

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD PARA MEJORAR LA
DISPONIBILIDAD MECANICA DE LAS
COSECHADORAS DE UNA EMPRESA
AGROINDUSTRIAL DE TRUJILLO EN EL AÑO
2022”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Jose Roberto Gutierrez Zavaleta

Asesor:

Ing. Carlos Enrique Mendoza Ocaña
<https://orcid.org/0000-0003-0476-9901>
Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Ing. Rafael Luis Alberto Castillo Cabrera	45236444
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

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

Jurado 3	Ing. Walter Estela Tamay	16684488
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi fuente de inspiración, mi fuerza cuando sentía que no podría lograrlo y lo que me mantuvo firme hasta el final.

A mi madre fallecida, Eugenia Amable Zavaleta Chávez, al ser más importante de mi vida, por tu inmenso amor y dedicación y principalmente en mi carrera doy gracias a Dios por la madre que me obsequió ya que fue para mí la mejor madre del mundo, que me educo con valores y principios y nunca la olvidaré aunque esté muerta siempre la llevaré en mi corazón que se estremece al recordarte no ha sido fácil superar el no verte más, pero me consuela pensar que estás en un maravilloso lugar, en el cielo, porque es ahí donde están los ángeles como tú, sé que si en este mundo, orabas por mí, tu amor me sigue tocando y tus oraciones serán escuchadas, te recuerdo y se llena mi alma de gozo por todo lo que me diste mientras estuviste junto a mí, te recuerdo y renacen tus abrazos y tus palabras de aliento sigo aquí recordando tu amor y amando tu recuerdo.

A mi padre, porque has sido un ejemplo incuestionable de fe, fortaleza, sabiduría, constancia y por darme ánimos diciéndome lo orgulloso que te sientes de tus hijos.

A toda mi familia, especialmente a mis hermanas (os) Elena, Maria, Fani, Niriam, Sara, Bilam, Jorge y Frank, por sus palabras de aliento y buenos deseos, por su apoyo en las buenas y en las malas, sin su apoyo no hubiera podido realizar mis metas.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la vida y por darme la oportunidad de poder realizar mis metas trazadas.

A mi familia, por su apoyo y entusiasmo en todo momento.

A mis sobrinos, por sus buenos deseos y palabras de aliento.

A mi novia, con todo el amor del mundo, gracias por todo el apoyo brindado en los últimos años de mi carrera y le agradezco a Dios por ponerte en mi camino.

Al Ing. Néstor Palma Coral, por darme el tiempo y la oportunidad de poder realizar el presente trabajo de investigación.

Tabla de contenido

JURADO CALIFICADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II: MÉTODO	22
CAPITULO III. RESULTADOS	25
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	50
REFERENCIAS	53
ANEXOS	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	22
Tabla 2 Resumen de la priorización de las causas raíces	29
Tabla 3 Registro de disponibilidad de las cosechadoras antes de la propuesta.....	30
Tabla 4. Cálculo de la pérdida por producción por cosechadora.	31
Tabla 5 Indicador actual del Mantenimiento preventivo ejecutado	31
Tabla 6 Indicador actual de cosechadoras criticas	32
Tabla 7. Cosechadoras y costos perdidos por mano de obra.....	32
Tabla 8 Indicador actual de personal especialista centrado	33
Tabla 9. Cosechadoras por costos de repuestos reportados	33
Tabla 10 Indicador actual de instructivos realizados	34
Tabla 11. Matriz de Indicadores	34
Tabla 12. Resumen de pérdidas.....	46
Tabla 13 Disponibilidad después de la propuesta	47
Tabla 14. Presupuesto de la propuesta.....	48
Tabla 15. Flujo de cajas	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Registro de disponibilidad de las cosechadoras entre agosto 2021 a julio 2022.....	11
Figura 2. Organigrama de una empresa Agroindustrial en Trujillo	26
Figura 3. Mapa de procesos de una empresa Agroindustrial	27
Figura 4 Diagrama de Ishikawa con la problemática actual	28
Figura 5 Pareto de la baja disponibilidad de las cosechadoras.....	29
Figura 6 Cronograma de la aplicación de la propuesta de mejora	35
Figura 7 Registro de fallas de las cosechadoras durante 2022	36
Figura 8 AMEF de las cosechadoras.....	37
<i>Figura 9</i> Formato de análisis de causas raíz	38
Figura 10 Formato complemento de AMEF	39
Figura 11 Instructivo de cosechadoras - Aspectos Fundamentales.....	40
Figura 12. Hoja de Vida de Cosechadora	41
Figura 13 Formato de orden de trabajo de mantenimiento.....	41
Figura 14 Formato de reporte de mantenimiento.....	42
Figura 15 Programa de mantenimiento	43
Figura 16 Resultados de las pérdidas de la CR5 y CR3.....	44
Figura 17. Resultados de las pérdidas de la CR1	45
Figura 18. Resultados de las pérdidas de la CR7	45
Figura 19 Comparación de resultados disponibilidad antes y después de propuesta	47

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Fórmula de criticidad	18
Ecuación 2. Fórmula de disponibilidad	18
Ecuación 3. Fórmula MTBF	19
Ecuación 4. Fórmula de MTTR.....	19

RESUMEN

La presente investigación tiene el objetivo de mejorar la disponibilidad mecánica de las cosechadoras a través del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad de una Empresa Agroindustrial de Trujillo en el año 2022. La investigación es aplicada con un diseño preexperimental – propositiva. Mediante el diagnóstico de la baja disponibilidad de las cosechadoras realizadas en el taller de mantenimiento se encontraron que las causas que mayor impacto fueron: No existe un plan de mantenimiento preventivo de las cosechadoras, no identificación de cosechadoras críticas, personal de mantenimiento contratado y la inexistencia de instructivos de las cosechadoras. Por otro lado, con el AMEF a las cosechadoras se identificaron que 6 son las cosechadoras con mayor criticidad. La propuesta de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad incrementa la disponibilidad mecánica de las cosechadoras de 84.2% a 95.3% en la empresa Agroindustrial de Trujillo en el año 2022. La propuesta tiene una inversión total de S/31,938.00 y un beneficio anual de S/52,866.84. Finalmente, los indicadores financieros presentes en la investigación determinaron que la propuesta es viable y rentable, porque se obtuvo un VAN de S/. 52,497.65, un TIR de 82.40% y un periodo de recuperación de 1.9 años.

PALABRAS CLAVES: (Plan de mantenimiento RCM, Disponibilidad mecánica).

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La agro industrialización en el mundo presenta valiosas oportunidades y beneficios para los países en desarrollo, en términos de procesos globales de industrialización y de desarrollo económico, rendimiento de las exportaciones, inocuidad y calidad alimentarias. El sector agroindustrial se define aquí como el subconjunto del sector manufacturero que procesa materias primas y productos intermedios agrícolas, forestales y pesqueros (Da Silva et al., 2013). El sector agroindustrial a nivel internacional ha tenido un crecimiento a partir del 2019 de 55% en principales mercados a países como: Chile, Canadá, México, Japón, Rusia, Guatemala, Suiza. EE.UU. y China. En el Perú el subsector de la producción de caña de azúcar cuenta con 87 mil hectáreas de caña que producen en total 1.200.000 toneladas de azúcar (85% se destina al mercado interno y 15% se dirige a la exportación), siendo los principales mercados destinos Estados Unidos y Colombia (Arrieta, 2020).

