



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para  
la máquina calibradora de BIOFRUIT EXPORT SA Piura 2021

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Industrial**

**AUTOR:**

Hernandez Gonzales, Angel Anibal (ORCID:0000-0003-1116-7562)

**ASESOR:**

MBA. Zevallos Vilchez, Maximo Javier (ORCID:0000-0003-0345-9901)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**Gestión Empresarial y Productiva**

**PIURA-PERÚ**

**2021**

## **Dedicatoria**

Dedico esta investigación a Dios por haberme permitido llegar hasta este momento importante en mi vida profesional, a mis padres que de una u otra manera estuvieron y estarán siempre presente en mi vida, a mis hijas que algún día si Dios lo permite pasarán por este momento.

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios y mis padres por la vida, a la universidad César Vallejo por su formación, a mi asesor de tesis, a la empresa Biofruit Export SA por ser parte de mi experiencia profesional.

## Índice de contenidos

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	MARCO TEÓRICO.....	4
III.	METODOLOGÍA.....	11
	3.1. Tipo y Diseño de Investigación	11
	3.2. Variables y operacionalización	12
	3.3. Población, muestra y muestreo	12
	3.4. Procedimientos	13
	3.5. Método de análisis de datos	14
	3.6. Aspectos éticos	14
IV.	RESULTADOS .....	15
V.	DISCUSIÓN.....	21
VI.	CONCLUSIONES.....	25
VII.	RECOMENDACIONES .....	26
	REFERENCIAS.....	27
	Anexos .....	

## Índice de tablas

Tabla 1. Frecuencia de ocurrencia de las causas .....	17
Tabla 2. Disponibilidad de las maquinarias del mes Noviembre .....	19
Tabla 3. Disponibilidad de las maquinarias del mes Diciembre.....	19
Tabla 4. Disponibilidad de las maquinarias del mes Enero .....	20
Tabla 5. Disponibilidad de las maquinarias del mes Febrero .....	20
Tabla 6. Hoja de decisión .....	21
Tabla 7. Costo de Implementación de la propuesta .....	25
Tabla 8. Determinación mensual de la disponibilidad .....	55
Tabla 9. Factores para el análisis de criticidad.....	58
Tabla 10. Consecuencia de las Fallas en la máquina calibradora automática .....	59
Tabla 11. Matriz de criticidad.....	60
Tabla 12. Criticidad acumulada .....	61
Tabla 13. Hoja de Información del MCC .....	62
Tabla 14. Hoja de decisión del MCC .....	63

## Índice de figuras

Figura 1. Preguntas para aplicación del RCM.....	9
Figura 2. Diagrama de Ishikawa.....	17
Figura 3. Diagrama de Pareto .....	17
Figura 4. Diagrama de decisión.....	17
Figura 5. Etapas de propuesta del sistema MRP .....	20

## Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo elaborar una propuesta de RCM para mejorar la disponibilidad de los activos del área de calibrado de Biofruit Export S.A. Piura 2021. Para lo cual se desarrolló un estudio aplicado, con diseño no experimental, transversal y descriptivo propositivo ejecutado en una población censal conformada por ocho equipos para calibrado en el área de calibrado. Asimismo, las técnicas aplicadas para la recolección de datos fueron la entrevista, la encuesta y el análisis documental, de las cual se derivaron la Guía de entrevista, el cuestionario y la ficha para el cálculo de la confiabilidad. La aplicación, se basó en un análisis de cada equipo, para luego en función a las siete preguntas desarrollar el AMEF (análisis modal de efectos y fallas), se calculó el número de prioridad de riesgo, se clasificaron las fallas en aceptables, reducción deseable y no aceptables, se realizó la hoja de decisión del MCC, y luego se elaboró el plan de mantenimiento.

**Palabras clave:** Plan de mantenimiento, RCM, Confiabilidad

## **ABSTRACT**

The objective of this research work was to develop an RCM proposal to improve the availability of assets in the calibration area of Biofruit Export S.A. Piura 2021. For which an applied study was developed, with a non-experimental, cross-sectional and descriptive design, carried out in a census population made up of eight equipment for calibration in the calibration area. Likewise, the techniques applied for data collection were the interview, the survey, and the documentary analysis, from which the Interview Guide, the questionnaire, and the sheet for calculating reliability were derived. The application was based on an analysis of each team, and then based on the seven questions to develop the FMEA (modal analysis of effects and failures), the risk priority number was calculated, the failures were classified as acceptable, desirable reduction and not acceptable, the MCC decision sheet was made, and then the maintenance plan was drawn up.

Keywords: Maintenance plan, RCM, Reliability

## I. INTRODUCCIÓN

Cárcel (2016) manifiesta que el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) es una filosofía de gestión de mantenimiento, que utiliza los conocimientos y experiencia del personal de mantenimiento y producción para identificar, a partir de las metas de producción, las necesidades de mantenimiento de cada equipo, optimizar el rendimiento de los mismos y lograr los resultados esperados. Se utiliza en equipos grandes y complejos, cuyas fallas conducen a riesgos económicos, de seguridad o de medioambiente.

La medida de la confiabilidad de un equipo es la frecuencia con la cual ocurren las fallas en el tiempo; el equipo es totalmente confiable, si no hay fallas; la confiabilidad del equipo es aún aceptable, si la frecuencia de fallas es muy baja; el equipo es poco confiable, si la frecuencia de fallas es muy alta, (Bazovsky, 2004 citado por Gasca, Camargo y Medina (2017).

Una empresa colombiana, cuya principal actividad económica está dedicada a la producción de galletas, presenta en forma continua paros en la producción, por fallas en los equipos, originando inestabilidad en el indicador de Eficiencia General de los Equipos (EEO), el cual es utilizado para medir la eficiencia de maquinaria industrial a través de la disponibilidad, rendimiento y calidad. este indicador se utiliza como herramienta clave en la identificación de la eficacia real de cualquier proceso productivo dentro del Mantenimiento Preventivo Total (TPM). Los resultados muestran un 85% del indicador disponibilidad, evidenciando que la implementación del TPM no se realizó de forma efectiva. Por lo que decidió aplicar la metodología RCM para el diseño de nuevos planes de mantenimiento como apoyo al mantenimiento basado en el tiempo y al Mantenimiento basado en la condición y apoyar a la metodología TPM (Maya, 2018).

Páramo (2016) afirma que el RCM es una estrategia para el mantenimiento, que

presenta una gran cantidad de resultados positivos en distintos sectores de la industria tales como el sector aeronáutico, energético y minero principalmente. Por lo que considera viable la aplicación de esta metodología en una pequeña empresa colombiana, en la línea de pulido de vidrio, teniendo como referencia los antecedentes de los equipos, que se dejaban correr hasta que se presente la falla, presencia de tiempos de reparación muy extensos. Todas estas ocurrencias son debidas a que no hubo un análisis previo y en detalle de los equipos, no se llevaba un registro de las fallas y no se había identificado la causa de las fallas.

Blanco y Leyva (2019) dan a conocer la existencia de un problema en la gestión de mantenimiento presentada en una empresa de confección textil de Ate, Lima. La empresa cuenta con aproximadamente 320 máquinas, de diversas marcas y funciones, para la confección textil, organizadas en 14 líneas de producción. Previo a un diagnóstico mediante un diagrama de causa – efecto, llevado a cabo por parte del equipo de trabajo de la empresa se llegó a determinar que no se realiza un mantenimiento de manera correcta y con un valor de productividad bajo (62%). Este valor se refleja en la eficacia de la producción (79%), y en la eficiencia (78%). Así mismo, unos bajos valores en: mantenibilidad (49%), confiabilidad (36%) y disponibilidad (74%). Estos valores se pretenden mejorar aplicando el RCM.

Diestra, Esquivel y Guevara (2017) identificaron que en la empresa Consorcio Metal Mecánico S.R.L debido a la no restructuración de sus máquinas se han originado fallas y paros en la producción de piezas debido a la falta de mantenimiento. Se identificaron problemas en el proceso de manufactura y en la línea de ensamblaje, por lo que se contrata personal para recuperar los días perdidos y así entregar los pedidos en fechas establecidas. Esta falta de mantenimiento ha originado, desde 3 años anteriores, disminución de la eficiencia, el 43% de las los proyectos no se entregaron a tiempo ocasionando una pérdida de \$ 3 530.

Biofruit Export S.A. es una empresa dedicada al cultivo y exportación de frutas tropicales ubicada en el distrito de Tambo grande – Piura empresa del norte del Perú.

Las máquinas de la empresa están unidas entre sí una depende de la otra, y son manejadas por un operador desde un punto de la maquina calibradora electrónica. En este lugar se producen paros constantes y el área de producción realiza constantes reclamos ya que el personal obrero está inactivo.

El mantenimiento, de toda la maquinaria, se realiza antes de iniciar campaña y no hay paro programado. Además, no se registran las fallas y no se ha considerado un programa de capacitación. El personal de mantenimiento no se reparte homogéneamente en ambos turnos excediéndose en el turno de diurno.

Las áreas de calidad y trazabilidad presentan reclamos porque el mango en repetidas ocasiones no está con el peso correcto del calibre, por deficiencias en la maquina calibradora por la baja confiabilidad de la máquina calibradora.

El problema presentado se formaliza mediante la siguiente pregunta general: ¿Cómo se mejora la disponibilidad de los activos del área de calibrado de Biofruit Export S.A. Piura 2021? Esta pregunta se responde mediante las interrogantes específicas: ¿Cuál es la situación actual de los activos del área de calibrado de Biofruit Export S.A. Piura 2021?, ¿Qué herramientas de la filosofía del RCM permitirán mejorar la disponibilidad de los activos del área de calibrado de Biofruit Export S.A. Piura 2021?, ¿Cómo la propuesta según RCM permitirá mejorar la disponibilidad de los activos del área de calibrado de Biofruit Export S.A. Piura 2021? y ¿Cuál es el costo de la propuesta del TPM para mejorar la disponibilidad de los equipos en una empresa agroindustrial, Piura 2021?.

El uso de la filosofía RCM permitirá encontrar explicaciones a los problemas de la gestión de mantenimiento lo que determinará una justificación teórica de los valores encontrados del indicador confiabilidad de la gestión de mantenimiento lo que permitirá contrastar los conceptos del RCM en una realidad como es la empresa Biofruit Export SA de la ciudad de Piura. Se justifica desde el punto de vista práctico por que se propondrán estrategias del RCM que de aplicarse contribuirían a resolver los problemas de disponibilidad de los equipos de la empresa.

Se plantea como objetivo general: Elaborar una propuesta de RCM para mejorar la disponibilidad de los activos del área de calibrado de Biofruit Export S.A. Piura 2021. Los objetivos específicos que permitirán lograr alcanzar el objetivo general se formulan como sigue: (a) Realizar el diagnóstico la situación actual de los activos del área de calibrado de Biofruit Export S.A. Piura 2021, identificar las herramientas de la filosofía del RCM que permitirán mejorar la disponibilidad de los activos del área de calibrado de Biofruit Export S.A. Piura 2021, (c) Redactar la propuesta de RCM para mejorar la disponibilidad de los activos del área de calibrado de Biofruit Export S.A. Piura 2021 y (d) Calcular el costo de la propuesta del TPM para mejorar la disponibilidad de los equipos en una empresa agroindustrial, Piura 2021.

Como hipótesis general en base al sustento teórico y antecedentes revisados se formula de la siguiente manera: La propuesta de RCM mejora la disponibilidad de los activos del área de calibrado de Biofruit Export S.A. Piura 2021.

## II. MARCO TEÓRICO

Uzcátegui, Varela y Díaz (2015) realizaron una investigación en la Fábrica Nacional de Cemento Planta Táchira de Venezuela con la finalidad de aplicar herramientas de clase mundial para la gestión de mantenimiento basado en RCM. La investigación fue mixta empleando como instrumentos: la entrevista no estructurada aplicada al personal de mantenimiento y la matriz de categorías. Se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo a los datos obtenidos en el diagnóstico de la gestión de mantenimiento. El diagnóstico con respecto al nivel de cumplimiento de una gestión de mantenimiento, con la confiabilidad de activos de la empresa cementera se encontró 225 sobre 1700 puntos. Este valor indica que la empresa no considera los principios básicos de la confiabilidad de activos. Concluye que es necesario aplicar herramientas de clase mundial, según el RCM, para el aumento de la confiabilidad y disponibilidad de los equipos.

