	Máquina parada	30 min	Se recomienda abrir con cuidado la máquina para poder evaluar el desgaste o la posible avería de algún componente mecánico interno

Tabla 11

Cronograma de mantenimiento RCM

Acti vida d	E				F				M				A				M				J				J				A				S				O				N				D							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
Lim piar el sens or fluor esce nte, sens or de alim entac ión y sens or apila dor Eval uaci ón mecá nica del funci ona mien to de la máq uina	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
					M				M				M				M				M				M				M				M				M				M				M							

cont
ador
a de
diner
o

Programa de capacitación

Objetivo

- Incrementar la productividad del personal del área de procesamiento de billetes en una empresa de traslado y custodia de valores.

General

- Fortalecer el desempeño de los colaboradores del área
- Maximizar los conocimientos del personal frente a las actividades del área
- Potenciar el compromiso laboral del personal del área

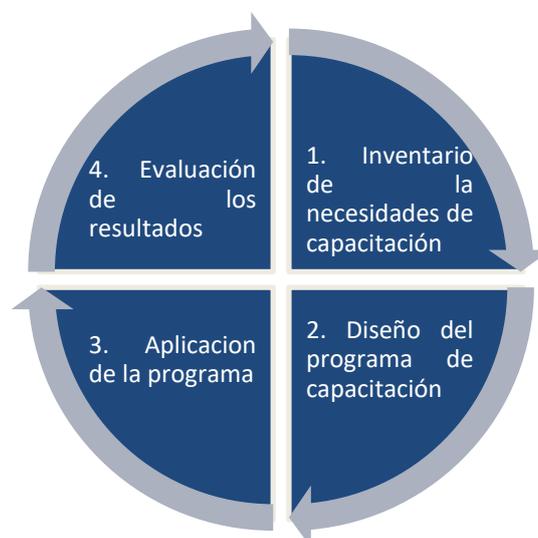
Plan de capacitación del mantenimiento

Este plan se desarrollará con el propósito de que el personal a cargo del desarrollo de las actividades en el área de procesamiento de billetes, como son: limpiar el sensor fluorescente, sensor de alimentación y sensor apilador; cuenten con el conocimiento oportuno para reforzar y amplificar su desempeño.

Para el desarrollo de este programa de capacitación se tuvo en cuenta el siguiente plan:

Figura 11

Etapa de capacitación



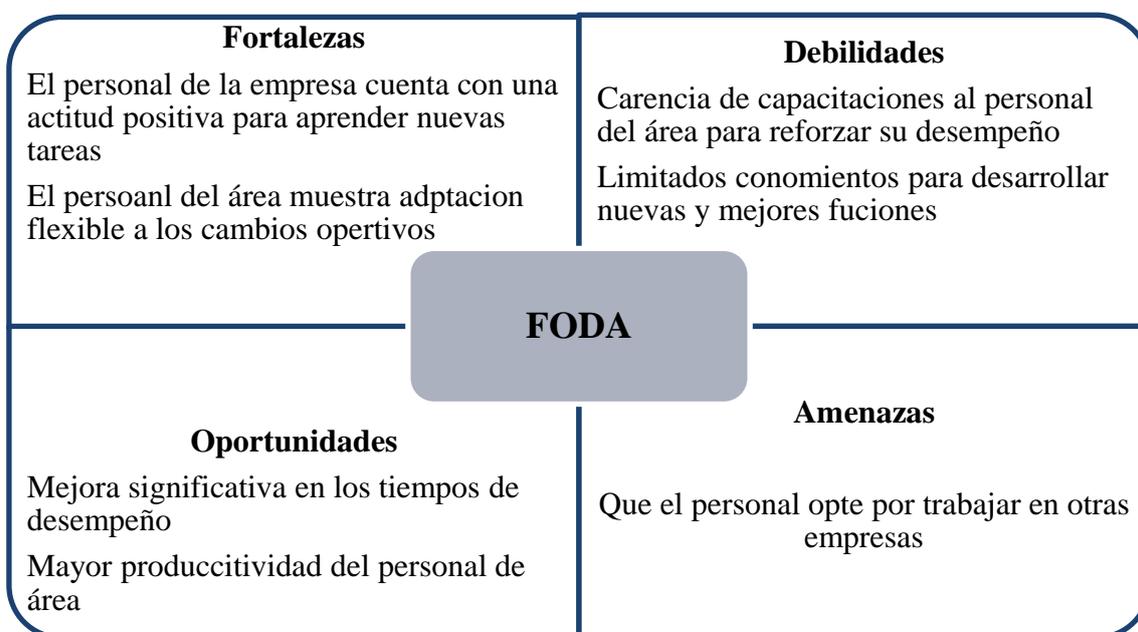
Desarrollo:

Etapa 1:

Para comenzar este proceso, es importante desarrollar un FODA a fin de tener una idea más clara acerca de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, que el personal del área de procesamiento de billetes de la empresa de traslado y custodia de valores vienen presentando, y frente a ello, diseñar una capacitación con las temáticas y acciones correspondientes.

Figura 12

Análisis FODA



Etapa 2:

En esta segunda etapa se basa en el diseño de la capacitación; para ello se elaboró una lista de los temas y actividades que se requieren desarrollar en la capacitación, ello a partir de las necesidades que se identificaron en la primera etapa. Esta capacitación estará a cargo de profesionales externos, con experiencia en el área de procesamiento de billetes y aspectos concernientes a los procesos que se realizan en dicha área, además estará dirigida a los operarios del área antes mencionada.

Tabla 12
Temas específicos de capacitación

Ítem	Temas	Objetivos	Actividades
1	Introducción sobre la importancia del Mantenimiento Confiabilidad (RCM) Procedimiento		Capacitación en Mantenimiento Confiabilidad (RCM) al personal
2	estandarizado de las funciones en el área	- Desarrollar un aprendizaje óptimo de sus funciones	Capacitación en estandarización de funciones en el procesamiento de billetes
3	Limpieza e inspección de las máquinas y sus componentes	- Incrementar la productividad del personal	Capacitación y talleres en limpieza e inspección de las máquinas
4	Limpieza, uso y manejo del sensor fluorescente	- Potenciar sus habilidades frente a sus funciones	Capacitación en limpieza, uso y manejo del sensor fluorescente
5	Limpieza y manejo sensor de alimentación	- Optimizar sus conocimientos	Capacitación en limpieza y manejo sensor de alimentación
6	Limpieza, uso y manejo del sensor apilador	- Maximizar su desempeño	Capacitación en limpieza, uso y manejo del sensor apilador
7	Plan de contingencia ante posibles fallas en los procesos		Crear y desarrollar un plan de contingencia ante posibles fallas en los procesos
8	Productividad, eficacia y eficiencia en el área		Capacitación en productividad, eficacia y eficiencia en el área

Etapa 3:

Esta etapa consiste en elaborar el plan de capacitación anual, en concordancia a los temas y objetivos designados; así como el tiempo y la inversión correspondiente para cada uno.

Tabla 13

Programa anual de capacitación

N°	Temas	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	N° de veces al año	Tiempo (horas)
1	Introducción sobre la importancia del Mantenimiento Confiabilidad (RCM)				X					X				2	1 h.
2	Procedimiento estandarizado de las funciones en el área	X						X						2	1h/30min
3	Limpieza e inspección de las máquinas y sus componentes		X			X				X				3	1h/30min
4	Limpieza, uso y manejo del sensor fluorescente			X			X		X			X		3	1h/30min
5	Limpieza y manejo sensor de alimentación		X				X				X			3	1h/30min
6	Limpieza, uso y manejo del sensor apilador			X					X			X		3	1h/30min
7	Plan de contingencia ante posibles fallas en los procesos		X					X						2	1 h.
8	Productividad, eficacia y eficiencia en el área	X			X			X			X			4	1 h.