La región La Libertad, lidera el ranking nacional de agroindustria, promovido por las grandes inversiones hechas por el Estado peruano, siendo la primera región productora de espárragos, pimiento del piquillo, alcachofas y arándanos. En julio, el sector agro subsector agrícola (-2,2por ciento) responde aquellos cultivos orientados al mercado interno reportaron una disminución de 18,4% (BCRP, 2022)

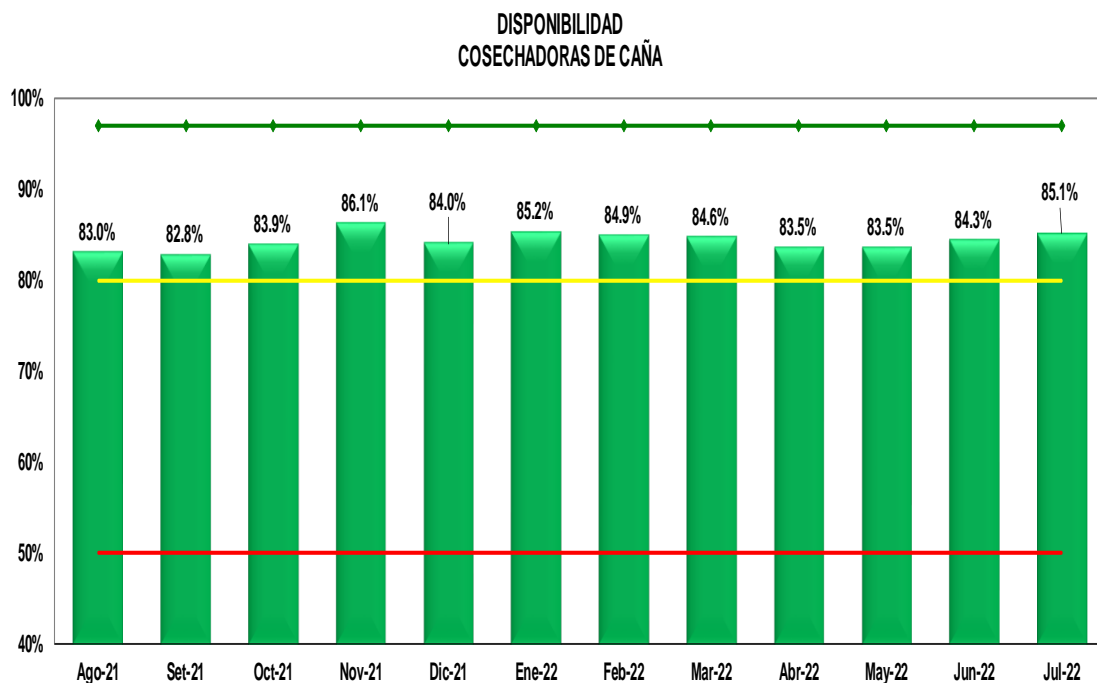
El mantenimiento centrado en confiabilidad es una metodología ampliamente reconocida que viene siendo aplicado hoy en día en el sector agroindustrial, para elaborar planes de mantenimiento para maquinarias y equipos industriales basándose en asegurar las funciones del equipo para la satisfacción del usuario (Campos et al., 2019)

La investigación trata sobre una empresa Agroindustrial de Trujillo dedicada a la

producción de azúcar blanca altamente refinada con características químicas y microbiológicas altamente competitivas, para los clientes más exigentes del sector bebidas, golosinas y farmacéutica, ubicada en AV. Avenida Trujillo #S/N, en Laredo, Trujillo. Según el reporte de disponibilidad de la figura 1 entre agosto 2021 a julio 2022 se registró una disponibilidad de cosechadoras de 84.2%, lo cual ha traído pérdidas económicas para la empresa de alrededor de S/90,000.00 debido incumplimiento de las programaciones y paradas de fábrica (50% de caña de azúcar proviene de corte mecanizado, es decir cosechadoras). El presente estudio se enfocará en las cosechadoras que presenten mayor criticidad en las fallas, es importante mencionar que la empresa solo cuenta con mantenimientos preventivos y menos un programa de mantenimiento.

Figura 1

Registro de disponibilidad de las cosechadoras entre agosto 2021 a julio 2022



Con relación a los antecedentes internacionales tenemos al de Jiménez, P. (2017), en su tesis sobre “Elaboración de un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) para el área de bunchado en planta electrocables de la ciudad de Guayaquil”, sustentado en la Universidad de Guayaquil en Ecuador. La presente investigación tiene el objetivo de reducir el número de averías, horas de averías, tiempo medio entre fallos MTBF y tiempo medio entre reparación de fallos MTTR. Para el análisis de los equipos se utilizó el AMEF. En el estudio económico de los problemas de la gestión del mantenimiento se establecen los costos por parada programada y no programada más el activo circulante no generado por los tiempos improductivos, el valor de estas dos últimas variables de análisis es de \$ 19.680,70. Con la adaptación de la propuesta RCM se obtuvo un costo total de mantenimiento de \$ 11.700,00 que representa un flujo de caja para el primer periodo por un valor de \$ 5.172,28 y para el segundo periodo se presenta un incremento por un valor de \$1.188,15, lo cual demuestra la importancia de la aplicación del presente trabajo de investigación. Con la metodología RCM se incrementa el tiempo medio entre fallos MTBF de 8.8 horas a 29.3 horas, también muestra un aumento de tiempo medio de reparación MTTR de 2.8 horas a 6.8 horas

Del mismo modo al de Villacrés (2016). en su tesis sobre “Desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para el vehículo Hidrocleaner Vactor M654 de la empresa Etapa EP”, sustentada en la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo en Ecuador El presente trabajo de investigación tiene como objeto el desarrollo de un plan de mantenimiento aplicando la metodología de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (RCM) para los equipos críticos de un vehículo de la flota de Hidrocleaners de la empresa municipal Etapa EP de la ciudad de Cuenca, para lo cual se realizará un análisis de criticidad para determinar los equipos

críticos a los cuales se aplicará la metodología RCM. Luego de haber determinado los equipos críticos, se procedió a realizar un análisis de modos y efectos de falla (AMEF); para lo cual es necesario definir las funciones principales y secundarias; sus modos de falla, los efectos de falla y las causas potenciales. Se ha realizado todo esto con la finalidad de determinar el plan de mantenimiento que eviten las potenciales fallas, dicho plan está constituido por actividades de mantenimiento, las frecuencias y los especialistas requeridos. Luego de aplicar el plan resultante se obtuvo una reducción del: 45% en la tasa de fallas, el 58% horas de parada y el 80% en costos por concepto de mantenimiento y alquiler de un camión hidrocleaner sustituto.

Como antecedentes nacionales tenemos al de Salazar (2019), en su tesis sobre “Propuesta de plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad de los tractocamiones freigthliner de la empresa Transportes Pakatnamu SAC”, sustentada Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo en Lambayeque. El objetivo de la tesis es Proponer un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) para los Tractocamiones Freigthliner de la empresa Transportes Pakatnamu S.A.C. En primera instancia se identificó el estado actual de los Tractocamiones Freigthliner describiendo los modos de fallas presentes en los diversos sistemas de estos. Para poder determinamos la disponibilidad actual, teniendo como base de datos tiempos entre las fallas (TBF) y tiempos de las reparaciones (TTR) del historial de tractocamiones. Parte de la aplicación de esta metodología es realizar un Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF), teniendo esta información damos prioridad según criticidad y consecuencia que puede provocar la falla, para esto determinamos antes y después de aplicar la metodología el Número de Prioridad de Riesgos (NPR), teniendo como objetivo proponer tareas que ayuden a evitar los modos de fallas, representadas en una hoja de decisiones. Según el análisis del Número de Prioridad

de Riesgo (NPR) aplicado a los 92 modos de fallo del Tractocamión Freighliner clasificadas según el AMEF antes de aplicar el MCC se obtuvo, 52 fallos críticas (56.52%), 28 fallos moderados (30.43 %) y 12 fallos insignificante (lo que se quiere) (9.52%); y luego de aplicar el MCC se obtuvo, 0 fallos críticos (0%), 0 fallos moderados (0%) y 92 fallos insignificante (100 %). La disponibilidad es de 97.31%, además se obtuvo la confiabilidad del 82.18% y la mantenibilidad del 78.55%. después de aplicar el MCC El costo de operación y mantenimiento aplicando el MCC es de S/. 3,195,115.71 durante los 8 años de la vida útil restante, invirtiendo S/. 117,250.00 en el costo de un tractocamión de 7 años de antigüedad. Obteniendo una disminución aplicando el MCC del costo Soles/Kilómetros recorridos (SOL/KM) de 3.453 sol/km, a 3.195 sol/km. Representando un costo beneficio anual de S/. 8,737.09 por cada Tractocamión y un mensual de S/.728.09 por tractocamión