Rodríguez (2018) desarrolló en Colombia una propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la flota de vehículos de la Empresa TRANZIT. La investigación fue no experimental, descriptiva propositiva. La población la conformaron los siguientes vehículos: móviles (202); buses padrón (94) y busetones (108). Mediante la revisión documental y la ficha de la disponibilidad y confiabilidad, además de una hoja de decisión, se recogió la data de los vehículos. La disponibilidad de los vehículos alcanzó al 60% originando una pérdida económica, debida a la baja de pasajeros, que alcanza a \$ 668 440.00. Se espera, con la aplicación de la propuesta un aumento en la disponibilidad hasta el 73% así como de la confiabilidad hasta el 80%.

Mejía (2017) elaboró en Chiclayo, Perú una propuesta de plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los equipos de la Empresa ERSA transportes y Servicios S.R.L. La investigación desarrollada fue aplicada y experimental. La población estuvo compuesta por los equipos de las áreas de fermentación (6), destilación (10) y generación de vapor (9). Mediante las fichas de observación y

registro de fallas funcionales y/o modos de fallas de equipos se recopiló la información en el periodo enero-octubre del 2016. Como resultado de la aplicación del plan de mantenimiento basado en RCM se obtuvo un aumento en la disponibilidad del 16%, en la productividad aumento en 7%. Además, se ahorrará S/ 27 387,46 anualmente.

Blanco y Leyva (2019) realizaron una investigación en empresa de Confección Textil de Ate, Lima con la finalidad de aplicar herramientas de clase mundial para la gestión de mantenimiento basado en RCM. La investigación fue mixta empleando como instrumentos: la entrevista no estructurada aplicada al personal de mantenimiento y la matriz de categorías. Se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo a los datos obtenidos en el diagnóstico de la gestión de mantenimiento. El diagnóstico con respecto al nivel de cumplimiento de una gestión de mantenimiento, con la confiabilidad de activos de la empresa cementera se encontró 225 sobre 1700 puntos. Este valor indica que la empresa no considera los principios básicos de la confiabilidad de activos. Concluye que es necesario aplicar herramientas de clase mundial, según el RCM, para el aumento de la confiabilidad y disponibilidad de los equipos.

Santa Cruz (2019) llevó a cabo un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para evaluar la influencia en la disponibilidad de vehículos en una Municipalidad del Callao. La investigación fue tecnológica con diseño descriptivo simple y correlacional. La población la conformó la flota vehicular, conformada por camionetas Toyota Hilux año 2014 y 2016 (76 unidades). Como todas ellas tienen la misma característica, la muestra estuvo conformada por una unidad vehicular. Mediante la observación se recolectó información en el taller de maestranza y a través de la entrevista se recogió la data necesaria para la elaboración de la base de datos del estado actual de las unidades vehiculares. Luego de la aplicación de la metodología RCM se observó que la disponibilidad varía del 53% a 62,7%.

Indigoyen (2020) llevó a cabo en la Universidad Nacional del Centro del Perú la investigación en la cual se aplicó la metodología del mantenimiento centrado en la

confiabilidad para la chancadora Sandvik CH870 con la finalidad de incrementar su disponibilidad. La investigación fue aplicada y diseño cuasi experimental. Se utilizaron como instrumentos para la observación: Formato de órdenes de trabajo, Formato de control de horómetro. Formato de disponibilidad diaria y los Reportes de inspección de los equipos. La población estuvo conformada por todos los sistemas de la chancadora Sandvik CH 870. No se realizó muestreo. Como resultados de la aplicación del RCM muestra que en promedio la disponibilidad se incrementó en 7.8%.

Geldres (2019) realizó la propuesta de mejora del Sistema de la Gestión de Mantenimiento de la empresa de alimentos balanceados para aumentar la disponibilidad del mezclador de dosificación. La investigación fue aplicada con diseño pre experimental. La población la conformaron los valores de disponibilidad del mezclador de dosificación y la muestra los valores de disponibilidad durante los años 2016 al 2018. Mediante el análisis de documentos se recabó la información correspondiente al control de las paradas, cálculo de la disponibilidad y confiabilidad, así como el control de horas. Para el diagnóstico de la situación actual se emplearon el diagrama de Ishikawa, la matriz de priorización y el diagrama de Pareto. Se determinó que con la aplicación del RCM la disponibilidad del mezclador varía de 92.94% a 97.85%, así mismo la confiabilidad de 44.62% a 46.47%.

Ávila (2020) implementó la metodología RCM para mejorar la disponibilidad de los Scooptrams Caterpillar R1600G de una empresa contratista. La investigación fue de tipo aplicada con diseño experimental. La población y la muestra la conformaron los ocho equipos Scooptrams Caterpillar R1600G. Los instrumentos consistieron en una cartilla, las fichas técnicas, Ficha de verificación, y los reportes diarios. Mediante la implantación de la metodología RCM a los Scooptram Caterpillar, se persigue un aumento en la disponibilidad de un 92% lo que permitirá grandes ganancias para la empresa. Después de implementar el RCM logró reducir las horas inactivas del scooptrams en un 75.00%, disminuyendo los costos que originaban de \$15, 480.00 a \$3, 825.00, durante un año se calcula que se ahorraría un total de \$139,860.00 de

costos disminuidos por inactividad de los scooptram, por lo que se determina que el costo de la propuesta es rentable y genera beneficios económicos a la empresa, siendo un total de \$20, 228.00.

La teoría de mantenimiento centrado en la confiabilidad y la disponibilidad es la base del sustento científico de la presente investigación. También se consideró aspectos del mantenimiento tales como: concepto, funciones, objetivos y tipos.

Es necesario, para todo tipo de empresa, el uso de una estrategia de mantenimiento para incrementar la vida de los equipos, mejorando así la disponibilidad y la confiabilidad, lo que incide en mejorar la productividad de la planta. Estas modificaciones serán posible al cambiar de un departamento que solo realiza reparaciones y cambio de piezas o máquinas completas, a un departamento que aplique nuevas técnicas y prácticas (Diestra, Esquiviel y Guevara, 2017).

Campos, G. Tolentino, Toledo y R. Tolentino (2019) consideran que el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) es una de las metodologías ampliamente reconocida para la elaboración de planes de mantenimiento de equipos industriales. Su finalidad consiste en asegurar las funciones del equipo para la satisfacción del usuario. En la actualidad existen varias metodologías de RCM, pero la base de esta metodología está contenida en la norma SAE JA1011.

La Norma SAE y sus modificaciones establecen los criterios mínimos que debe cumplir una metodología para que pueda definirse como RCM; específica que cualquier proceso de RCM debe asegurarse de responder satisfactoriamente en secuencia las preguntas que se muestran en la figura 1.

La disponibilidad, está definida como la probabilidad de que un equipo esté preparado para producción en un determinado intervalo de tiempo, es decir que no esté detenido por averías o ajustes. Matemáticamente, se define como la razón entre el tiempo en que el equipo está disponible para producir (MTBF) y el tiempo medio de reparación

(MTTF).

El MTBF muestra el intervalo de tiempo entre un inicio de trabajo y la aparición de una falla, es el tiempo promedio transcurrido hasta la aparición de un fallo. A mayor valor, mayor es la confiabilidad del equipo.

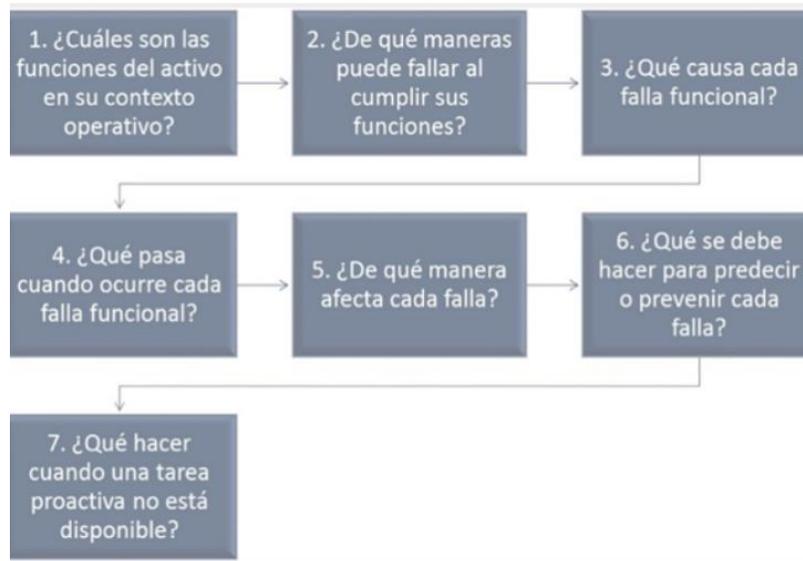


Figura 1. Preguntas para aplicación del RCM

El MTTR, Distribuye el tiempo promedio utilizado en la reparación de equipo dentro de un espacio tiempo determinado.

La disponibilidad (D) se calcula a través de la expresión:

El Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) es la herramienta más significativa en el proceso del RCM, permite obtener información, en su contexto operacional, de los diferentes equipos y así prevenir los efectos potenciales de fallas mediante tareas en el mantenimiento, las cuales actuarán sobre cada modo de falla identificado y sus posibles consecuencias (Pereyra, 1995 citado por Calderón, 2016).

Entre las definiciones utilizadas en el AMFE se tienen: falla, fallas funcionales, modo de falla y efecto de falla. Se denomina falla, de cualquier activo, a la incapacidad de realizar aquello que los usuarios quieren que haga. Una falla funcional se produce cuando un activo físico o sistema no ejecuta una función específica según un nivel deseado de desempeño. Cualquier evento simple que origina una falla potencial constituye un modo de falla. A todo aquello que sucede cuando se a un modo de falla se le denomina Efecto de falla.

El Índice de Prioridad de Riesgo (IPR), es el método que emplea el AMEF para la evaluación del riesgo asociado con los problemas potenciales identificados en el análisis. Se calcula con el producto de los índices: de gravedad (G), de frecuencia (F) y de detección (D).

El índice de Gravedad (G), se basa en la severidad o gravedad del efecto del modo de falla y se refiere a la probabilidad de fallos en el proceso. Su escala se muestra en el Anexo 5.

El índice de frecuencia (F), corresponde a la ocurrencia donde se presentan las fallas, su modo de falla ocurrirá previo de cualquier control de proceso o durante la vida de diseño del sistema (Anexo 5).

El Índice de Detección (D): Su valor se corresponde a la probabilidad que los métodos o los controles actuales detectarán el modo de falla antes de la ocurrencia de la falla (Anexo 5).

### **III. METODOLOGÍA**

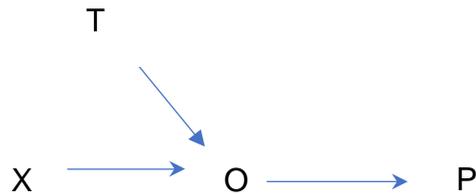
#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

La investigación a desarrollar es de tipo aplicada, descriptiva y propositiva. Según Valderrama (2016) una investigación aplicada se basa en teorías y afirmaciones que ya existen y pueden aplicarse en una determinada institución, para su beneficio, además según Lozada (2014) la investigación aplicada se emplea en la solución de problemas reales, como es el presentado en el área de mantenimiento de la empresa Biofruit Export S.A.