Tabla 14

Costo del programa de capacitación

Tema	Costo de capacitación	Veces al año	Costo total
Introducción sobre la importancia del mantenimiento de la confiabilidad (RCM) del procedimiento estandarizado de las funciones en el área	S/ 250.00	2	S/ 500.00
Limpieza e inspección de las máquinas y sus componentes	S/ 400.00	3	S/ 1200.00
Limpieza, uso y manejo del sensor fluorescente	S/ 400.00	3	S/ 1,200.00
Limpieza y manejo sensor de alimentación	S/ 400.00	3	S/ 1,200.00
Limpieza, uso y manejo del sensor apilador	S/ 400.00	3	S/ 1,200.00
Plan de contingencia ante posibles fallas en los procesos	S/ 250.00	2	S/ 250.00
Productividad, eficacia y eficiencia en el área	S/ 250.00	4	S/ 1000.00
Costo final			S/ 6,950.00

Etapa 4:

Las evaluaciones se desarrollan por un responsable del área establecida por la empresa, conforme se desarrollen los temas de capacitación.

OBJETIVO ESPECÍFICO 3

Análisis económico financiero

Tabla 15

Balance económico de la inversión

Periodo	0	1
Ingresos	1900	236000
Venta (ahorro)		240000
Valor residual activos fijos		4000
Valor residual capital de trabajo	2000	
Egresos	26350	217217.5
Inversión:	26350	
Tangibles	24350	
Intangibles	0	
Capital de trabajo	2000	
Depreciación tangibles		1217.5
Amortización intangible		0
Costos directos (gasto pre)		216000
Costos indirectos		0
Gastos operativos	0	216000
Flujo neto antes de impto.	-24450	18782.5
Impto. (28%)		5259.1
Flujo económico	-24450	13523.4
Depreciación	0	1217.5
Amortización	0	0
Flujo de caja económico	-24450	13523.4

Se puede señalar que, desde el primer año de haber puesto el mantenimiento preventivo, se espera obtener regalías positivas de valor S/ 13 523.40.

Tabla 16

Datos de entrada para el cálculo de VAN y TIR

COK	1.12%	0.0112	Costo de oportunidad
ra	2.99%	0.0299	Tasa de interés anual activa
R	2.41%	0.0241	Tasa de riesgo
Ka	0.5		Proporción de la inversión financiada por terceros
Kp	0.5		Proporción de la inversión financiada con aporte propio
t	28.00%	0.2800	Impuesto a la renta
dF	0.028414		Tasa de descuento económico
dF	2.84%		

dE	0.0326	Tasa de descuento financiero
dE	3.26%	

Tabla 17

Determinación del VANE / TIRE

VANE	S/ 44614.47	nuevos soles					
TIRE	52.53%						
B/CE	1.09						

Año	Unidad	Proyecto	Recuperación	Prc	Años	Meses	Días
	Nuevo sol	-S/ 24450.00	-S/ 24450.00				
1	Nuevo sol	S/ 13523.40	-S/ 10926.60	1.76	1.00	9.00	4.00
2	Nuevo sol	S/ 14387.40	S/ 3460.80				
3	Nuevo sol	S/ 15294.60	S/ 18755.40				
4	Nuevo sol	S/ 16247.16	S/ 35002.56				
5	Nuevo sol	S/ 17247.35	S/ 52249.91				

El valor actual neto (VAN) nos permitirá actualizar lo que respecta a los cobros y pagos del proyecto de inversión privada para el proyecto, en la mira de conocer si la con la inversión se perderá o ganará. Para ello, se tomó la tasa de descuento económica explícita en el punto anterior, obteniendo del proyecto un resultado un positivo con un VAN de S/ 44 614.47 el cual refleja las ganancias descontadas de los egresos y la inversión total de ingresos. Por ello, se evidencia que el proyecto se considera económicamente viable.