De igual manera el de Diestra et al. (2017), en su tesis sobre “Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para optimizar la disponibilidad operacional de la máquina con mayor criticidad”, sustentado en la Universidad Cesar Vallejo en Chimbote. El objetivo fue diseñar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad que se ajuste a la necesidad operacionales de la empresa. Para lograr, se realizó un diagnóstico situacional de las maquinas con mayor uso, recolectando información referente al tipo de mantenimiento que se realiza actualmente, características y funcionamiento de las máquinas, se analizó la data histórica de fallas de los últimos 3 años, luego con el uso de la matriz de Criticidad se logró jerarquizar la maquina con mayor criticidad, con la finalidad de dirigir los métodos de mantenimientos a estas máquinas; los elementos más críticos son: Bocinas y Rodamientos, Zapata de Frenos, ejes de transmisión, bocinas de alimentación de líneas fase. Se ejecutó un Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF), para identificar fallas y efectos sobre la máquina. Con la aplicación del Árbol Lógico de Decisión (ALD),

se determinó el tipo de mantenimiento a aplicar, definiendo 52 tareas de las cuales el 90 % son preventivas y 10 % correctivas, para concluir se estimó la confiabilidad actual de los equipos críticos mediante probabilidades estadísticas del estado de la máquina y sus componentes, basada en información recopilada por los trabajadores de la empresa, así el diseño del plan de mantenimiento permitió plantear estrategias disminuir la ocurrencia de fallas

Asimismo, con respecto a los estudios locales identificados al de Quiliche (2018), en su tesis sobre “Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los equipos en el área de preparación y molienda de la empresa Casa Grande S.A.”, sustentada en la Universidad Cesar Vallejo en Trujillo, El objetivo de la investigación es implementar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los equipos. para ello se aplicó métodos deductivos, con una investigación de tipo pre experimental, a una población de 45 equipos del área de preparación y molienda de la empresa Agroindustrial Casa Grande S.A.A, obteniendo como principales resultados, un promedio de disponibilidad actual de los equipos críticos equivalente a 86.13% para lo cual se estableció un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad logrando incrementar la disponibilidad de los equipos críticos a 96.68%, dentro del análisis AMEF, se evidenciaron los niveles de criticidad total de riesgo (CTR) para los 8 modos de falla, de dónde 06 modos de falla fueron críticos (80%), 2 modos de falla fueron semicríticos (20%) y 0 modos de falla fueron no críticos (0%), nuevo Plan de Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) determinó que la disponibilidad de los equipos industriales de 96.68%, confiabilidad de 95.03%, mantenibilidad de 82.10% y una disminución de costo por reparación en el segundo trimestre en un total de S/.938,350.00. Para validar los resultados se elaboró el plan de mantenimiento estableciendo frecuencias para mejorar la

funcionabilidad de los equipos industriales. se elaboró la prueba de hipótesis estadística planteada T student adquiriendo los resultados menores a 0.05, lo que faculta la argumentación que el plan de RCM aumentara la disponibilidad de los equipos de la empresa agroindustrial Casa Grande S.A.A.

Por último, el estudio local de Guarniz (2018), en su tesis sobre “Diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para aumentar la disponibilidad de los activos físicos de los camiones cisterna del Consorcio JRamírez E.I.R.L”, sustentada en la Universidad Cesar Vallejo en Trujillo. La presente investigación se fundamenta en el diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para aumentar la disponibilidad de los activos físicos de los camiones cisterna del Consorcio JRamírez E.I.R.L. La evaluación inicial a los 5 camiones cisterna (GLP T7X 800 Isuzu, GLP LM3 426 Isuzu, ALY 732 Internacional, PAX 633 Internacional y WPL 480 Internacional) del Consorcio JRamírez, determino que el periodo 2017 se perdió un total de 2230 horas por fallas en plena operación, con un total de 67 fallas las cuales originaron un costo total del mantenimiento de S/. 408956.50. El análisis de los indicadores de mantenimiento iniciales de los camiones cisterna, determinó que la disponibilidad se encuentra en el rango de 84.07% - 90.44%, la confiabilidad entre 81.35% - 90.26% y la mantenibilidad entre 52.38% - 75.55%. El análisis de criticidad se aplicó a 21 activos físicos relacionados con las 67 fallas de los camiones cisterna, de los cuales se encontraron 10 activos físicos críticos, 6 semicriticos y 5 no críticos. Se realizó un análisis de modos y efectos de fallas AMEF a los 10 activos físicos de nivel de clasificación crítico, con sus respectivas fallas, los cuales son causantes del 69.24% del total de las horas pérdidas (1544 horas) y del 71.64% de las fallas (48 fallas) encontrando un total de 70 modos de fallas distintos, de los cuales 2 modos de fallas son aceptables, 12 modos son fallas reducibles a deseables y 56 modos son fallas indeseables, determinando que con

la aplicación de un MCC se puede llegar a reducir el 80% de las fallas que ocasionan pérdidas económicas. Se plantearon 43 tareas para el mantenimiento de acuerdo a las hojas de información y decisiones. Asimismo, con la aplicación del MCC la disponibilidad aumenta en un rango de 7.6% - 12.7%, la confiabilidad 7.9% - 15% y la mantenibilidad se mantuvo constante. El diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, permitió al consorcio JRamírez E.I.R.L obtener un beneficio de 190927.90 S/. /año, con una inversión en equipos de S/. 235993.15 con un retorno de la inversión de 15 meses.

Bases teóricas

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

El RCM es un enfoque sistémico diseñado para planes y programas para aumentar la confiabilidad de los equipos con un mínimo costo y riesgo; para lo cual combinas técnicas de AM (Mantenimiento Autónomo), CM (Correctivo), PM (Preventivo) y CBM, mediante estrategias justificadas técnica y económicamente (García, 2012). La metodología del RCM, según deriva de múltiples investigaciones, en la cual se puede resumir en los siguientes pasos:

- Identificar los sistemas básicos de la planta y definir sus funciones principales.
- Identificar los modos de falla que puedan producir cualquier falla funcional.
- Jerarquizar las necesidades funcionales de los equipos mediante el análisis de criticidad.
- Determinar la criticidad de los efectos de las fallas funcionales.
- Emplear el diagrama de árbol lógico para establecer la estrategia de mantenimiento

- Seleccionar las actividades proactivas, más convenientes, u otras acciones

que conserven la función del sistema.

Análisis de Criticidad

Amendola (2010) indica que el análisis de criticidad está determinada por los niveles de criticidad de las fallas de un activo físico, permitiendo clasificarlo en críticos, semi críticos y no críticos. La fórmula para medir el análisis de criticidad es la siguiente:

Ecuación 1.

Fórmula de criticidad

$$Criticidad = \frac{\text{Ponderación de frecuencia de falla}}{\text{Consecuencia}}$$

Disponibilidad

Se define como la confianza de que un equipo u/o máquina que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado. En la práctica, la disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir (Zambrano, 2006). La ecuación para encontrar la disponibilidad es la siguiente:

Ecuación 2

Fórmula de disponibilidad

$$Disponibilidad = \left(\frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \right) * 100\%$$

Con respecto a la disponibilidad mecánica indica que la disponibilidad mecánica solicita por el cliente para este contrato de mantenimiento se define de acuerdo al periodo de horas y disponibilidad garantizada (Mora, 2009).