Hernández y otros (2014) consideran que la investigación descriptiva mide o recoge información en forma independiente o grupal sobre conceptos o variables a los que se refieren”. En la investigación propuesta se recogerán las características de la gestión en el área de mantenimiento, así como los indicadores que den un panorama de la situación actual. Charaja (2018) manifiesta que la investigación propositiva en base al diagnóstico crítico situacional de una realidad se elabora una propuesta con una alternativa de solución con fundamento teórico y una estrategia de solución coherente. En la investigación a desarrollar se partirá del análisis de la información obtenida y con las herramientas del mantenimiento centrado en la confiabilidad se presentará una propuesta de solución.

El diseño a utilizar consiste en un diseño descriptivo propositivo. De acuerdo a Vara (2014) los diseños de investigación son: “planes y estrategias de investigación concebidos para obtener respuestas confiables a las preguntas de investigación”, para Atmowardoyo (2018) este diseño utiliza un método que busca describir con exactitud los cambios que puedan darse. Mediante el diseño se descriptivo propositivo se plantean tres actividades secuenciales y organizadas: Describir la situación actual, hacer un diagnóstico de la misma y plantear una propuesta de solución basada en herramientas de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

El esquema del para este tipo de investigación se detalla como sigue:



Dónde:

X: Área de mantenimiento

O: Información se recogerá en el área de mantenimiento.

T: Teoría sobre mantenimiento centrado en la confiabilidad y

.P: Propuesta a realizar.

### **3.2. Variables, operacionalización**

Las variables utilizadas fueron el RCM, como variable independiente y la disponibilidad como variable dependiente. Cárcel (2016) considera al RCM como una filosofía de gestión de mantenimiento, que basado en los conocimientos y experiencia del personal de mantenimiento y producción se identifican, a partir de las metas de producción, las necesidades de mantenimiento de cada equipo con la finalidad de optimizar su rendimiento y lograr los resultados esperados. La confiabilidad de un equipo se evalúa mediante la frecuencia con la cual ocurren las fallas en el tiempo (Bazovsky, 2004 citado por Gasca, Camargo y Medina (2017). La operacionalización de estas se desarrolla en el Anexo 1.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

La unidad de análisis, según Neftalí (2016) es una colección de elementos de los cuales se debe obtener información. En la investigación desarrollada se emplearon dos unidades de análisis: el personal y los equipos del área de mantenimiento de la empresa Biofruit Export SA Piura.

Tamayo (2012) considera que la población es un conjunto de unidades a analizar que deben cuantificarse para realizar un determinado estudio. Hernández y otros (2017) consideran una muestra como una cantidad extraída de una población. Las dos unidades de análisis originaron dos poblaciones: la de los trabajadores y los equipos del área de mantenimiento, que totalizan 46 personas y los equipos para calibrado (8). Como se trabajó con el total de ambas unidades de análisis de la población no se realizó muestreo.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

De acuerdo al Dr. Charaja (2018) las técnicas para recolectar datos se tratan de los procedimientos empleados para obtener los datos requeridos para resolver el problema de investigación. En la investigación se recogió información de las características del proceso de gestión de mantenimiento utilizando las técnicas de la entrevista, el análisis documental y el cuestionario en el personal del área. Apoyados con los instrumentos: guía de entrevista, cuestionario y la ficha para calcular la confiabilidad de los equipos.

Mediante la evaluación del juicio de expertos realizado por tres ingenieros de la Escuela Profesional de Ingeniería industrial de la Universidad César Vallejo se determinó la validez del cuestionario y de la guía de entrevista. A través de la prueba estadística del Alfa de Crombrach se determinó la confiabilidad del cuestionario.

### **3.5. Procedimientos**

Para el levantamiento de la información se procedió de la siguiente forma: (a) Se solicitó el permiso a los jefes de las áreas de mantenimiento y producción, luego de contar con la autorización las autoridades de la empresa (b) Para diagnosticar la situación actual en el área de mantenimiento se aplicará una entrevista al jefe del área, (c) se aplicará el cuestionario a todo el personal del área de mantenimiento. (d) La ficha de observación se utilizará en el lugar de trabajo y paralelamente se realizará el análisis documental en coordinación con los supervisores para la determinación del costo beneficio y de la confiabilidad.

### **3.6. Métodos de análisis de datos**

En la identificación de las causas del problema de la baja confiabilidad de los equipos se emplearon los diagramas de Ishikawa y Pareto. Los valores de la confiabilidad se almacenaron en hojas de MS Excel para mostrar gráficamente los estadísticos descriptivos. En el caso del análisis costo beneficio se realizaron los cálculos en MS Excel.

### **3.7. Aspectos éticos**

Mediante el principio de la confidencialidad se protegió la identidad de la empresa y de los informantes. A través de la objetividad se realizó el diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento. Por el principio de la originalidad se respetó la propiedad intelectual a través de la citación de todas las fuentes utilizadas. Se evitó realizando los correctivos mediante los reportes de originalidad del software Turnitin (inferior al 25%). Se empleó el principio de la veracidad mostrando suministrando información verdadera tal como se recogió en el estudio de campo.

#### IV. RESULTADOS

El resultado del diagnóstico la situación actual de los activos del área de calibrado de Biofruit Export S.A. Piura 2021, se realizó considerando la aplicación de la encuesta a los operarios del área de calibrado y de la revisión de los documentos históricos de la empresa, para identificar los niveles de disponibilidad en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero. De las respuestas del cuestionario se obtuvieron las siguientes respuestas a las preguntas formuladas:

1. Cuál es el nombre de la(s) máquina(s) a su cargo:  
*Maquinaria de calibrado y empaque Europa, Calibrado y empaque USA, empaque Corea, hidrotérmico Corea y USA.*
2. ¿Qué trabajos se realiza con la máquina a su cargo?  
*Soldar y reparar piezas, ajustar cadenas, ajustar piñones, templar fajas.*
3. ¿Qué actividades de mantenimiento realiza usted a sus máquinas?  
*Mantenimiento correctivo.*
4. ¿Cuáles son las condiciones operativas de las máquinas a su cargo?  
*Regular.*
5. ¿Cada qué tiempo, se presentan fallas en las maquinas a su cargo?  
*En promedio 7 días.*
6. ¿Ante una falla quien te brinda el soporte?  
*Área de mantenimiento.*
7. ¿Cuántos días a la semana trabajan las máquinas?  
*7 días*
8. ¿El tipo de mantenimiento se les hace a las máquinas es?  
*Correctivo*
9. ¿Considera usted que las máquinas a su cargo son seguras?  
*La mayoría responde que NO*
10. ¿Cuándo se le hace mantenimiento general a su máquina?  
*Anual,*
11. ¿Está capacitado para identificar una falla?

*En promedio NO.*

Las respuestas del jefe del área de mantenimiento fueron las siguientes:

1. ¿Existe un plan de mantenimiento de las máquinas y equipos para el área de calibrado?

*Si*

2. ¿Considera usted que el área de calibrado necesita un plan de Mantenimiento, Por qué?

*Si para llevar un control más eficiente en fallas o problemas presentados durante el proceso*

3. ¿Lleva un control de los equipos, repuestos, herramientas que se encuentran a su cargo?

*Poco*

4. ¿Realizan todos los encargados de turno una inspección visual periódica de todos los sistemas de sus máquinas?

*A veces*

5. ¿Se tiene un registro codificado de cada una de las máquinas?

*No*

6. ¿Cuentan con formatos de apoyo para el registro y control de inventarios como materiales, repuestos, etc.?

*Si*

7. ¿Se realiza el registro de fallas de las máquinas en la fábrica?

*No*

8. ¿Se realizan actividades de mantenimientos programados?

*Si*

9. ¿Existen formatos de órdenes de trabajo para el mantenimiento de las máquinas?

*No*

10. ¿Realizan capacitaciones técnicas?

*No*

11. ¿Cuenta con formatos para realizar la adquisición de repuestos, equipos y

herramientas?

No

12. ¿El tiempo de entrega de repuestos es ágil y oportuno?

Poco

Estás respuestas más los datos obtenidos respecto a la disponibilidad de la maquinaria, a través de la revisión documental de los archivos históricos de la empresa BIOFRUIT EXPORT SA Piura 2021, determinados en las Tablas 2, Tabla 3, Tabla 4, Tabla 5, se resumen en el diagrama de Ishikawa de la Figura 2.

Estas causas principales a través de una lluvia de ideas y con la colaboración del jefe del área y nueve trabajadores de mayor antigüedad se elaboran la Tabla de frecuencias de causas (Tabla 1).

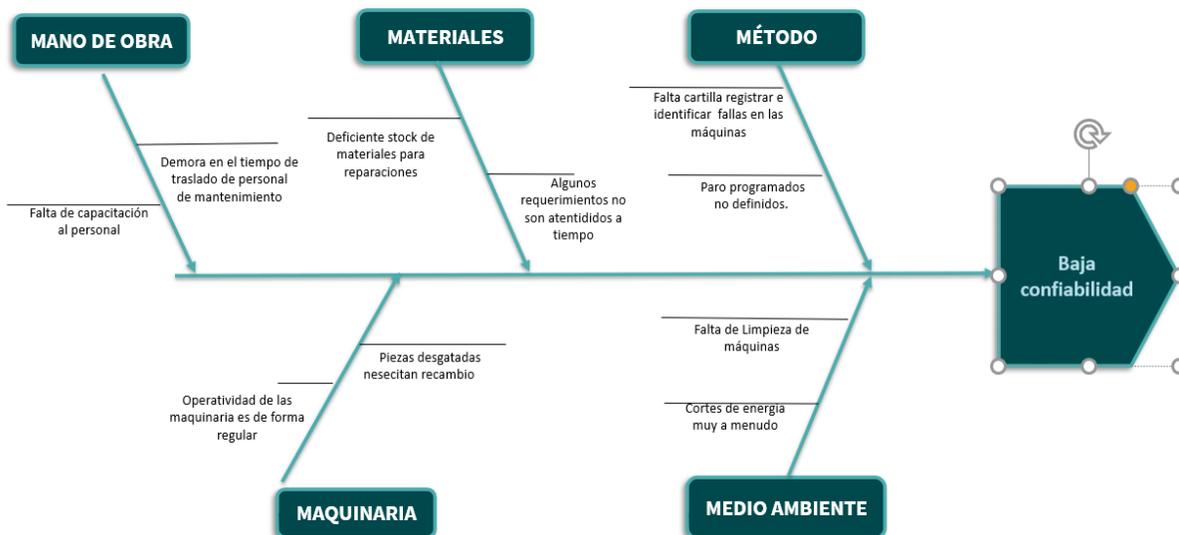


Figura 2. Diagrama de Ishikawa

Tabla 1. Frecuencia de ocurrencia de las causas.

CÓDIGO	Causas	f	%	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada Porcentual
A	Falta de capacitación al personal de mantenimiento	96	22.43%	96.00	22.43%
B	Paros programados no definidos	90	21.03%	186.00	43.46%
C	Deficiente stock de materiales en almacén.	80	18.69%	266.00	62.15%
D	Piezas desgastadas de máquinas necesitan recambio	68	15.89%	334.00	78.04%
E	Falta de registro de fallas en la maquinaria	18	4.21%	352.00	82.24%
F	Falta de limpieza en las maquinas	20	4.67%	372.00	86.92%
G	Requerimientos no atendidos a tiempo	18	4.21%	390.00	91.12%
H	Demora en el tiempo de atender una falla	16	3.74%	406.00	94.86%
I	Falta identificación de maquinas	12	2.80%	418.00	97.66%
J	Cortes de energía muy a menudo	10	2.34%	428.00	100.00%
	TOTAL	428	100.00%		

Con los datos de la tabla 1 se construye el diagrama de Pareto.