La Tasa Interna de Retorno(TIR) se encarga de que el VAN sea igual cero, buscando que el TIR resulte ser mayor a la tasa mínima de retorno, en la mira de corroborar que el proyecto sea factible. En este caso, la TIR es mayor que la tasa de descuento económica, equivalente al 52.53% respaldando la viabilidad del proyecto.

La TIR se encarga de hacer que el VAN sea igual cero, en búsqueda que el TIR resulte ser mayor a la tasa mínima de retorno, en la mira de comprobar que el proyecto sea factible. En este caso, la TIR es mayor que la tasa de descuento económica, obteniendo un 2.84% corroborando la viabilidad del proyecto

Para la relación B/C financiero se consideró el valor presente de los ingresos y egresos, reflejando un resultado de 1.09 y como es mayor a uno, el proyecto es financieramente rentable, es decir; por cada dólar que se invierta se gana 0.09 dólares.

El tiempo requerido para recuperar el capital es de 1 años 9 mes con 4 días

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión

En cuanto al objetivo que establece la necesidad de diagnosticar los puntos críticos de fallo, se estableció en la indagación cuatro puntos elementales de evaluación, siendo estos los siguientes: la máquina / equipo, el material, el método y la mano de obra, en donde los puntos críticos de evaluación estuvieron enmarcados principalmente por la necesidad de mejora de la calidad del mantenimiento, con la intención de que se pueda reducir el índice de error en las máquinas, lo que ha conllevado a que estas puedan ser poco fiables. Así mismo, Espín (2018) señaló que las condiciones en las que se encontraron las máquinas analizadas en su indagación no sólo expusieron una necesidad de preponderante de incurrir en la mejora y desarrollo de una propuesta de alto impacto, sino que el área de mantenimiento tuvo que desarrollar una serie de estrategias de reduzcan el impacto económico que este tipo de fallos generó, en donde más de 48 unidades de evaluación se vieron afectadas por una carencia en la programación en la prevención de errores. Además de ello, no se puede dejar de lado a los siguientes problemas encontrados en el objeto de estudio: la falta de política de selección de billetes, la falta de personal con experiencia o la mala remuneración que se ha tenido por estos mismos, lo que generó que no se cuente con un criterio específico para la selección y colocación de billetes dentro de la máquina DAKOTA NC – 7100, en donde la representación fue superior al 9.00% de incidencia. Mientras que, Rivera (2018) expuso que el rendimiento de los equipos afectados puede llegar a generar más del 45% menos de productividad dentro del área de producción en organizaciones que dependen significativamente del trabajo que han realizado las máquinas.

Además de ello, para el caso del desarrollo de la propuesta de mantenimiento misma, la evaluación que se realizó de las máquinas DAKOTA NC – 7100 fue negativa

mediante la consideración de cinco indicadores sumamente importantes para la evaluación de este tipo de condiciones, tales como: la confiabilidad, la calidad, la mantenibilidad, la disponibilidad y la productividad, en donde la evaluación fue realizada por tres meses consecutivos, exponiendo con ello que, el reporte analizado ha expuesto que el “MÁQUINA DAKOTA NC - 7100”, en el periodo “Mayo – 2021”, presentó un disponibilidad del 44%, reflejando que su productividad fue sólo del 84% durante su operatividad. Así mismo, la MTTR presentó un promedio de 7.5 horas y la confiabilidad (MTBF) 5.0 horas. Igualmente, la calidad fue del 69%, debido a las paradas concerniente con la hora del almuerzo, las capacitaciones del capital humano, el cambio de turnos y otros aspectos no corregidos por el área de gestión de procesos. Autores como Riquelme (2018) señalaron que la validación de indicadores de rendimiento y productividad, permiten que se pueda reducir hasta en un 34% la carencia de productividad de las máquinas, en donde los ahorros que se encontraron dentro del ámbito de evaluación estuvieron en el orden de 98 892.068 mil dólares, representando el 79% de los costos totales del RCM.