Confiabilidad

La confiabilidad podría definirse como la “confianza” que se tiene sobre un componente, equipo o sistema desempeñe su función básica, durante un periodo de tiempo

preestablecido, bajo un contexto operacional determinado (Mesa et al., 2006). El indicador de la confiabilidad es el Tiempo medio entre fallas (MTBF) que viene a ser el tiempo transcurrido disponible total menos el tiempo perdido de una falla, esto representa el tiempo promedio que algo funciona hasta que falla y necesita ser reparado (Duffuaa et al., 2007). La ecuación de la fórmula del MTBF es la siguiente:

Ecuación 3

Fórmula MTBF

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo perdido}}{\text{Número de paradas}}$$

Mantenibilidad

La Mantenibilidad se denomina a la probabilidad de que un elemento maquina o dispositivo puedan regresar nuevamente a su estado de funcionamiento normal después de una avería, falla o interrupción productiva, mediante una reparación que implica realizar unas tareas de mantenimiento para eliminar las causas inmediatas que generan las interrupciones (Mora, 2009). El indicador es el Tiempo medio para la reparación (MTTR) donde es una medida del tiempo que dura la reparación, definido como tiempo muerto por reparación/número de fallas (Duffuaa et al., 2007). La fórmula del MTRR es la siguiente:

Ecuación 4.

Fórmula de MTTR

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total del Mantenimiento Correctivo}}{\text{Número de Acciones de Reparación}}$$

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el impacto del mantenimiento centrado en confiabilidad en la disponibilidad mecánica de la empresa Agroindustrial de Trujillo en el año 2022?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Mejorar la disponibilidad mecánica de las cosechadoras a través del mantenimiento centrado en confiabilidad de una empresa agroindustrial de Trujillo en el 2022.

1.3.2. Objetivo Específicos

- Diagnosticar la situación actual de las cosechadoras de la empresa agroindustrial Trujillo 2022
- Desarrollar la propuesta de mantenimiento centrado en confiabilidad de las cosechadoras de una empresa agroindustrial Trujillo 2020.
- Determinar la variación de la disponibilidad mecánica con la propuesta de mejora del mantenimiento centrado en confiabilidad
- Evaluar la viabilidad económica de la propuesta

1.4. Hipótesis

El mantenimiento centrado en confiabilidad mejora la disponibilidad mecánica de las cosechadoras de una empresa Agroindustrial de Trujillo en el 2022.

1.5. Justificación

1.5.1 Justificación Teórica

La investigación presenta una justificación teórica de acuerdo a los diferentes conocimientos e información que se encuentran en el estudio con relación al RCM es de carácter confiable y sistemática, donde se respalda los aspectos teóricos por haberse verificado minuciosamente cada fuente de estudio.

1.5.2 Justificación Práctica

La presente investigación brinda aportes y soluciones a futuras propuestas e implementaciones sobre la aplicación de plan de mantenimiento centrado en confiabilidad

incrementando la disponibilidad operativa y mecánica de las diferentes maquinarias, asimismo cumple también la función de incrementar la productividad de las plantas industriales en un tiempo preestablecido

1.5.3. Justificación Metodológica

Con respecto a la justificación metodológica, la investigación realizó un diseño de instrumentos como la guía de observación, cuestionario y Checklist de registro de fallas que permitieron evidenciar la situación actual de la disponibilidad de las cosechadoras, siendo información válida de una empresa agroindustrial. Asimismo, el estudio cumple con los lineamientos de aplicar el mantenimiento centrado en confiabilidad debido a que es un conocimiento ya existente, por ello, se cumple con los protocolos y el rigor científico.

CAPÍTULO II: MÉTODO

2.1. Tipo de investigación

- La presente investigación es Aplicada, porque resuelve problemas concretos, en circunstancias y características determinadas (Behar, D. 2008).
- El diseño de la investigación es diagnóstico– propositiva.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

La población está constituida por todas las cosechadoras de una empresa agroindustrial en Trujillo, que es un total de 13 unidades

2.2.2. Muestra

La muestra está constituida por 6 cosechadoras con mayor criticidad Modelo CH570, Modelos 3520 Y Casé A8800 de cosechadoras de una empresa agroindustrial en Trujillo.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

En la siguiente tabla se visualiza las técnicas e instrumento de recolección y análisis de datos.

Tabla 1

Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Objetivos	Técnicas	Instrumento
Identificar los procesos y funciones de los técnicos	Observación Directa	Guía de Observación (Anexo 3)
Obtener información sobre los mantenimientos realizados a las cosechadoras	Encuesta	Cuestionario (Anexo 4)
Identificar los indicadores de disponibilidad mecánica	Análisis documental	Checklist de registro de fallas (Anexo 5)

2.4. Procedimiento de recolección de datos

Observación directa

Permite observar de manera directa los procesos y funciones operativos de los técnicos en el mantenimiento a las cosechadoras reconociendo la criticidad de cada falla mecánica para su respectiva clasificación.

Instrumento: Guía de Observación

Secuencia:

- Visita a las instalaciones del área de mantenimiento de una empresa Agroindustrial en Trujillo
- Registro fotográfico y visual de las funciones operativas de mantenimiento.
- Registro de proceso y funciones de mantenimiento de los técnicos en la guía de observación (Excel).

Encuesta

Se diseñó un cuestionario que sirvió para conocer la situación actual sobre los mantenimientos realizados a las cosechadoras, dirigido a 12 técnicos y al supervisor de mantenimiento.

Instrumento: Cuestionario

Secuencia:

- Identificación de los técnicos y supervisor a aplicar el cuestionario
- Diseño del cuestionario mediante 9 preguntas estratégicas para conocer la situación actual relacionado con las cosechadoras
- Registrar respuestas del cuestionario en un documento Excel.

Análisis documental

Esta técnica sirvió para ver los registros de fallas y reportes de los mantenimientos realizados a las cosechadoras y así conocer el nivel de indicadores estudiados como MTBF, MTTR y disponibilidad.

Instrumento: Checklist de registros de fallas

Secuencia:

- Diseño de checklist de registro de indicadores de confiabilidad mantenibilidad y disponibilidad.
- Revisión de reportes obtenidos de una empresa agroindustrial de Trujillo
- Organización de indicadores en un checklist

2.5. Análisis de datos

El análisis de datos se realizó en primera instancia mediante la actriz de priorización causa raíz, donde se obtendrá datos para realizar el análisis de Pareto a partir del diagrama de Ishikawa. Del mismo modo la monetización de causas raíz se realizó en un análisis descriptivo realizado a las diferentes causas raíz, esto permitió conocer las pérdidas, posteriormente se realizó una matriz de indicadores para su respectiva interpretación y comparación. En cuanto al análisis económico, se realizó en un flujo de cajas para obtener indicadores económicos TIR y VAN.

2.6. Aspectos éticos

La presente investigación respeta los datos e información de una empresa agroindustrial donde guarda confidencial del nombre. Así mismo, se respeta los derechos de los autores con relación a las fuentes de estudios utilizadas mediante las referencias bibliográficas de acuerdo a APA 7ma edición.

CAPITULO III. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico de la situación actual de las cosechadoras

3.1.1. Descripción general de la empresa

Dirección : Av. Trujillo s/n - Laredo, Trujillo, La Libertad

Distrito / Ciudad : Laredo

Provincia : Trujillo

Departamento : La Libertad, Perú

Fundación : May-1997

Actividades Comerciales: Elaboración de Azúcar, Mezcla de Bebidas

Alcohólicas.

La empresa Agroindustrial es una empresa dedicada a la producción de azúcar blanca altamente refinada con características químicas y microbiológicas altamente competitivas, para los clientes más exigentes del sector bebidas, golosinas y farmacéutica.

Misión: Generar progreso y bienestar en el Perú, con productos ejemplares a partir del aprovechamiento racional y sostenible de los recursos naturales.