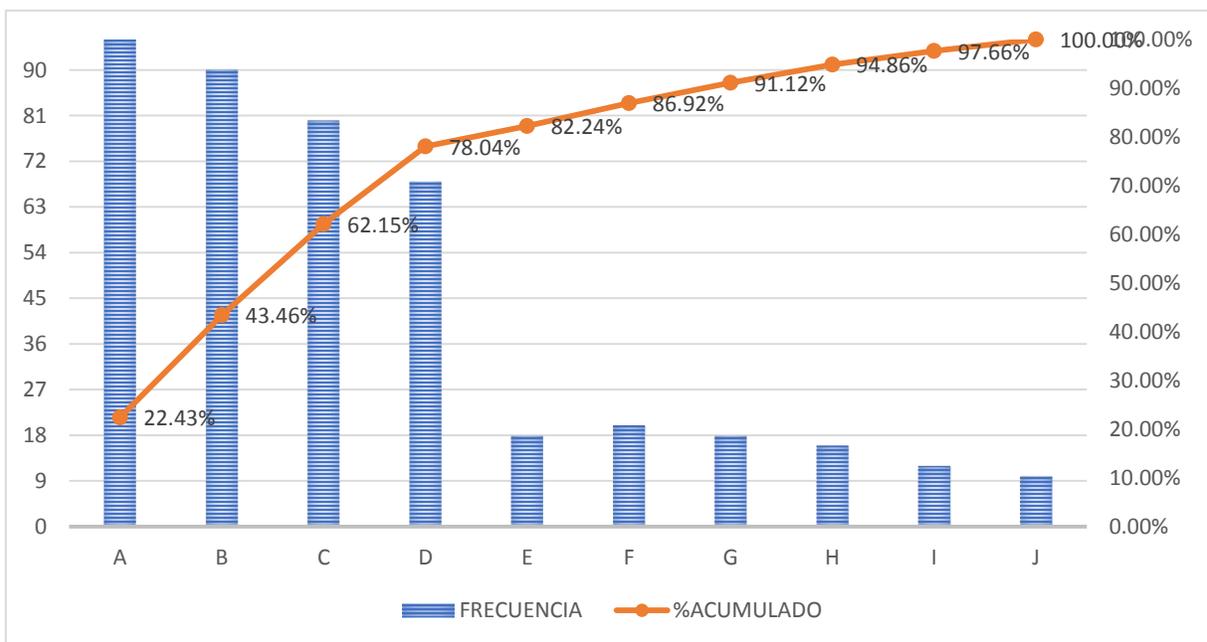


Figura 3. Diagrama de Pareto, para identificar la causa raíz del problema.

En la Figura 3. Se identifican las causas principales: la falta de capacitación al personal de mantenimiento, los paros programados no definidos, el deficiente stock de materiales en almacén, las piezas desgastadas de máquinas necesitan recambio y la falta de registro de fallas en la maquinaria. Además, como se menciona, el histórico de la situación de la disponibilidad de la maquinaria entre los meses de noviembre y febrero del 2021 se muestra en la Tabla 2, Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5.

Tabla 2. Disponibilidad de las maquinarias del mes Noviembre - BIOFRUIT EXPORT SA Piura 2021

N°	Equipos de calibrado	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (Hrs) [A]	N° DE PARADAS POR AVERIAS [B]	HORAS POR MITO CORRECTIVO [C]	HORAS POR MITO PREVENTIVO [D]	HORAS MANT. TOTAL [C + D]	MTBF [A/B]	MTRR [C + D]/B	DISPONIBILIDAD (D)
1	ELEVADOR DE JABAS	28.91	8	3.47	0	3.47	3.61375	0.4	89.28%
2	VOLCADOR DE JABAS	28.91	13	7.8	0	7.8	2.223846154	0.6	78.75%
3	ELEVADOR DE FRUTAS	28.91	5	1.83	0	1.83	5.782	0.4	94.05%
4	ESCOBILLAS	28.91	3	1.4	0	1.4	9.636666667	0.5	95.38%
5	SELECCIONADOR DE FRUTA	28.91	5	2.58	0	2.58	5.782	0.5	91.81%
6	FAJAS DE PRE ACOMODO	28.91	4	2.4	0	2.4	7.2275	0.6	92.33%
7	CINGULADOR	28.91	4	1.93	0	1.93	7.2275	0.5	93.74%
8	MAQUINA CALIBRADORA	28.91	13	8.2	0	8.2	2.223846154	0.6	77.90%

Fuente: Registro histórico de la empresa BIOFRUIT EXPORT SA Piura 2021

Tabla 3. Disponibilidad de las maquinarias del mes Diciembre - BIOFRUIT EXPORT SA Piura 2021

N°	Equipos de calibrado	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (Hrs) [A]	N° DE PARADAS POR AVERIAS [B]	HORAS POR MITO CORRECTIVO [C]	HORAS POR MITO PREVENTIVO [D]	HORAS MANT. TOTAL [C + D]	MTBF [A/B]	MTRR [C + D]/B	DISPONIBILIDAD (D)
1	ELEVADOR DE JABAS	98.27	5	3.125	0	3.125	19.65	0.6	96.92%
2	VOLCADOR DE JABAS	98.27	18	8.7	0	8.7	5.46	0.5	91.87%

3	ELEVADOR DE FRUTAS	98.27	8	5.7	0	5.7	12.28	0.7	94.52%
4	ESCOBILLAS	98.27	5	3.2	0	3.2	19.65	0.6	96.85%
5	SELECCIONADOR DE FRUTA	98.27	5	2.2	0	2.2	19.65	0.4	97.81%
6	FAJAS DE PRE ACOMODO	98.27	8	3.3	0	3.3	12.28	0.4	96.75%
7	CINGULADOR	98.27	8	2.1	0	2.1	12.28	0.3	97.91%
8	MAQUINA CALIBRADORA	98.27	30	14.5	0	14.5	3.28	0.5	87.14%

Fuente: Registro histórico de la empresa BIOFRUIT EXPORT SA Piura 2021

Tabla 4. Disponibilidad de las maquinarias del mes Enero - BIOFRUIT EXPORT SA Piura 2021

N°	Equipos de calibrado	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (Hrs) [A]	N° DE PARADAS POR AVERIAS [B]	HORAS POR MITTO CORRECTIVO [C]	HORAS POR MITTO PREVENTIVO [D]	HORAS MANT. TOTAL [C + D]	MTBF [A/B]	MTTR [C + D]/B	DISPONIBILIDAD (D)
1	ELEVADOR DE JABAS	207.93	6	3.4	0	3.4	34.66	0.6	98.39%
2	VOLCADOR DE JABAS	207.93	33	20.9	0	20.9	6.30	0.6	90.87%
3	ELEVADOR DE FRUTAS	207.93	9	4.2	0	4.2	23.10	0.5	98.02%
4	ESCOBILLAS	207.93	16	8.53	0	8.53	13.00	0.5	96.06%
5	SELECCIONADOR DE FRUTA	207.93	12	7.6	0	7.6	17.33	0.6	96.47%
6	FAJAS DE PRE ACOMODO	207.93	19	11.4	0	11.4	10.94	0.6	94.80%
7	CINGULADOR	207.93	9	5.1	0	5.1	23.10	0.6	97.61%
8	MAQUINA CALIBRADORA	207.93	38	24.07	0	24.07	5.47	0.6	89.63%

Fuente: Registro histórico de la empresa BIOFRUIT EXPORT SA Piura 2021

Tabla 5. Disponibilidad de las maquinarias del mes Febrero - BIOFRUIT EXPORT SA Piura 2021

N°	Equipos de calibrado	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (Hrs) [A]	N° DE PARADAS POR AVERIAS [B]	HORAS POR MITTO CORRECTIVO [C]	HORAS POR MITTO PREVENTIVO [D]	HORAS MANT. TOTAL [C + D]	MTBF [A/B]	MTTR [C + D]/B	DISPONIBILIDAD (D)
1	ELEVADOR DE JABAS	102.17	11	5.1	0	5.1	9.29	0.5	95.25%

2	VOLCADOR DE JABAS	102.17	22	13.2	0	13.2	4.64	0.6	88.56%
3	ELEVADOR DE FRUTAS	102.17	10	6.17	0	6.17	10.22	0.6	94.30%
4	ESCOBILLAS	102.17	9	3.9	0	3.9	11.35	0.4	96.32%
5	SELECCIONADOR DE FRUTA	102.17	9	5.1	0	5.1	11.35	0.6	95.25%
6	FAJAS DE PRE ACOMODO	102.17	16	7.47	0	7.47	6.39	0.5	93.19%
7	CINGULADOR	102.17	8	3.73	0	3.73	12.77	0.5	96.48%
8	MAQUINA CALIBRADORA	102.17	36	22.2	0	22.2	2.84	0.6	82.15%

Fuente: Registro histórico de la empresa BIOFRUIT EXPORT SA Piura 2021

Respecto al tercer objetivo específico se identificaron las herramientas de la filosofía del RCM de los activos del área de calibrado de Biofruit Export S.A. Piura 2021, considerando las herramientas de la filosofía RCM necesarias para mejorar la disponibilidad se tiene el Diagrama de decisión. El cual es un flujograma de preguntas (Fig. 4) a través de ella seleccionamos la tarea de mantenimiento más adecuada que evita la ocurrencia de cada modo de falla o disminuye el posible efecto (Cornejo, 2017).

Otra de las herramientas utilizadas consistió en la Hoja de decisión, la cual permite asentar las respuestas a las preguntas formuladas por el diagrama de decisión (Tabla 6) y permitiendo realizar la propuesta de tareas de acuerdo a los resultados de criticidad, confiabilidad y análisis de Pareto. Esta metodología ayuda a determinar de manera sistemática, los pasos a seguir para asegurar que los activos físicos sigan cumpliendo lo solicitado por el usuario dentro de un contexto operacional.

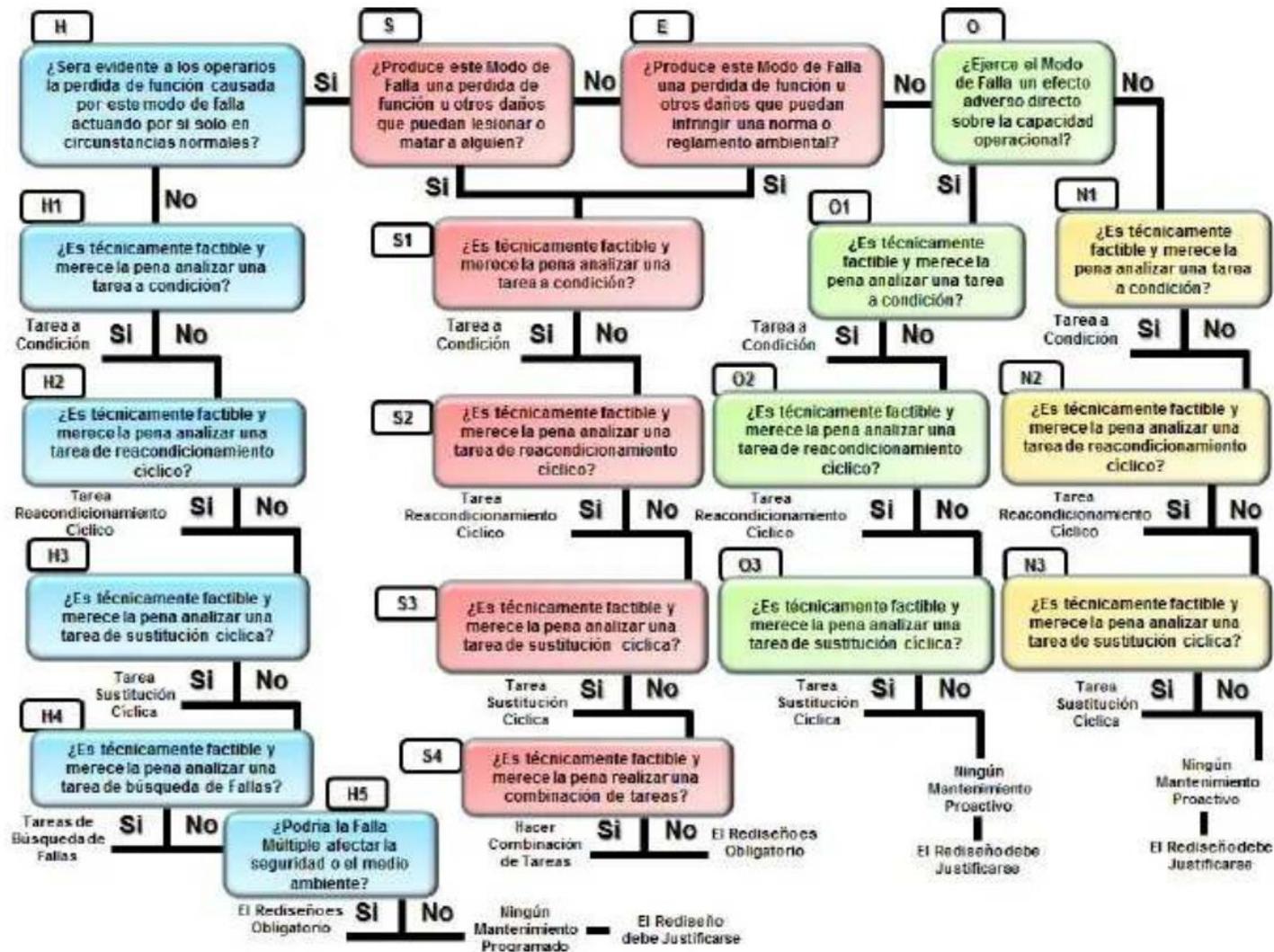


Figura 4. Diagrama de decisión

Fuente: Reliability-Centered Maintenance RCM II, Jhon M RCM II, Jhon Moubray

Tabla 6. Hoja de decisión.