Mientras que, la aplicación del programa de mantenimiento fue observado por un mes entero, en donde se obtuvieron los siguientes resultados: el reporte analizado ha expuesto que el “Máquina DAKOTA NC - 7100”, en el periodo “Octubre – 2021” reflejó disponibilidad del 86%, y su productividad en su tiempo de operatividad fue del 90%. Así mismo, respecto a su MTTR presentó un promedio de 1.6 horas y la confiabilidad (MTBF) 10.9 horas. Como mejoras dentro de la línea de procesos, se optimizaron los tiempos y se redujeron las paradas no previstas, adquiriendo valoraciones de calidad del 88%. Ante la aplicación de soluciones prácticas, se pudo contar con que Prado (2018) alcanzó optimizaciones del 96.80% en la disponibilidad, mediante un 90.20% de

cumplimiento del índice de mantenimiento programado, con una mejora en la gestión del mantenimiento del 87.34%.

Así mismo, se estableció que, La Tasa Interna de Retorno(TIR) se encarga de que el VAN sea igual cero, buscando que el TIR resulte ser mayor a la tasa mínima de retorno, en la mira de corroborar que el proyecto sea factible. En este caso, la TIR es mayor que la tasa de descuento económica, equivalente al 52.53% respaldando la viabilidad del proyecto. La TIR se encarga de hacer que el VAN sea igual cero, en búsqueda que el TIR resulte ser mayor a la tasa mínima de retorno, en la mira de comprobar que el proyecto sea factible. En este caso, la TIR es mayor que la tasa de descuento económica, obteniendo un 2.84% corroborando la viabilidad del proyecto. Para la relación B/C financiero se consideró el valor presente de los ingresos y egresos, reflejando un resultado de 1.09 y como es mayor a uno, el proyecto es financieramente rentable, es decir; por cada dólar que se invierta se gana 0.09 dólares. De igual forma, Mejía (2017), señaló que de acuerdo con el análisis AMEF que se realizó, se mejoró el sistema al obtener una disponibilidad del 16% más y un aumento de productividad de más del 7% en el ámbito de estudio, contando con un ahorro significativo de S/27 387.46 soles anualmente.

Conclusiones

Se concluyó que, la propuesta de mantenimiento basada en la confiabilidad contó con las siguientes actividades mejoradas con la intención de poder optimizar toda la línea de procesos: identificación de la máquina de acuerdo con el plan de mantenimiento y la ejecución del mantenimiento, en donde los modos de falla fueron el problema con el sensor fluorescente, el problema con el sensor de alimentación y el problema con el sensor apilador.

Además, en relación con las fallas más representativas dentro del ámbito de estudio, se encontraron presentes el desgaste, el error de máquinas, el uso desmedido de la máquina, el rechazo por el mal proceso y la presencia de polvo, viéndose complementado por una falta de política de selección, trayendo como consecuencia de la presencia de billetes deteriorados que han generado afectaciones en los procesos manuales, para lo cual la falta de calidad en el mantenimiento preventivo contó con una representación del 14.50%, el error en las máquinas con una representación del 13.74% y la falta de política de selección de billetes con una representación del 10.69%.

Así mismo, la evaluación del test realizado durante el mes de mayo del 2021 contó con una disponibilidad del 44% y su productividad fue sólo un 84% durante su operatividad. Así mismo, la mantenibilidad (MTTR) presentó un promedio de 7.5 horas y la confiabilidad (MTBF) de 5.0 horas. Además de ello, se expone una calidad del 69%, dado a las paradas concernientes a la hora del almuerzo, las capacitaciones de los colaboradores, el cambio de turnos y otros aspectos no corregidos por el área de gestión de procesos. A consecuencia de la aplicación de la mejora en la gestión del mantenimiento, se evidenció que en el mes de agosto se ha contado con una disponibilidad del 86%, en donde la productividad de esta máquina ha sido de sólo 90% durante el tiempo que se ha encontrado operativo. Así mismo, cabe señalar que la mantenibilidad

(MTTR) ha contado con un promedio de 1.6 horas y la confiabilidad (MTBF) contó con un promedio de 10.9 horas. A consecuencia de mejoras dentro de la línea de procesos, se optimizaron los tiempos y se redujeron las paradas no previstas, alcanzando valoraciones de calidad del 88%.