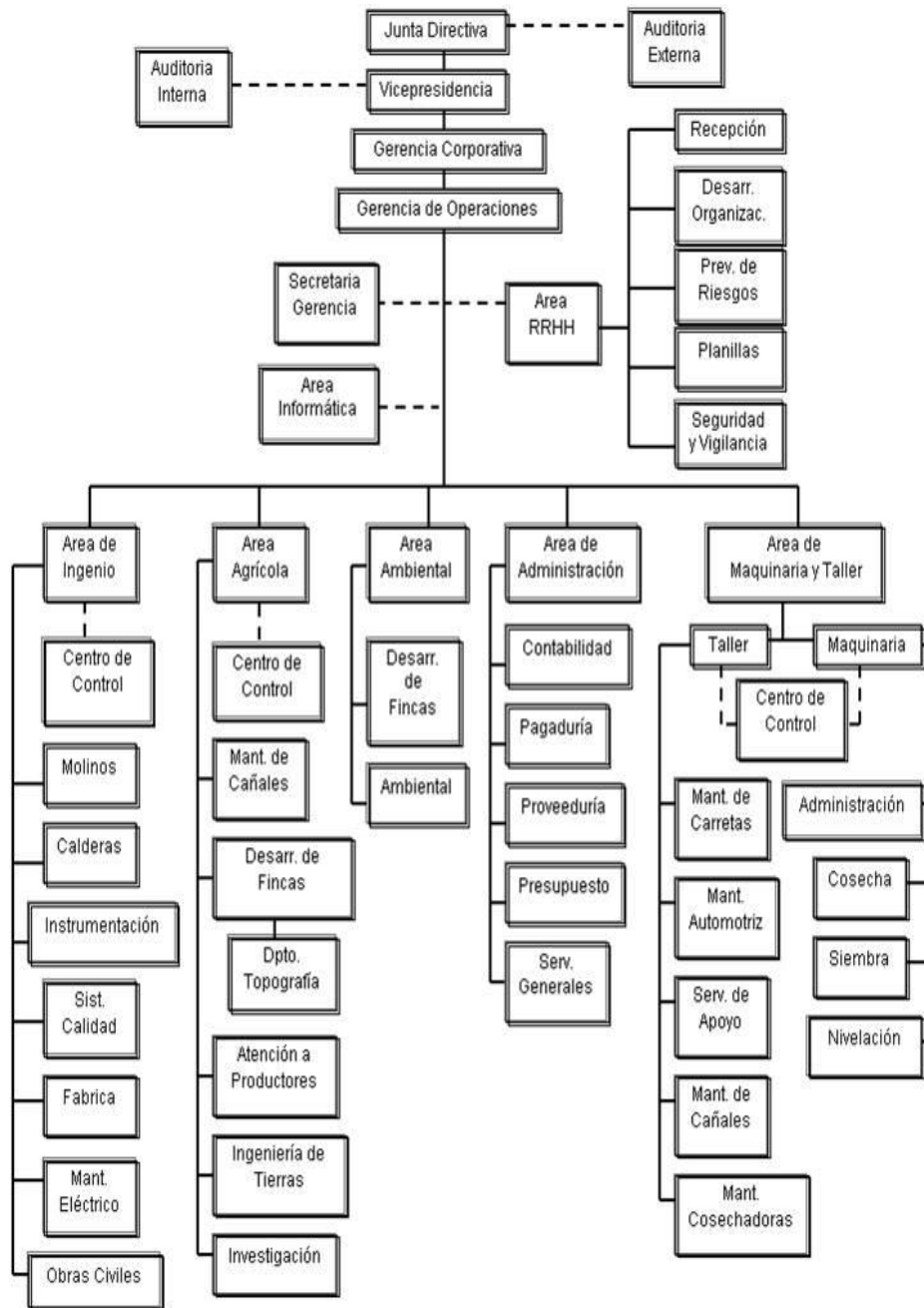
Visión: Empresa Agroindustrial trabaja para ser el líder en la producción de azúcar en el Perú, con productos de primera calidad y a la vanguardia en la aplicación de modernas tecnologías.

Organigrama:

En el siguiente diagrama se presenta el organigrama de una Empresa Agroindustrial de Trujillo.

Figura 2.

Organigrama de una empresa Agroindustrial en Trujillo



Cientes:

Una agroindustrial en Trujillo tiene como sus principales clientes entre: AMBEV Perú, Nestlé, Backus, Sucden, Alicorp, Aje Group, Corp. Lindley S.A, Sta Rosa, entre otros clientes.

Principales Productos:

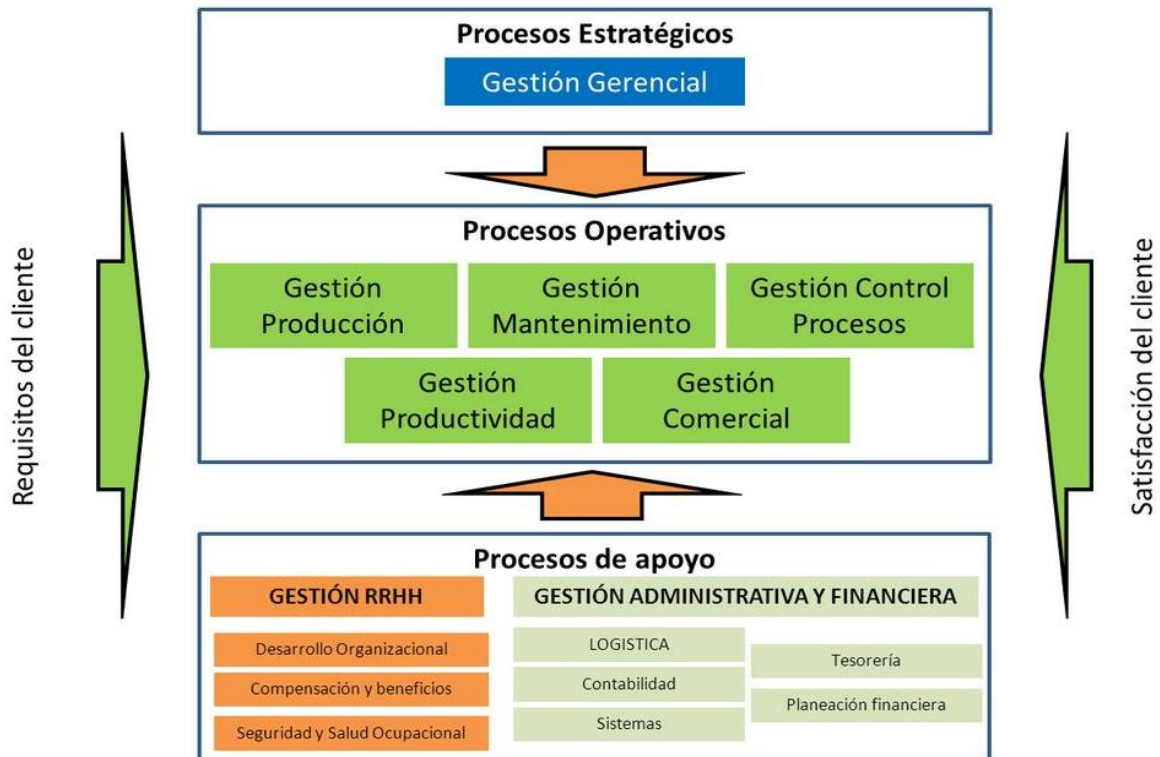
Una agroindustrial en Trujillo produce diversos productos en Azúcar blanca y refinada, azúcar blanca industrial y azúcar blanca doméstica, referido a los clientes peruanos más exigentes en los sectores de alimentos, bebidas y farmacéuticos para optimizar sus procesos. También ofrece, melaza, alcohol hidratado y bagazo.