HOJA DE DECISIÓN DEL MCC																	
Nombre del equipo:												Facilitador:		Fecha	Hoja		
Sistema:																	
Referencia de información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea propuesta:		Frecuencia	A realizarse por	
							S1	S2	S3								
F FF FM			H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4					
							N1	N2	N3								
			N														

Para la elaboración de la Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la máquina calibradora de BIOFRUIT EXPORT SA Piura, se siguió la ruta mostrada en la Figura 5. La propuesta de la empresa se encuentra determinada en el Anexo 4.

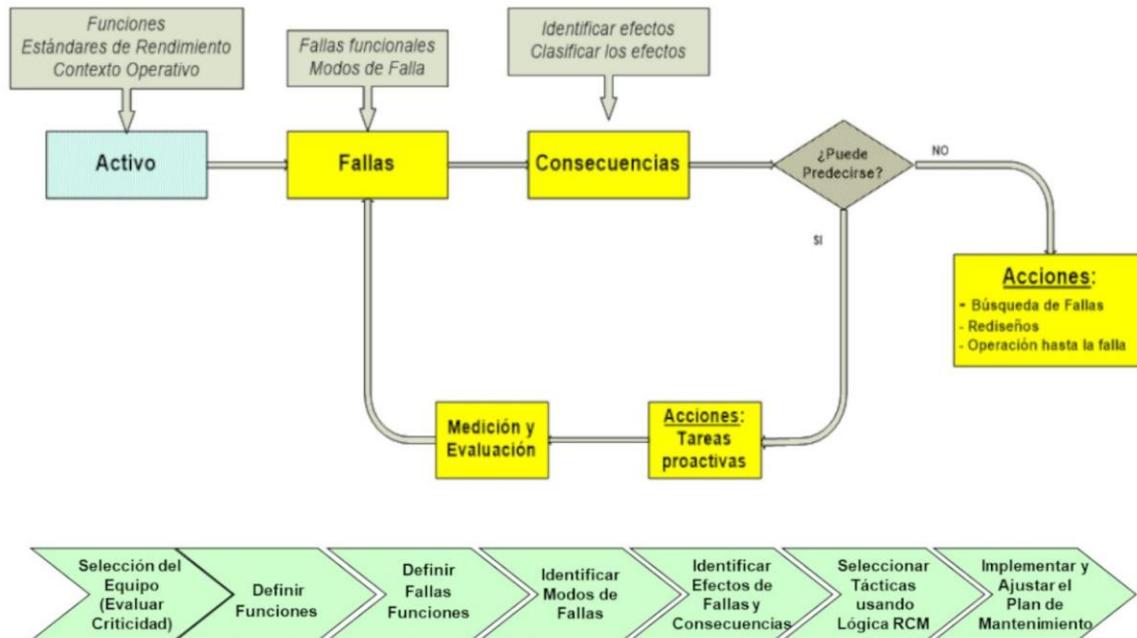


Figura 5. Esquema seguido para la elaboración del Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Para determinar el costo de la propuesta del TPM, se especificaron los costos individuales de inversión, considerando cotizaciones de materiales destinados para la aplicación de un sistema de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad; tomando en consideración los costos de elevador de jabas, volcador de jabas, elevador de fruta, escobillas de lavado, seleccionadora, fajas de pre-acomodo de mango, singulador. Además, se consideraron los aspectos ambientales, gestión de mantenimiento, mantenimiento, sueldo de operarios a los cuales se capacitará en la Tabla 7.

Tabla 7. Costo para implementación de la propuesta

Índice	Descripción	Dirigido A:	Costo Unitario (S/)	Unidad	Sub Total
Ambiental	Sensibilidad y Concientización Ambiental	Encargado de Área; Técnicos.	150	40	6000
	Manejo de residuos Peligrosos	Encargado de Área; Técnicos.	150	40	6000
Gestión de mantenimiento	Cálculo y análisis de indicadores básicos de mantenimiento: Confiabilidad; Disponibilidad y Mantenibilidad.	Encargado de Área; Técnicos.	500	5	2500
	Análisis de riesgo y de fallas	Encargado de Área; Técnicos.	200	5	1000
	Mantenimiento centrado en la confiabilidad MCC.	Encargado de Área; Técnicos.	200	40	8000
	Análisis causa Raíz (ACR)	Encargado de Área; Técnicos.	300	5	1500
Mantenimiento	Mantenimiento, inspección y reparación Motores	Encargado de Área; Técnicos.	150	40	6000
	Mantenimiento, inspección y reparación de estructuras metálicas	Encargado de Área; Técnicos.	150	40	6000
	Mantenimiento y reparación de líneas de corriente eléctrica.	Encargado de Área; Técnicos.	150	40	6000
	Mantenimiento y reparación de parte electrónica	Electrónico, técnicos	150	5	750
	Mantenimiento y configuración de PLC.	Mecatrónico, Técnicos	150	5	750
Sueldo de operarios a los cuales se capacitará	Supervisor	Técnico/Ingeniero	160	1	160
	Mecánico	Técnico.	150	12	1800
	Mecánico Soldador	Técnico.	150	12	1800
	Mecatrónico	Técnico.	160	1	160
	Ayudantes	Técnico.	100	12	1200
	Electricista.	Técnico.	150	2	300
Total					49920

## V. DISCUSIÓN

Se determinó que respecto al primer resultado del objetivo específico correspondiente a la realización del diagnóstico de la situación actual de los activos del área de calibrado de Biofruit Export S.A. Piura 2021, se identificaron las principales causas, dentro de las cuales se puede identificar, la falta de capacitación al personal de mantenimiento, los paros programados no definidos, el deficiente stock de materiales en almacén, las piezas desgastadas de máquinas necesitan recambio y la falta de registro de fallas en la maquinaria. Estas causas fueron determinadas mediante la recolección de información haciendo uso de los instrumentos de cuestionarios, para luego ser representada en un Diagrama de Ishikawa o también llamado Diagrama de Causa efecto, el cual señala las principales causas que originan el problema de falta de mantenimiento en el área de calibrado de Biofruit Export S.A.

El diagrama de Ishikawa se elaboró considerando las 6 M, metodología, medición, mano de obra, maquinaria, medio ambiente y materiales, por su parte otros autores han hecho uso de este diagrama para analizar las causas que dan origen a su problema, como Blanco y Leyva (2019) dan a conocer la existencia de un problema en la gestión de mantenimiento presentada en una empresa de confección textil de Ate, previamente los autores desarrollaron un diagnóstico mediante un diagrama de causa – efecto, llevado a cabo por parte del equipo de trabajo de la empresa llegaron a determinar causas similares a las de este trabajo, respecto a la gestión tales como que no se realiza un mantenimiento de manera correcta y con un valor de productividad bajo (62%). Este valor se refleja en la eficacia de la producción (79%), y en la eficiencia (78%). Así mismo, unos bajos valores en: mantenibilidad (49%), confiabilidad (36%) y disponibilidad (74%). Estos valores se pretenden mejorar aplicando el RCM.

El diagrama utilizado es un método que clasifica las ideas o hipótesis sobre las causas u origen de un determinado problema de manera gráfica. Así mismo permite organizar una variada cantidad de datos, se caracteriza por la representación gráfica, lo que

permitirá la estimulación de ideas, la ampliación de operaciones y la facilidad de realizar un examen, y es utilizado también por Geldres (2019) quién realizó la propuesta de mejorar del Sistema de la Gestión de Mantenimiento de la empresa de alimentos balanceados para aumentar la disponibilidad del mezclador de dosificación. Mediante el análisis de documentos recabó la información correspondiente al control de las paradas, cálculo de la disponibilidad y confiabilidad, así como el control de horas. Para el diagnóstico de la situación actual se emplearon el diagrama de Ishikawa, la matriz de priorización y el diagrama de Pareto, dando fuerza al uso del diagrama investigaciones de la misma línea, como la presente.

Para el segundo objetivo, identificar las herramientas de la filosofía del RCM que permitirán mejorar la disponibilidad de los activos del área de calibrado de Biofruit Export S.A. Piura 2021, se llevó a cabo una revisión documental que permitió identificar las herramientas de la filosofía RCM necesarias para mejorar la disponibilidad, como el Diagrama de decisión, este viene a ser un flujograma de preguntas mediante el cual se selecciona la tarea de mantenimiento más adecuada que evita la ocurrencia de cada modo de falla o disminuye el posible efecto (Cornejo, 2017).

Otra de las herramientas utilizadas consistió en la Hoja de decisión, la cual permite asentar las respuestas a las preguntas formuladas por el diagrama de decisión y permitiendo realizar la propuesta de tareas de acuerdo a los resultados de criticidad, confiabilidad y análisis de Pareto. Esta metodología ayuda a determinar de manera sistemática, los pasos a seguir para asegurar que los activos físicos sigan cumpliendo lo solicitado por el usuario dentro de un contexto operacional. Ambas herramientas son utilizadas para las propuestas de RCM desarrolladas por diversos autores, tales como Rodríguez (2018) quién desarrolló una propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la flota de vehículos de la Empresa TRANZIT. Mediante la revisión documental y la ficha de la disponibilidad y confiabilidad, además de una hoja de decisión, se recogió la data de los vehículos. La disponibilidad de los vehículos alcanzó al 60% originando una pérdida económica, debida a la baja de pasajeros, que alcanza

a \$ 668 440.00. Lo que verifica que las herramientas seleccionadas son propicias para este tipo de investigación.

Para el tercer objetivo de redactar la propuesta de RCM para mejorar la disponibilidad de los activos del área de calibrado de Biofruit Export S.A. Piura 2021, se consideró el esquema del Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad señalado en la Figura 5, mismo que fue utilizado por Santa Cruz (2019) quién llevó a cabo un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para evaluar la influencia en la disponibilidad de vehículos en una Municipalidad del Callao, para camionetas Toyota Hilux año 2014 y 2016 (76 unidades). Luego de recoger la data necesaria para la elaboración de la base de datos del estado actual de las unidades vehiculares, se aplicó la metodología RCM observando que la disponibilidad varió del 53% a 62,7%. Las propuestas RCM demuestran una mejora en las empresas o instituciones aplicadas, incrementando la disponibilidad y la confiabilidad de las empresas, como se demuestra en investigaciones, como la de Santa Cruz (2019) y la de Rodríguez (2018), el segundo desarrolló una propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la flota de vehículos de la Empresa TRANZIT. Además, se identifica a Indigoyen (2020) quién llevó una investigación en la cual aplicó la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad para la chancadora Sandvik CH870 con la finalidad de incrementar su disponibilidad, obteniendo como resultados la aplicación del RCM muestra que en promedio la disponibilidad se incrementó en 7.8%.