Se concluyó respecto al análisis económico de la propuesta que, el VAN obtenido fue de S/44614.47 nuevos soles, el valor de TIR fue de 52.53%, el valor del B/C fue de 1.09, en donde el tiempo de recuperación se encontró conformado por 1 año con 9 meses y 4 días.

Recomendaciones

Se recomienda a demás empresas dentro del rubro analizado, el de aplicar la propuesta de mejora del mantenimiento centrado en la confiabilidad, con la finalidad de poder establecer la optimización dentro sus procesos productivos y reducir la incidencia de fallas.

Además, se recomienda a demás investigadores, determinar mediante un análisis correlacional, el valor de significatividad de las fallas de mayor representación dentro del proceso productivo, con la finalidad de realizar garantizar la alta efectividad de las propuestas establecidas.

Mientras que, se recomienda a la empresa, el aumentar el periodo de evaluación de la efectividad de la propuesta, con la intención de mejorar la evaluación que se tiene del grado de confiabilidad en las estrategias de mantenimiento enmarcadas en el estudio.

Así mismo, se recomienda a la empresa, el evaluar el posible financiamiento de la incorporación de la propuesta valorada, con la intención de que se establezca la determinación de factores económicos como VANF, TIRF o B/C financiero.

REFERENCIAS

- Baltimore, M. (2019). *A capstone submitted to Johns Hopkins University in conformity with the requirements for the degree of Master of Science in Government Analytics* [Informe de pregrado]. Universidad de Baltimore.
<https://jscholarship.library.jhu.edu/bitstream/handle/1774.2/61897/Battle,%20M%20aria.pdf?sequence=1>
- Calderón, M. (2020). *Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM) para reducir los costos operativos de una empresa manufacturera de calzado* [Informe de pregrado]. Universidad Privada del Norte.
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24191/Calderon%20Ortec%20ho%20Meyli%20Nyckol.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Espín, H. (2018). *El Rcm (Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad) De Los Equipos Del Área Húmeda Y De Acabados Del Cuero De La Empresa Tenería Díaz Cía. Ltda.* [Informe de pregrado]. Universidad Técnica de Ambato.
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/28584>
- Gala, S.; Fikri, S. y Misnan, S. (2019). Current Issues And Barriers Of Maintenance Management Practices For Public Facilities In Malaysia. *Revista de Blue Eyes Intelligence Engineering & Sciences Publication*, 8 (5), 1 – 7.
<https://www.ijeat.org/wp-content/uploads/papers/v8i5C/E10170585C19.pdf>
- Geldres, R. (2018). *Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) en la industria peruana. Una revisión sistemática de literatura científica de los últimos 10 años* [Informe de pregrado]. Universidad Privada del Norte.

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14908/Geldres%20Marchena%20Ronald%20Raul%20%281%29.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

Luján, E. (2020). *Aplicación De La Metodología De Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad (RCM) Y Sus Efectos En La Disponibilidad De Máquinas De Soldadura En La Empresa Welders Perú Sac* [Informe de pregrado]. Universidad Privada del Norte.

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/25065/Trabajo%20de%20Suficiencia%20-%20Lujan%20Lezama%20Jossimar%20Edu.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mejía, R. (2017). *Propuesta De Un Plan De Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad (RCM), Para Mejorar La Productividad De La Empresa Ersa Transportes Y Servicios S.R.L.* [Informe de pregrado]. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12423/912/TL_MejiaCuevaRicardo.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Paprocka, I. (2018). The model of maintenance planning and production scheduling for maximising robustness. *Revista de International Journal of Production Research*, 57 (14), 4480 – 4501.