Mapa de procesos

En la siguiente figura se visualiza el mapa de procesos de una empresa agroindustrial de Trujillo:

Figura 3.

Mapa de procesos de una empresa Agroindustrial



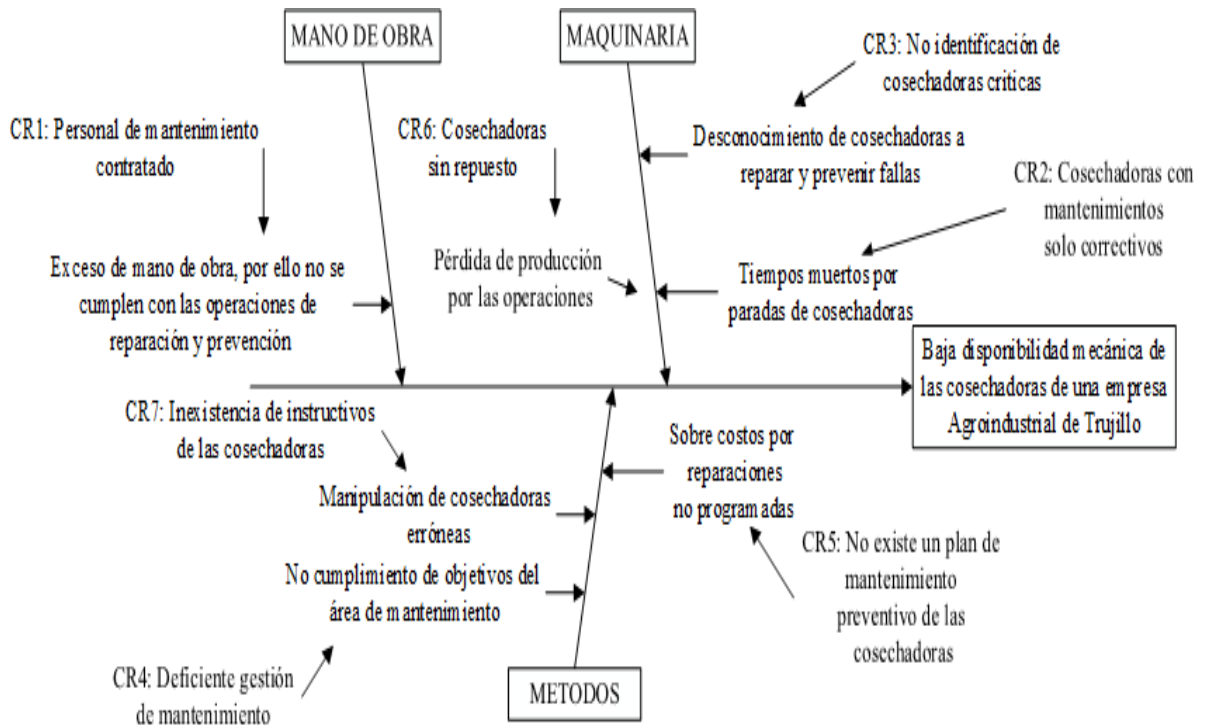
3.2. Diagnóstico del problema

En el taller de una agroindustria en Trujillo no se realizan los mantenimientos correctivos periódicamente, de acuerdo a las paradas de las cosechadoras. Durante agosto 2021 a julio 2022 la empresa ha presentado 54 horas en 48 paradas de máquina, lo que

provoca el 91% de disponibilidad de toda la flota de máquinas, generando de esta manera baja productividad al área de producción. Estos problemas se presentan frecuentemente en los diferentes sistemas de las cosechadoras, pues no existe un control ni un plan de mantenimiento preventivo que aborde esta problemática. Para diagnosticar la situación actual del taller de mantenimiento se diseñó un diagrama de Ishikawa donde se presentan las principales causas impactan directamente en la baja disponibilidad de las cosechadoras:

Figura 4

Diagrama de Ishikawa con la problemática actual



Priorización de las causas raíces

En la siguiente tabla se visualiza las causas priorizadas después de la aplicación de la encuesta aplicada al personal que trabaja en el taller de mantenimiento de la Agroindustrial de Trujillo.

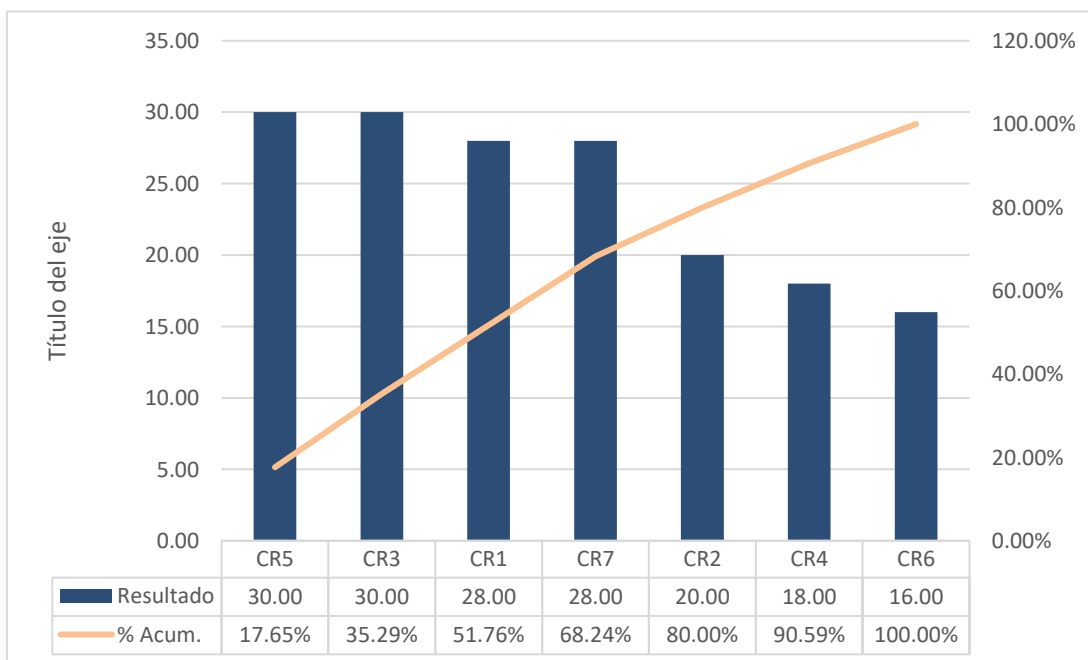
Resumen de la priorización de las causas raíces

CR	Descripción de la Causa Raíz	Resultado	%	% Acumulado
CR5	No existe un plan de mantenimiento preventivo de las cosechadoras	30.00	17.65%	17.65%
CR3	No identificación de cosechadoras críticas	30.00	17.65%	35.29%
CR1	Personal de mantenimiento contratado	28.00	16.47%	51.76%
CR7	Inexistencia de instructivos de las cosechadoras	28.00	16.47%	68.24%
CR2	Cosechadoras con mantenimientos solo correctivos	20.00	11.76%	81.00%
CR4	Deficiente gestión de mantenimiento	18.00	10.59%	90.59%
CR6	Cosechadoras sin repuestos	16.00	9.41%	100.00%
Total		170.00		

En el siguiente diagrama de Pareto se visualizan las causas de mayor impacto en la baja disponibilidad, representando el 68% de las causas, lo que significa que quitando esto se estaría eliminando la problemática actual.

Figura 5

Pareto de la baja disponibilidad de las cosechadoras



Disponibilidad actual

De acuerdo al registro de indicadores de la disponibilidad de cosechadoras durante agosto 2021 a julio 2022 se reportó una disponibilidad de 84.2%, una mantenibilidad de 63.2% y una confiabilidad de 43.2%, lo cual ha generado pérdidas económicas en una empresa agroindustrial de Trujillo debido a los problemas que presenta el área de mantenimiento. En la tabla 3 se visualiza el comportamiento de los indicadores durante agosto 2021 y julio 2022.