En cuanto al cuarto objetivo se especificaron los costos individuales de inversión, considerando cotizaciones de materiales tales como el elevador de jabas, volcador de jabas, elevador de fruta, escobillas de lavado, seleccionadora, fajas de preacomodo de mango, singulador. Además, se consideraron los aspectos ambientales, gestión de mantenimiento, mantenimiento, sueldo de operarios a los cuales se capacitará, dando un total de S/49,920. Ávila (2020) por su parte quién también implementó la metodología RCM para mejorar la disponibilidad de los Scooptrams Caterpillar R1600G de una empresa contratista, buscó incrementar la disponibilidad a un 92% mejorando las utilidades de la empresa. Después de implementar el RCM

logró reducir las horas inactivas del scooptrams en un 75.00%, disminuyendo los costos que originaban de \$15, 480.00 a \$3, 825.00, durante un año se calcula que se ahorraría un total de \$139,860.00 de costos disminuidos por inactividad de los scooptram, por lo que se determina que el costo de la propuesta es rentable y genera beneficios económicos a la empresa, siendo un total de \$20, 228.00, a diferencia de este trabajo de investigación en el que se propone un monto menor de S/49,920, debido a la cantidad de población.

## VI. CONCLUSIONES

1. Mediante el diagnóstico de la situación actual se identificó que existe una problemática respecto de los activos del área de calibrado con su gestión de mantenimiento, originado por causas tales, falta de capacitación al personal de mantenimiento, paros programados no definidos, deficiente stock de materiales en almacén, piezas desgastadas de máquinas necesitan recambio, falta de registro de fallas en la maquinaria, falta de limpieza en las maquinas, requerimientos no atendidos a tiempo, demora en el tiempo de atender una falla, falta identificación de máquinas, cortes de energía muy a menudo.
2. Se identificó que las herramientas de la filosofía del RCM que permitirán mejorar la disponibilidad de los activos del área de calibrado de la empresa, se dividen en el Diagrama de decisión, este viene a ser un flujograma de preguntas mediante el cual se selecciona la tarea de mantenimiento más adecuada que evita la ocurrencia de cada modo de falla o disminuye el posible efecto (Cornejo, 2017). Y la Hoja de decisión la cual permite asentar las respuestas a las preguntas formuladas por el diagrama de decisión y permitiendo realizar la propuesta de tareas de acuerdo a los resultados de criticidad, confiabilidad y análisis de Pareto.
3. La redacción de la propuesta de RCM para mejorar la disponibilidad de los activos del área de calibrado de Biofruit Export S.A. Piura 2021 ha considerado que existen nuevas herramientas de gestión, planificación y control del mantenimiento como el diagrama de decisión y la hoja de decisión. Brindando la posibilidad de implementar mejoras en el funcionamiento de las maquinarias presentes, generando un incremento en el nivel de confiabilidad y disponibilidad.
4. El cálculo de aplicación de la propuesta del TPM arrojó un total de S/49,920, incluyendo el elevador de jabas, volcador de jabas, elevador de fruta, escobillas de lavado, seleccionadora, fajas de pre-acomodo de mango, singulador, además aspectos ambientales, gestión de mantenimiento, sueldos de operarios capacitados.

## **VII. RECOMENDACIONES**

El encargado del área deberá realizar un sistema de control y monitoreo periódico, que garantice la viabilidad de la aplicación de la metodología RCM en el área de calibrado de Biofruit Export S.A.

El encargado del área deberá realizar una investigación sobre la aplicación de la metodología RCM a las demás áreas de la empresa Biofruit Export S.A., aplicado a las diferentes maquinarias según las respectivas operaciones.

Evaluar la aplicación de un programa de inducción y capacitación sobre los operarios, para el manejo de la maquinaria, con la posibilidad de incrementar la disponibilidad e incremento de la vida útil de los equipos y maquinarias.

## REFERENCIAS

Alvarez Lloret. Diseño del plan de mantenimiento preventivo y correctivo para los equipos móviles y fijos de la empresa de Mirasol.S.A. Ecuador, 2014. Universidad. Disponible: <https://bit.ly/380XRwQ>

Ayala y Jiménez. Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento del sistema de almacenamiento y despacho de gnl. UPC, Lima 2016. Disponible: <https://bit.ly/380uxq6>

Becerra y Oviedo. Propuesta de mejora del ciclo de almacenamiento en el almacén. Chiclayo, 2016. Disponible en: <https://bit.ly/2Vgd87v>

Bejarano y Basabe. Estudio del impacto generado sobre la cadena de valor a partir del diseño de una propuesta para la gestión del mantenimiento preventivo en la cantera salitre blanco de aguilas construcciones S.A. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2009. Disponible en: <https://bit.ly/3i1qheE>

Benítez, Díaz, y Cabrera. Metodología para el cálculo de la mantenibilidad. Cuba, 2010. Disponible en: <https://bit.ly/2Z5crz3>

Bernilla, Jonel. Plan de mejora de la gestión de almacenamiento para elevar la productividad en j.ch. Comercial S.A. Chiclayo, 2018. Disponible en: <https://bit.ly/2VeapeM>

DMD solutions, “Análisis de Modos de Fallo, Efectos y Criticidad (AMFEC) | DMD Solutions ES,” 2017. [Online]. Disponible: <http://dmd.solutions/es/project/failure-mode-effects-and-criticality-analysis/>.

Doniz Magallon. Implementación del mantenimiento preventivo-predictivo en el instituto mexicano del seguro social. México: Ingeniería de mantenimiento industrial. 2011. Disponible: <https://bit.ly/3exBpOc>

E. LA Confiabilidad Del Caldero Piro-tubular De La Facultad De Mecánica and G. de mora félix antonio redrobán quiróz cristian eduardo “Puesta En Marcha Y Mantenimiento,” ESPOCH, 2015.

Efiempresa. La Gestión de Mantenimiento y sus Indicadores Más Comunes., 2015. Disponible en: <https://bit.ly/2BBGiqY>

G. Valencia, D. J. Barros, and L. Vargas, “Implementación del RCM II en planta de producción de lingotes de plomo RCM II implementation on a lead ingots plant production,” Sci. Tech. Año XIX, vol. 19, no. 2, pp. 200–208, 2014.

García Cabello. Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en una

empresa de elaboración de alimentos balanceados, mediante el mantenimiento productivo total (tpm). Lima 2015. PUCP. Disponible: <https://bit.ly/2YwZlpQ>

García, Santiago. Ingeniería de mantenimiento - Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial, Renovetec, 2012 [en línea]. Disponible en: <https://bit.ly/31dV81v>

Gasca, Camargo y Medina. Sistema para Evaluar la Confiabilidad de Equipos Críticos en el Sector Industrial. Scielo Conicyt, 2018. Disponible: <https://bit.ly/2CHIIVD>

Gestión Integral de Mantenimiento Basada en Confiabilidad, Reliabilityweb [en línea]. Disponible en: <https://bit.ly/2VeC9jJ>

Hernández y Navarrete. Sistema de cálculo de indicadores para el mantenimiento. Revista Club de mantenimiento. Brazil, 2001. Disponible en: <https://bit.ly/3dvTYB3>

Hoyos, Oscar. Carlos. Análisis de modos de falla y efectos. Livingreliability, 2011. Disponible en: <https://bit.ly/3eybbv1>  
Iglesias, Pablo. La Optimización Como Pilar Evolutivo. PABLOYGLESIAS Blog. Artículo, 2018. Universidad Privada del Norte, 2014. Disponible en: <https://bit.ly/2NrHbVx>

INSHT, “Mantenimiento exposicion y consecuencia,” p. 140, 2014.  
Lean Solutions, “AMEF, Análisis De Modo Y Efecto De La Falla – Lean Solutions,” 2017. [Online]. Disponible: <http://www.leansolutions.co/conceptos/amef/>.

Lozada Cepeda José Antonio, “Elaboración de un plan de mantenimiento basado en el mantenimiento productivo total (tpm) para la maquinaria de recuperación de turbinas del cirt en la empresa celec ep – hidroagoyán” 2017.

Maza Marco Antonio, “Diseño De Un Plan De Mantenimiento Basado En Rcm, Para Los Equipos Y Vehiculos De Dnacol S.a,” p. 55, 2011.

Miranda L. Sistema para la gestión del servicio de mantenimiento en el área biomédica hospitalaria. UNAM México, 2014. Disponible en: <https://bit.ly/3fWK7G6>

Mora Alberto. Mantenimiento, Planificación y Control. Editorial Alfaomega, 2015. [en línea]. Disponible en <https://bit.ly/2Ve7Uco>

Moubray. Mantenimiento: El Nuevo Paradigma [en línea]. Disponible en: <https://bit.ly/37XG2yo>

Murillo y Palacios. Diseño de un sistema de control interno en el área de ventas de la botica Farma Cartavio en el periodo 2013. Universidad UPAO Trujillo, 2013. Disponible en: <https://bit.ly/2B7DRwk>

O. U. Alexis, R. M. Carlos, and I. Henry, "Gestión de mantenimiento en pymes industriales," Rev. Venez. Gerenc., 2013.

P. O. U. N. J. Averiana, "Historia Y Naturaleza," vol. 2, no. 1, pp. 2003.

R. Maliza and R. Elena, "Universidad Técnica De Ambato," Repo.Uta.Edu.Ec, p. 130, 2011.

ReliabilityWeb, "El Análisis de Criticidad, una Metodología para mejorar la Confiabilidad Operacional - Reliabilityweb: A Culture of Reliability." [Online]. Disponible: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/el-analisis-decriticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-ope>.

Reliabilityweb, "El Camino hacia el RCM - Reliabilityweb: A Culture of Reliability." [Online]. Disponible: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/el-camino-hacia-el-rcm>.

Renato, Delgado (2015). Propuesta para la mejora de la gestión del proceso logístico en la Empresa Tablenorte S.A.C. USAT Lima, 2015. Disponible en: <https://bit.ly/3ewsrAB>

Salazar, Bryan. Mantenimiento Industrial e Ingeniería Industrial. [en línea]. Lima: 2019. Disponible: <https://bit.ly/2CF4NnC>

Samame, Roxana. Indicadores de Confiabilidad Propulsores en la Gestión del Mantenimiento. Bsginstitute [en línea]. Disponible en: <https://bit.ly/2NuOJad>

Sánchez, Alberto. Mantenimiento integral de edificios e instalaciones: Análisis y medidas de mejora. Universidad Politécnica de Cartagena, Trujillo 2015. Disponible en: <https://bit.ly/2NqJic6>

Shohet, Puterman, y Gilboa. Deterioration patterns of building cladding components for maintenance management. Construction Management and Economics [en línea], Haifa 2002. Disponible: <https://bit.ly/2Z4td1u>

Vásquez y Espejo. Gestión del mantenimiento para incrementar la productividad en el área de destilación de la empresa d`cobre- 2017. Chiclayo, Universidad Señor de Sipán 2017. Disponible: <https://bit.ly/3dvK6Y1>

Villegas Arenas. "Propuesta de mejora en la gestión del área de mantenimiento, para la optimización del desempeño de la empresa "Manfer s.r.l. Contratistas generales". Universidad Católica San Pablo, Arequipa, 2016. Disponible: <https://bit.ly/3810D55>

Villena Andia. Propuesta de Implementación de un Plan de Mantenimiento de Equipos Bajo Las Tecnicas Del Tpm en una Empresa Constructora. UPC LIMA, 2017. Disponible: <https://bit.ly/3dye8Ku>

Villena, Ali. Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento de equipos bajo las técnicas del TPM en una empresa constructora. Disponible en: <https://bit.ly/3fWlsBr>

Viscaíno, Mayra. Desarrollo de un plan modelo de mantenimiento para el funcionamiento adecuado de los equipos eléctricos y mecánicos de un edificio de oficinas en la Ciudad de Cuenca, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2016. Disponible en: <https://bit.ly/2Nqirg>

## Anexos

### Anexo 1. Matriz de consistencia

VARIABLES ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)	Es una metodología que analiza las funciones de los activos, para ver cuáles son sus posibles fallas, detectar los modos o causas de fallas, estudiar sus efectos y analizar sus consecuencias, a partir de allí centra sus esfuerzos en la confiabilidad operacional integrando equipos, procesos y gente (Esparza, 2015).	NPR = G*O*D	NPR	Índice de gravedad (G)	Razón
				Índice de ocurrencia (O)	Razón
				Índice de detección (D)	Razón
		Para este análisis, se tomarán como referentes a los equipos cuya criticidad está considerada dentro de la calificación de alta Criticidad, o sea todos los equipos. Para ello se utilizarán las respectivas hojas de información de los equipos críticos, obtenidos del análisis de criticidad donde se describen la función, las fallas funcionales, el modo de falla y el efecto de falla, aquí se procede a contestar las cuatro primeras preguntas de la metodología del RCM, en las hojas AMEF.	AMFE	Función	Nominal
Falla funcional					
Modo de falla					
Efecto de falla					
Disponibilidad	Cruzado y Francisco (2016) consideran que es el objetivo principal del mantenimiento, puede ser definida como la confianza de que un equipo y/o máquina que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado.	$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de funcionamiento}}{\text{Número total de fallas}}$ $MTTR = \frac{\text{Tiempo total de paradas}}{\text{Número total de paradas}}$ $D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	Se recolectaran de los reportes de mantenimiento.	Tiempo promedio entre fallas (MTBF)	Razón
				Tiempo promedio de reparación (MTTR)	Razón
				Disponibilidad (D)	Razón

Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Entrevista

Nombre: .....