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2018.1492752>

Prado, N. (2018). *Aplicación del RCM para mejorar la gestión de mantenimiento de la empresa Industrias del papel S.A, Chaclacayo, 2018* [Informe de pregrado]. Universidad César Vallejo.

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/33110/Prado_MNJ.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Riquelme, C. (2018). *Propuesta De Un Plan De Mantenimiento Centrado En La*

Confiabilidad Para Una Máquina Injertadora De Cepillos Técnicos [Informe de

pregrado]. Universidad Técnica Federico Santa María.

<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/45336/3560901064218UTFS>

[M.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/45336/3560901064218UTFS/M.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rivera, S. (2018). *Plan De Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad Para*

Maquinaria De Molino 3 [Informe de pregrado]. Universidad Técnica Federico

Santa María.

<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/43784/3560901063737UTFS>

[M.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/43784/3560901063737UTFS/M.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

ANEXOS

Anexo 1 Instrumento de recolección de datos – Ficha de observación



FICHA DE OBSERVACIÓN DE FALLAS

N°	Máquina	Modelo	Fecha	Característica de la falla

Anexo 2 Instrumento de recolección de datos – Guía de entrevista



GUÍA DE ENTREVISTA

1. ¿Cuáles crees que son las deficiencias del plan de mantenimiento de la empresa?
2. ¿Cómo crees que se puede mejorar el plan de mantenimiento de la empresa?
3. ¿Crees que el plan de mantenimiento puede mejorar la productividad del área de procesamiento de billetes?
4. ¿Cuáles son las fallas más recurrentes en las máquinas DAKOTA NC – 7100?

Anexo 3 Cuadro de operacionalización

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Técnica
Variable independiente: Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)	El mantenimiento centrado en confiabilidad es definido como una metodología de análisis sistemático, el cual se basa en determinados objetivos y documentación, con la intención de que este sea aplicable hacia la conformación de una determinada política de mantenimiento que permita ser adecuada hacia un determinado activo físico (Mejía, 2017).	Realidad actual	Ishikawa Diagrama Pareto Matriz de indicadores AMEF	Observación / Entrevista
		Propuesta	Plan de mantenimiento Cronograma de mantenimiento	
		Evaluación económica financiera	Costo del plan Balance económico financiero VAN / TIR	
Variable dependiente Productividad	La productividad es definida como aquella capacidad que tiene un sistema para poder realizar una actividad en un tiempo determinado, buscando cumplir con objetivos estratégicos determinados (Mejía, 2017).	Mejora de la productividad	Respecto al recurso tiempo Respecto a la disponibilidad operativa	Observación / Entrevista

Anexo 4 Matriz de indicadores

Variable	Dimensiones	Indicadores	Fórmula	Antes de la propuesta	Después de la propuesta	Técnica
Variable independiente: Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)	Realidad actual	Ishikawa Diagrama Pareto Matriz de indicadores AMEF	No aplica porque es descriptivo	Presencia de problemas centrados en la falta de productividad	Mejora de la productividad	Observación / Entrevista
	Propuesta	Plan de mantenimiento Cronograma de mantenimiento				
	Evaluación económica financiera	Costo del plan Balance económico financiero VAN / TIR	VAN: Beneficio neto actualizado – Inversión inicial TIR: Sumatoria de los flujos de caja / (1+valor de la inversión inicial) ^ número de periodos	VAN: S/ 40012.98 TIR: 47.11%	VAN: S/ 44614.47 TIR: 52.53%	
Variable dependiente Productividad	Mejora de la productividad	Respecto al recurso tiempo Respecto a la disponibilidad operativa	Mantenibilidad (MTTR): Tiempo de averías / N° de averías Calidad (C): (Tiempo de funcionamiento (Hr) – Tiempo de paradas no previstas (Hr))/ Tiempo de funcionamiento (Hr) Disponibilidad (D): Tiempo operativo / Tiempo planificado (Hr) Productividad (P): Tiempo funcionando / Tiempo operativo (Hr)	Mantenibilidad: 7.50 Calidad: 69.00% Disponibilidad: 44.00% Productividad: 84.00%	Mantenibilidad: 1.6 Calidad: 88.00% Disponibilidad: 86.00% Productividad: 90.22%	Observación / Entrevista