Tabla 3

Registro de disponibilidad de las cosechadoras antes de la propuesta

Mes	Tiempo Requerido	Tiempo Parada	Tiempo Func.	Total O.T (N° Paros)	MTBF HR	MTTR HR	Tasa De Reparaciones Veces/Hora	Dispon.	Mantenib.	Conf.
Ago-21	557.66	90.24	441.5	57	7.75	1.58	0.63	83.0%	63.2%	56.6%
Set-21	557.66	96.35	462.52	53	8.73	1.82	0.55	82.8%	63.2%	58.9%
Oct-21	557.66	92.42	480.91	80	6.01	1.16	0.87	83.9%	63.2%	44.9%
Nov-21	557.66	78.78	489.91	96	5.10	0.82	1.22	86.1%	63.2%	38.3%
Dic-21	557.66	92.38	485.58	110	4.41	0.84	1.19	84.0%	63.2%	33.3%
Ene-22	557.66	85.25	492.35	87	5.66	0.98	1.02	85.2%	63.2%	41.9%
Feb-22	557.66	86.67	485.67	89	5.46	0.97	1.03	84.9%	63.2%	41.1%
Mar-22	557.66	89.65	493.56	92	5.36	0.97	1.03	84.6%	63.2%	39.9%
Abr-22	557.66	95.65	483.13	95	5.09	1.01	0.99	83.5%	63.2%	38.7%
May-22	557.66	97.35	492.41	78	6.31	1.25	0.80	83.5%	63.2%	45.8%
Jun-22	557.66	84.62	454.53	92	4.94	0.92	1.09	84.3%	63.2%	39.9%
Jul-22	557.66	82.44	471.24	94	5.01	0.88	1.14	85.1%	63.2%	39.1%
Promedio	557.66	89	478	1023	6	1.10	0.96	84.2%	63.2%	43.2%

Monetización de las causas raíces

- **CR5 No existe un plan de mantenimiento preventivo de las cosechadoras / CR3 No identificación de cosechadoras críticas**

Para monetizar las siguientes causas raíces se consideraron los costos por pérdidas de producción de horas perdidas de las cosechadoras. Asimismo, durante agosto 2021 y julio

2022 perdió S/120.00 soles por hora debido a la reparación de las cosechadoras, esto significó una pérdida anual de S/62,258.40 por presentar 518.82 horas. Esto fue determinado por cada costeo realizada a cada cosechadora por el tiempo perdido en horas de reparación al año y el costo de cada reparación por hora.

Tabla 4

Cálculo de la pérdida por producción por cosechadora.

Código	Modelo de cosechadora	Tiempo perdido por año (Hrs/año)	Costo por hora de reparación	Pérdida por Cosechadora
117-010	Cosechadora de Cañas John Deere 3520 De Llantas	116.16	S/.120.00	S/ 13,939.20
117-013	Cosechadora de Cañas John Deere CH570	120.83	S/.120.00	S/ 14,499.60
117-014	Cosechadora A8800, CASE.IH, Oruga,2016	76.75	S/.120.00	S/ 9,210.00
117-015	Cosechadora A8800, CASE.IH, Oruga,2015	67.75	S/.120.00	S/ 8,130.00
117-018	Cosechadora Ruedas, Jhon Deere, CH570	72.08	S/.120.00	S/ 8,649.60
117-019	Cosechadora Oruga, Jhon Deere, CH570	65.25	S/.120.00	S/ 7,830.00
Total		518.82		S/62,258.40

Según el diagnóstico inicial no existe un programa de mantenimiento en directamente para las cosechadoras por ende se generabas paradas, por ello el indicador obtenido fue de 0%

Tabla 5

Indicador actual del Mantenimiento preventivo ejecutado

% de Mantenimiento cumplido	Antes de la propuesta
Mantenimiento preventivo ejecutados	0
Total de programas de mantenimiento	28
Resultado	0%

En cuanto a la identificación de que cosechadoras se encontrabas criticas solo 1 era considerada por el área de mantenimiento, debido a que no tenían una estrategia que les facilitaba determinar su operatividad, El porcentaje de cosechadoras criticas es del 8%

Tabla 6

Indicador actual de cosechadoras criticas

% de cosechadoras criticas	
Nº de cosechadoras criticas	1
Total de cosechadoras	13
Resultado	
	8%

• **CR1 Personal de mantenimiento contratado**

La monetización de la CR1 se consideró los costos de mano de obra por reparaciones en el taller de una empresa agroindustrial de Trujillo. En las reparaciones del 2021 por mano de obra se perdió S/27,793.93soles por reparaciones de las cosechadoras, considerados datos de cálculo como horas de paradas, costos de mano de obra y sueldos. En definitiva, el costo de reparaciones por día es de 4 hrs promedio, realizando este servicio de mantenimiento por 2 técnicos especializados.

Tabla 7

Cosechadoras y costos perdidos por mano de obra

Código	Modelo de cosechadora	Horas al año	Sueldo mensual	Costo perdido por mano de obra por día	Costo de MO anual por reparaciones de cosechadoras
117-010	Cosechadora de Cañas John Deere 3520 De Llantas	116.16	S/ 1500	S/ 53.57	S/ 6,222.86
117-013	Cosechadora de Cañas John Deere CH570	120.83	S/ 1500	S/ 53.57	S/ 6,473.04
117-014	Cosechadora A8800, CASE.IH, Oruga,2016	76.75	S/ 1500	S/ 53.57	S/ 4,111.61
117-015	Cosechadora A8800, CASE.IH, Oruga,2015	67.75	S/ 1500	S/ 53.57	S/ 3,629.46
117-018	Cosechadora Ruedas, Jhon Deere, CH570	72.08	S/ 1500	S/ 53.57	S/ 3,861.43
117-019	Cosechadora Oruga, Jhon Deere, CH570	65.25	S/ 1500	S/ 53.57	S/ 3,495.54
				Total	S/27,793.93

Con respecto al personal contratado especialista en mantenimiento existen 5 pero deficiente, lo cual genera costos extras por mano de obra. Por ello el indicador estudiado es % de personal especialista contratado:

Tabla 8

Indicador actual de personal especialista centrado

% de personal contratado	Antes de la propuesta
Personal contratado especializado en mantenimiento de cosechadoras	5
Total de personas contratadas	5
Resultado	100%

- **CR7 Inexistencia de instructivos de las cosechadoras**

La monetización de la CR7 se desarrolló de acuerdo a los costos por repuestos de las cosechadoras en una empresa Agroindustrial Trujillo. Para llevar a cabo los mantenimientos correctivos la empresa genero un costo por repuestos de S/. 92,500.00 durante agosto 2021 y julio 2022, siendo este una pérdida determinante para la empresa.

Tabla 9

Cosechadoras por costos de repuestos reportados

Código	Modelo de cosechadora	Costo por repuestos	
117-010	Cosechadora de Cañas John Deere 3520 De Llantas	S/	25,000.00
117-013	Cosechadora de Cañas John Deere CH570	S/	18,000.00
117-014	Cosechadora A8800, CASE.IH, Oruga,2016	S/	15,000.00
117-015	Cosechadora A8800, CASE.IH, Oruga,2015	S/	12,000.00
117-018	Cosechadora Ruedas, Jhon Deere, CH570	S/	12,000.00
117-019	Cosechadora Oruga, Jhon Deere, CH570	S/	10,500.00
Total		S/	92,500.00

Por último, no existía ningún instrumento sobre las cosechadoras, ni ordenes de trabajo por ello el indicador actual fue de 0% antes de la propuesta. Por ello el indicador estudiado es el porcentaje de instructivos realizados, lo cual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 10

Indicador actual de instructivos realizados

Porcentaje de instructivos realizados	Antes de la propuesta
Nº de instructivos realizados	0
Total de instructivos requeridos	2
Resultado	0%

Matriz de indicadores

En la siguiente tabla 11 se visualiza los indicadores obtenidos actuales y los valores meta % establecidos para lograr los objetivos del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad. Es importante mencionar que los resultados proyectados de la monetización de causas raíz se encuentra en el Anexo 6 y los indicadores actuales y proyectados en el Anexo 7.