Fecha: .....

Objetivo: Diagnosticar la situación actual de la Gestión de Mantenimiento

Dirigida al encargado de área mantenimiento.

¿Existe un plan de mantenimiento de las máquinas y equipos para el área de calibrado? Si No Poco
¿Considera usted que el área de calibrado necesita un plan de Mantenimiento, Por qué? ..... ..... ..... ..... ..... ..... .....
¿Lleva un control de los equipos, repuestos, herramientas que se encuentran a su cargo? Si No Poco
¿Realizan todos los encargados de turno una inspección visual periódica de todos los sistemas de sus máquinas? Si A veces Poco
¿Se tiene un registro codificado de cada una de las máquinas? Si No Poco
¿Cuentan con formatos de apoyo para el registro y control de inventarios como materiales, repuestos, etc.? Si

No
¿Se realiza el registro de fallas de las máquinas en la fábrica? Si No Poco
¿Se realizan actividades de mantenimientos programados? Si No
¿Existen formatos de órdenes de trabajo para el mantenimiento de las máquinas? Si No
¿Realizan capacitaciones técnicas? Si No Poco
¿Cuenta con formatos para realizar la adquisición de repuestos, equipos y herramientas? Si No
¿El tiempo de entrega de repuestos es ágil y oportuno? Si No Poco



## UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Encuesta

Dirigida a los técnicos del Área de mantenimiento de BIOFRUIT EXPORT SA.  
Tambogrande, Piura

Cuál es el nombre de la(s) máquina(s) a su cargo:
¿Qué trabajos se realiza con la máquina a su cargo?
¿Qué actividades de mantenimiento realiza usted a sus máquinas?
¿Cuáles son las condiciones operativas de las máquinas a su cargo?
. ¿Qué tiempo pierde cada vez que hay una falla?
¿Cuántos días a la semana trabajan las máquinas?
¿Ante una falla quien te brinda el soporte?
¿El tipo de mantenimiento se les hace a las máquinas es?
¿Considera usted que las máquinas a su cargo son seguras?
¿Cuándo se le hace mantenimiento general a su máquina?
Está capacitado para identificar una falla.

## REGISTRO DE FALLAS

N°	Equipos de calibrado	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (Hrs) [A]	N° DE PARADAS POR AVERIAS [B]	HORAS POR MTTTO CORRECTIVO [C]	HORAS POR MTTTO PREVENTIVO [D]	HORAS MANT. TOTAL [C + D]	MTBF [A/B]	MTTR [C + D]/B	DISPONIBILIDAD ( D )
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

### Anexo 3. Validación de instrumentos de recolección de datos



#### **CONSTANCIA DE VALIDACIÓN**

Yo, Gerardo Sosa Panta con DNI N° 03591940 Magister en Docencia Universitaria , de profesión Ingeniero Industrial desempeñándome actualmente como Docente en Universidad César Vallejo

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos: Entrevista al jefe de mantenimiento, Encuesta al personal de mantenimiento y Tiempo total del proceso.

Entrevista al jefe de mantenimiento	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
2. Objetividad			X		
3. Actualidad			X		
4. Organización			X		
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad			X		
7. Consistencia			X		
8. Coherencia			X		
9. Metodología			X		

Encuesta al personal de mantenimiento	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
2. Objetividad			X		

3.Actualidad			X		
4.Organización			X		
5.Suficiencia			X		
6.Intencionalidad			X		
7.Consistencia			X		
8.Coherencia			X		
9.Metodología			X		

Tiempo total del proceso	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1.Claridad			X		
2.Objetividad			X		
3.Actualidad			X		
4.Organización			X		
5.Suficiencia			X		
6.Intencionalidad			X		
7.Consistencia			X		
8.Coherencia			X		
9.Metodología			X		

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 19 días del mes de noviembre del dos mil veintidós.



Mgr. : Gerardo Sosa Panta  
DNI : 03591940  
Especialidad : Ingeniero Industrial  
E-mail : gerardodolar@gmail.com



Entrevista  
Nombre: .....  
Fecha: .....

Objetivo: Diagnosticar la situación actual de la Gestión de Mantenimiento Dirigida al encargado de área mantenimiento.

1. ¿Existe un plan de mantenimiento de las máquinas y equipos para el área de calibrado? Si No Poco
2. ¿Considera usted que el área de calibrado necesita un plan de Mantenimiento, Por qué? ..... ..... ..... ..... ..... ..... .....
3. ¿Lleva un control de los equipos, repuestos, herramientas que se encuentran a su cargo? Si No Poco
4. ¿Realizan todos los encargados de turno una inspección visual periódica de todos los sistemas de sus máquinas? Si A veces Poco

5. ¿Se tiene un registro codificado de cada una de las máquinas? A. Si No Poco
6. ¿Cuentan con formatos de apoyo para el registro y control de inventarios como materiales, repuestos, etc.? Si No
7. ¿Se realiza el registro de fallas de las máquinas en la fábrica? A. Si No Poco
8. ¿Se realizan actividades de mantenimientos programados? A. Si B. No
9. ¿Existen formatos de órdenes de trabajo para el mantenimiento de las máquinas? Si No
10. ¿Realizan capacitaciones técnicas? Si No Poco
11. ¿Cuenta con formatos para realizar la adquisición de repuestos, equipos y herramientas? Si No
12. ¿El tiempo de entrega de repuestos es ágil y oportuno? Si No Poco



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

Encuesta

Dirigida a los técnicos del Área de mantenimiento de BIOFRUIT EXPORT SA.  
Tambogrande, Piura

1.Cuál es el nombre de la(s) máquina(s) a su cargo:
2. ¿Qué trabajos se realiza con la máquina a su cargo?

3. ¿Qué actividades de mantenimiento realiza usted a sus máquinas?
4. ¿Cuáles son las condiciones operativas de las máquinas a su cargo?
5. ¿Cada que tiempo, se presentan fallas en las máquinas a su cargo?
6. . ¿Qué tiempo pierde cada vez que hay una falla?
7. ¿Cuántos días a la semana trabajan las máquinas?
8. ¿Ante una falla quien te brinda el soporte?
9. ¿El tipo de mantenimiento se les hace a las máquinas es?
10. ¿Considera usted que las máquinas a su cargo son seguras?
11. ¿Cuándo se le hace mantenimiento general a su máquina?
12. ¿Está capacitado para identificar una falla?

## REGISTRO DE FALLAS

N°	Equipos de calibrado	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (Hrs) [A]	N° DE PARADAS POR AVERIAS [B]	HORAS POR MTTO CORRECTIVO [C]	HORAS POR MTTO PREVENTIVO [D]	HORAS MANT. TOTAL [C + D]	MTBF [A/B]	MTTR [C + D]/B	DISPONIBILIDAD ( D )
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									

18									
19									
20									

### Anexo 3. Validación de instrumentos de recolección de datos



#### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Víctor Gerardo Ruidías Alamo, con DNI N° 02606042, Magister en Ciencias de la Educación, de profesión Ingeniero Industrial, desempeñándome actualmente como Docente Universitario en PFA en la Universidad César Vallejo- Filial Piura.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos: Entrevista al jefe de mantenimiento, Encuesta al personal de mantenimiento y Registro de fallas.

Entrevista al jefe de mantenimiento	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad			X		
4. Organización				X	
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad			X		
7. Consistencia			X		
8. Coherencia			X		
9. Metodología				X	

Encuesta al personal de mantenimiento	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad			X		
4. Organización				X	
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad			X		
7. Consistencia			X		
8. Coherencia			X		
9. Metodología				X	

Registro de fallas	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad			X		
4. Organización				X	
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad			X		
7. Consistencia			X		
8. Coherencia			X		
9. Metodología				X	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 19 días del mes de noviembre del dos mil veintidós.

M tr.	Víctor Gerardo Ruidías Alamo
DNI	02606042
Especialidad	Ingeniero Industrial
E-mail	erardoruidiasalamo@gmail.com



**Víctor Gerardo Ruidías Alamo**  
Ingeniero Industrial  
Registro CIP N° 95268

## **CONSTANCIA DE VALIDACIÓN**

Yo, Gerardo Sosa Panta con DNI N° 03591940 Magister en Docencia Universitaria , de profesión Ingeniero Industrial desempeñándome actualmente como Docente en Universidad César Vallejo

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación los instrumentos: Entrevista al jefe de mantenimiento, Encuesta al personal de mantenimiento y Tiempo total del proceso.

Entrevista al jefe de mantenimiento	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
2. Objetividad			X		
3. Actualidad			X		
4. Organización			X		
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad			X		
7. Consistencia			X		
8. Coherencia			X		
9. Metodología			X		

Encuesta al personal de mantenimiento	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
2. Objetividad			X		

3.Actualidad			X		
4.Organización			X		
5.Suficiencia			X		
6.Intencionalidad			X		
7.Consistencia			X		
8.Coherencia			X		
9.Metodología			X		

Tiempo total del proceso	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1.Claridad			X		
2.Objetividad			X		
3.Actualidad			X		
4.Organización			X		
5.Suficiencia			X		
6.Intencionalidad			X		
7.Consistencia			X		
8.Coherencia			X		
9.Metodología			X		

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 19 días del mes de noviembre del dos mil veintidós.



Mgr. : Gerardo Sosa Panta  
DNI : 03591940  
Especialidad : Ingeniero Industrial  
E-mail : gerardodolar@gmail.com



Entrevista

Nombre: .....

Fecha: .....

Objetivo: Diagnosticar la situación actual de la Gestión de Mantenimiento Dirigida al encargado de área mantenimiento.