Nota: De acuerdo con Mejía (2017), se puede esperar que como consecuencia de la aplicación de la propuesta centrada en el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), podrá mejorar la productividad entre un mínimo del 6.00% y un máximo del 16.00%, considerando para el presente caso el promedio de mejora supuesta del 6.22%.

Anexo 5 Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema general</p> <p>¿Cuál es el impacto del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en máquinas DAKOTA NC – 7100 en la productividad del área de procesamiento de billetes en una empresa de traslado y custodia de valores, Trujillo, 2021?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Determinar el impacto del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en máquinas DAKOTA NC – 7100 en la productividad del área de procesamiento de billetes en una empresa de traslado y custodia de valores, Trujillo, 2021</p> <hr/> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 1) Diagnosticar los puntos críticos de fallo en máquinas DAKOTA NC - 7100 en el área de procesamiento de billetes en una empresa de traslado y custodia de valores, Trujillo, 2021 ➤ 2) Desarrollar la propuesta de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en máquinas DAKOTA NC – 7100 para incrementar la productividad del área de procesamiento de billetes en una empresa de traslado y custodia de valores, Trujillo, 2021 ➤ 3) Evaluar un análisis costo beneficio de la mejora planteada. 	<p>El mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en máquinas DAKOTA NC – 7100 incrementa la productividad del área de procesamiento de billetes en una empresa de traslado y custodia de valores, Trujillo, 2021</p>	<p>Variable independiente:</p> <p>Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)</p> <p>Variable dependiente</p> <p>Productividad</p>	<p>Tipo de investigación:</p> <p>Aplicada</p> <p>Diseño de la investigación</p> <p>Transversal y no experimental</p>

Anexo 6 Constancia de revisión del proyecto de tesis

CONSTANCIA DE REVISIÓN DEL PROYECTO DE TESIS

El asesor *Haga clic o pulse aquí para escribir texto*, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de Ingeniería Industrial, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo del proyecto de investigación del(os) estudiante(s):

- *Haga clic o pulse aquí para escribir texto*.

Por cuanto, **CONSIDERA** que el proyecto de investigación titulado: *Haga clic o pulse aquí para escribir texto*. para aspirar al título profesional por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al(los) interesado(s) para su presentación.

Ing. /Lic./Mg./Dr. Nombre y Apellidos

Asesor

Anexo 7 Ficha técnica de instrumento

Universidad: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Autor: RICARDO MEJIA CUEVA

Año: 2017

Lugar: Perú

Título: PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM), PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA ERSA TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.

Objetivo: Proponer un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM, para mejorar la productividad de la empresa Ersa Transportes y Servicios S.R.L.

Duración: 20 minutos

Valoración: Para la presente investigación, se ha considerado la escala Likert de valoración

Confiabilidad del instrumento: La confiabilidad del presente instrumento, se ha encontrado determinado, por medio del Alfa de Cronbach, en el que una valoración mayor a 0.70, alcanzando un valor de 0.799

Profesionales validadores: Ing. Joselito Sánchez Pérez / Ing. Edwin A. Juárez Marchena / Ing. Manuel Albines Prado

Link:

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi084fc-tbzAhV4qpUCHe->

[CD7IQFnoECBkQAQ&url=http%3A%2F%2Ftesis.usat.edu.pe%2Fxmlui%2Fhandle%](http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/912)

[2F20.500.12423%2F912&usg=AOvVaw1rkFJjNFQL57xFIs0Eo5VW](http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/912)