1. ¿Existe un plan de mantenimiento de las máquinas y equipos para el área de calibrado? Si No Poco
2. ¿Considera usted que el área de calibrado necesita un plan de Mantenimiento, Por qué? ..... ..... ..... ..... ..... ..... .....
3. ¿Lleva un control de los equipos, repuestos, herramientas que se encuentran a su cargo? Si No Poco
4. ¿Realizan todos los encargados de turno una inspección visual periódica de todos los sistemas de sus máquinas? Si A veces Poco
5. ¿Se tiene un registro codificado de cada una de las máquinas? A. Si No Poco

<p>6. ¿Cuentan con formatos de apoyo para el registro y control de inventarios como materiales, repuestos, etc.?</p> <p>Si No</p>
<p>7. ¿Se realiza el registro de fallas de las máquinas en la fábrica? A. Si No Poco</p>
<p>8. ¿Se realizan actividades de mantenimientos programados? A. Si B. No</p>
<p>9. ¿Existen formatos de órdenes de trabajo para el mantenimiento de las máquinas? Si No</p>
<p>10. ¿Realizan capacitaciones técnicas? Si No Poco</p>
<p>11. ¿Cuenta con formatos para realizar la adquisición de repuestos, equipos y herramientas? Si No</p>
<p>12. ¿El tiempo de entrega de repuestos es ágil y oportuno? Si No Poco</p>



## Encuesta

Dirigida a los técnicos del Área de mantenimiento de BIOFRUIT EXPORT SA.  
Tambogrande, Piura

1.Cuál es el nombre de la(s) máquina(s) a su cargo:
2. ¿Qué trabajos se realiza con la máquina a su cargo?
3. ¿Qué actividades de mantenimiento realiza usted a sus máquinas?
4. ¿Cuáles son las condiciones operativas de las máquinas a su cargo?
5. ¿Cada que tiempo, se presentan fallas en las máquinas a su cargo?
6. . ¿Qué tiempo pierde cada vez que hay una falla?
7. ¿Cuántos días a la semana trabajan las máquinas?
8. ¿Ante una falla quien te brinda el soporte?
9. ¿El tipo de mantenimiento se les hace a las máquinas es?
10. ¿Considera usted que las máquinas a su cargo son seguras?
11. ¿Cuándo se le hace mantenimiento general a su máquina?
12. ¿Está capacitado para identificar una falla?

## REGISTRO DE FALLAS

N°	Equipos de calibrado	TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN (Hrs) [A]	N° DE PARADAS POR AVERIAS [B]	HORAS POR MTTTO CORRECTIVO [C]	HORAS POR MTTTO PREVENTIVO [D]	HORAS MANT. TOTAL [C + D]	MTBF [A/B]	MTTR [C + D]/B	DISPONIBILIDAD ( D )
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
18									
19									
20									

## Anexo 4. Propuesta de Plan de Mantenimiento

### Determinación de la disponibilidad actual

Para el indicador de disponibilidad se tomó en consideración del reporte de las fallas del proceso de calibrado, realizado por el personal técnico de mantenimiento, de esta manera se ingresó toda la información recopilada tales como: horas de paradas, horas de operación, tiempo medio entre fallas, tiempo medio de reparación, disponibilidad en hojas de cálculo, por consiguiente se pudo conocer la condición del trabajo en equipo, procesando la información se realizó el cuadro de la disponibilidad con los valores ponderados de los 6 meses analizados , tal como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Determinación mensual de la disponibilidad

MES	TIEMPO OPERACIÓN (Horas)	TIEMPO PARADA (Horas)	NÚMERO DE FALLAS (Cantidad)	MTBF (Horas)	MTTR (Horas)	Disponibilidad
1						
2						
3						
4						
5						
6						
TOTAL						

### Análisis de modos de fallas y efectos (AMEF)

#### Definición del contexto operacional

Antes de comenzar a redactar las funciones deseadas para el activo que se está analizando (primera pregunta del RCM), se debe tener un claro entendimiento del contexto en el que funciona el equipo, lo que consiste en conocer y entender la filosofía de operación de la planta o proceso, a fin de poder identificar claramente las condiciones bajo las cuales se opera, considerando tanto su diseño como las necesidades del usuario.

Es esta parte del contexto operacional se definirá las funciones de los equipos que conforman el área de calibración de la empresa BIOFRUIT EXPORT SA Piura, a continuación, se detallan las funciones principales de cada equipo estudiado.

#### Elevador de jabas.

Su función es el transporte de las jabas que contienen mango en un promedio de 19 a 20 kilos, posee una tracción a piñones y ejes que enciende con un motor de 2 hp, dicho motor está integrado a un variador de potencia para regular la velocidad de avance de jabas.

Volcador de jabas

Es un sistema cuyo propósito es el de hacer que las jabas se giren por si sola y produzca la caída del mango hacia la tina de desinfección donde está el elevador de fruta. su tracción es con piñones y es halado por un motor de 2 hp. Elevador de fruta.

Se encuentra dentro de la tina de desinfección y este hecho de tubos de pvc de 2 pulgadas, halado por un motor de 2 hp, su propósito es llevar fruta hacia las escobillas de lavado.

Escobillas de lavado.

Es un sistema de escobillas giratorias horizontales elaborados a base de cerdas de equino, su propósito es quitar la cera y otras impurezas que tiene la fruta adherida a la cascara su tracción es con motor de 2 hp.

Seleccionadora.

Es un sistema de tubos de pvc de 2 pulgadas halada con unos piñones conectados a un motor de 2hp, su propósito es trasportar el mango para que el personal haga una selección de mango que no es apto por sus características físicas de acuerdo con el área de calidad.

Fajas de reacomodo de mango.

Son 3 bandas de aproximadamente 0,70 mts de ancho por 6 mts de largo, haldas por un motor de 2 hp, su propósito es uniformizar la fruta de manera que ingrese al singulador más proporcionada.

Singulador

son fajas de 12 cm de ancho por 7 mts de largo, su propósito es acomodar la fruta de manera que esta llegue bien al sistema de pesaje de la maquina calibradora.

Maquina calibradora electrónica.

Es de marca CIU, su capacidad de avance es aproximadamente de 1700 jabas por hora consta de 8 salidas de cada lado, posee un sistema electrónico de balanzas que cuando pasa la fruta envía la orden a los solenoides para que se activen y lo arrojen en la salida necesaria programada desde un computador donde se hace los programas de los diferentes pesos por cliente y destino del mango.

Desarrollo del Análisis Funcional, identificación de modos de fallas, y efectos de fallas (AMEF)

El objetivo básico del AMEF, es encontrar todas las formas o modos en los cuales puede fallar un activo dentro de un proceso, e identificar las posibles consecuencias o efectos de fallas en función de tres criterios básicos para el MCC: seguridad humana, ambiente y operaciones (producción). Para cumplir con este objetivo se debe realizar el AMEF siguiendo la siguiente secuencia:

Explicar las funciones de los activos del área seleccionada y sus respectivos estándares de ejecución.

Definir las fallas funcionales asociadas a cada función del activo.

Definir los modos de fallas asociados a cada falla funcional.

Establecer los efectos o las consecuencias asociadas a cada modo de falla.

Se empleará la hoja o el formato propio de la metodología, donde es registrada la información recopilada en los primeros cuatro pasos del MCC, es decir las

funciones, fallas funcionales, modos de fallas y los efectos de las fallas, el análisis sintetizado en esta hoja se denomina “Análisis de Modos y Efectos de Fallas” (AMEF), ésta se encuentra dividida en cuatro columnas y en la parte superior de la hoja aparece la identificación del elemento, componente, igualmente aparece el número de la hoja. En la Tabla 9 se muestra un ejemplo de una hoja de información. Cornejo (2017).

## Resultados

Tabla 9. Factores para el análisis de criticidad

<b>Frecuencia de Fallas (FF)</b>	Alta	más de 10 fallas por año	4
	Promedio	4-9 fallas/año	3
	Baja	1-3 fallas/año	2
	Excelente	menos de 1 fallas/año	1
<b>Costos de Mantenimiento (CM)</b>	Costo significativo		2
	Costo no significativo		1
<b>Impacto Operacional (IO)</b>	Parada inmediata de toda la planta		10
	Parada inmediata de sector de la línea de producción.		6
	Impacta niveles de producción o calidad		4
	Afecta en costos adicionales asociados a disponibilidad del equipo		2
	No genera efectos significativos		1
<b>Flexibilidad Operacional (FO)</b>	No existe opción de producción y no existe función de respaldo		4
	Existe opción de respaldo compartido.		2
	Existe opción de respaldo disponible		1
<b>Impacto en Seguridad Ambiente e Higiene (IHSEQ)</b>	Afecta la seguridad humana		8
	Daña o afecta el ambiente		6
	Afecta las instalaciones causando daños severos		4
	Provoca daños menores (accidentes o incidentes)		2
	Provoca impacto ambiental que no viola normas ambientales		1
	No provoca ningún daño a personas, instalaciones o ambiente		0

Tabla 10. Consecuencia de las Fallas en la máquina calibradora automática

Componente	Frecuencia de falla (FF)	Impacto operacional (IO)	Flexibilidad operacional (FO)	Costo de mantenimiento (CM)	Impacto IHSEQ	Consecuencia C = IO.FO+CM.IHSEQ
<b>Elevador de jabas.</b>	4	6	4	2	1	26
<b>Volcador de jabas</b>	4	6	4	2	0	24
<b>Elevador de fruta.</b>	4	6	4	1	1	25
<b>Escobillas de lavado.</b>	4	6	4	2	1	26
<b>Seleccionadora.</b>	4	6	4	2	1	26
<b>Fajas de pre-acomodo de mango.</b>	4	6	4	2	1	26
<b>Singulador.</b>	4	6	4	2	1	26
<b>Calibradora</b>	4	6	4	2	1	26

Se utilizan los siguientes parámetros para definir la Criticidad de un Equipo. Según Milanese (2012):

<b>Critico</b>	<b>Semi-Crítico</b>	<b>No crítico</b>
$C \geq 90$	$40 \leq C < 90$	$C < 40$

Con la información anterior se construye la matriz de criticidad de la máquina calibradora automática.

Tabla 11. Matriz de criticidad

Componente	Frecuencia de falla (FF)	Consecuencia (C)	Criticidad (FF x C)	Estado
<b>Elevador de jabas.</b>	4	26	104	critico
<b>Volcador de jabas</b>	4	24	96	critico
<b>Elevador de fruta.</b>	4	25	100	critico
<b>Escobillas de lavado.</b>	4	26	104	critico
<b>Seleccionadora.</b>	4	26	104	critico
<b>Fajas de pre- acomodo de mango.</b>	4	26	104	critico
<b>Singulador.</b>	4	26	104	critico
<b>Calibradora</b>	4	26	104	critico

Tabla 12. Criticidad acumulada

Componente	Frecuencia de falla (FF)	Criticidad	Criticidad acumulada	Criticidad acumulada (%)
<b>Elevador de jabas.</b>	4	104	104	12.68%
<b>Volcador de jabas</b>	4	96	200	24.39%
<b>Elevador de fruta.</b>	4	100	300	36.59%
<b>Escobillas de lavado.</b>	4	104	404	49.27%
<b>Seleccionadora.</b>	4	104	508	61.95%
<b>Fajas de reacomodo de mango.</b>	4	104	612	74.63%
<b>Singulador.</b>	4	104	716	87.32%
<b>Calibradora</b>	4	104	820	100.00%
	<b>TOTAL</b>	<b>820</b>		

Tabla 13. Hoja de Información del MCC

Hoja de información MMC	Equipo	Realizado por:	Fecha:	Hoja N°
	Máquina calibradora automática	Revisado por:		1
Componente (C)	Función (F)	Modo de falla (FF)	Efecto de Falla (EF)	Causas del Fallo (FM)
Elevador de jabas.	Transportar jabas	Atasco de faja de arrastre	Detención de proceso	Faja no adecuada
Volcador de jabas	Voltear jabas con fruta	Cadena desgastada	Atasco de jabas	Rotura de jabas
Elevador de fruta.	Llevar frutas hacia las escobillas	Atasco con papel.	Quebradura de polines de pvc.	Daño de fruta
Escobillas de lavado.	Limpiar, lavar fruta.	Piñón en mal estado	fruta dañada	atasco de fruta
Seleccionadora.	Transportar fruta (personal selecciona fruta adecuada)	Polines descoordinados	Detención de proceso	Pérdida de tiempo
Fajas de pre-acomodo de mango.	Distribuir fruta de forma equitativa	destemplado de fajas	caída de fruta al piso	daño de fruta
Singulador.	Acomodar fruta hacia los clips pesaje.	Fajas destempladas	atoro de fruta	daño de fruta
Calibradora	calibrar fruta de acuerdo a especificaciones	balanzas, solenoides en mal estado	Salida de fruta con peso no ideal	Fruta mal calibrada