Tabla 11

Matriz de Indicadores

CR	Causa Raíz	Indicadores	Fórmula	Valor Actual %	Sin la Propuesta	Valor Meta %	Con la Propuesta	Beneficio S/.
CR5	No existe un plan de mantenimiento preventivo de las cosechadoras	Porcentaje de Mantenimiento preventivo cumplido	Mantenimiento preventivo ejecutados/Total de programas de mantenimiento *100%	0%	S/ 62,258.40	96%	S/51,219. 60	S/11,038. 80
CR3	No identificación de cosechadoras críticas	Porcentaje de cosechadoras críticas	Nº de cosechadoras críticas / Total de cosechadoras*100	8%		46%		
CR1	Personal de mantenimiento contratado	Porcentaje de personal contratado	Personal contratado especializado en mantenimiento de cosechadoras /Total de personas contratadas*100%	100%	S/ 27,793.93	40%	S/22,865. 89	S/ 4,928.04
CR7	Inexistencia de instructivos de las cosechadoras	Porcentaje de instructivos realizados	Nº de instructivos realizados/ Total de instructivos requeridos*100%	0%	S/ 92,500.00	100%	S/55,600. 00	S/36,900. 00

3.2. Desarrollo de la propuesta de Mantenimiento Centrado En Confiabilidad

La propuesta de mejora tendrá una duración de 30 días, de acuerdo a la programación establecida en el estudio como se visualiza en la figura 2, desde la coordinación inicial con la empresa agroindustrial hasta la publicación de resultados en el área de mantenimiento. De esta manera se cumplirá con lo establecido para implantar el mantenimiento centrado en confiabilidad en la empresa agroindustrial, trayendo beneficio en el incremento de la productividad.

Figura 6

Cronograma de la aplicación de la propuesta de mejora

Items	Actividades	Inicio	Finalizar	Duración	Jul. 2023			
					2/7	9/7	16/7	23/7
1	Coordinación con una empresa agroindustrial de Trujillo sobre el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad	1/07/2023	7/07/2023	1s				
2	Análisis del reporte de falla	8/07/2023	14/07/2023	1s				
3	Identificación de causas en las cosechadoras	8/07/2023	14/07/2023	1s				
4	Aplicación de AMEF	8/07/2023	14/07/2023	1s				
5	Diseño de instructivos, formatos de hojas de vida y ordenes de trabajo	15/07/2023	21/07/2023	1s				
6	Programa de mantenimiento preventivo a cosechadoras	23/07/2023	29/07/2023	1s				
7	Demostración de resultados obtenidos después de la propuesta de mejora del RCM	28/07/2023	3/08/2023	1s				

Análisis de reporte de fallas

Para conocer las fallas presentes en las cosechadoras, en primera instancia se realiza un análisis de datos del registro de fallas de la empresa agroindustrial, para así determinar que soluciones o que decisiones se tome con respecto al RCM aplicado a las cosechadoras. En la figura 7 se muestra el registro de reporte de cosechadoras del 2022 con sus diferentes anomalías y cantidades para así determinar que es lo necesario realizar y mejorar la disponibilidad de cada una de las cosechadoras críticas:

Figura 7

Registro de fallas de las cosechadoras durante 2022

DESCRIPCIÓN	BAJA CARGA	CABLE ROTO	DEFECTUOSA	DEFORMACION	DESGASTE FLOJO	FUGA DE ACEITE	FUGAS	IMPACTO DE PIEDRAS	INCRUSTACION	MALA O DEFICIENTE LUBRICACION	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	MANTENIMIENTO PROGRAMADO POR FRECUENCIA	NO FUNCIONA	Total Fallas	
ALTERNADOR					1						2			3	
ARRANCADOR			1					1		2	2			6	
BATERIAS	1		1		2		2						2	8	
BOMBAS TANDEM DE 3 CUERPOS Y TROZADOR		2		2	1			3	2	2		2		14	
BOMBAS TANDEM EXTRACTOR PRIMARIO Y CORTADOR BASE							3	2			2	1		8	
CAJA PORTABOMBAS	2		2		1		2							7	
CONJUNTO DESPUNTADOR					8				1		1			10	
CORTADORA DE BASE			1	1	217	1	1	11	1				2	235	
COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE 3520 DE LLANTAS		1										190		191	
COSECHADORA DE CAÑA JD 3520 DE LLANTAS	1								2	1		60	2	66	
COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570		3				1		1			2	283		291	
COSECHADORA DE CAÑAS JD 3520, DE LLANTAS				1			2		3			208	2	216	
COSECHADORA DE CAÑAS JD 3520, DE LLANTAS	2									1		184		187	
COSECHADORA, A8800, CASE IH, ORUGA, 2015					4			1			1	112		118	
COSECHADORA, A8800, CASE IH, ORUGA, 2016		1	1		3		1	2	1			158		167	
COSECHADORA, ORUGA, JOHN DEERE, CH570					30	1		1	2				v	34	
COSECHADORA, RUEDAS, JOHN DEERE, CH570			1		23		1	2						27	
CUBOS REDUCTORES POSTERIORES	1	2										2		5	
DIVISOR DE COSECHA				1	6			1		2				10	
DIVISORES DE COSECHA									1		1			2	
EXTRACTOR PRIMARIO		1	2		65			3				2	1	74	
EXTRACTOR SECUNDARIO	2				6		3			2		2		15	
LLANTAS									2					2	
MOTOR DIESEL		2	1	2	1									6	
MOTOR DIESEL JD					1			1	2			2	2	8	
MOTORES HIDRAULICOS , TRACCION POSTERIOR										2				2	
MOTORES HIDRAULICOS DE ROLOS ALIMENTADORES	1		3		1		3	2			1			11	
MOTORES HIDRAULICOS TRACCION POSTERIOR									1					1	
RASTRA ELEVADORA	2		2		12			2		1			1	20	
RODILLOS TUMBADORES		2						1						3	
ROLOS ALIMENTADORES			2		8	1	3	1	1			2		18	
SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO								1	2		1		2	6	
SISTEMA DE DIRECCION	2			1	2					2				7	
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO			1		1				2					4	
SISTEMA DE SUSPENSION DELANTERA								1				2		3	
SISTEMA ELECTRICO		1	3	3					2	1			2	12	
SISTEMA HIDRAULICO					1		1	3			1			6	
SISTEMA SUSPENSION DELANTERA					1			1						2	
TREN DE RODAMIENTOS					1	1				2				4	
TROZADORA DE CAÑAS			1	3	276									280	
Total general	1	1	12	4	667	4	4	18	12	1	1	5	1195	4	1929

Se diseña un AMEF que permitirá detectar las posibles fallas de las cosechadoras antes de pase a producción, con ello se reducirán las paradas por ende los tiempos muertos sin afectar algún contratiempo el desarrollo de las operaciones. Este AMEF sirve para identificar dentro de las cosechadoras las fallas de acuerdo a sus sistemas, dado por los técnicos de mantenimiento especializados y así detectar anomalías. Después de identificar, este formato se enviará a jefatura de mantenimiento para validar la aplicación de las herramientas del RCM.

Figura 8

AMEF de las cosechadoras

Área : Taller agrícola
 Misión del Área : Equipos disponibles y confiables
 Grupo Funcional : Cosechadora de caña JOHN DEERE 3520
 Función del Grupo Funcional: Cosechar caña de azúcar

Análisis de Modos de Falla y criticidades

Efectos en el sistema					Consecuencia									Frecuencia			Criticidad							
Equipo	Componente	TAG	Falla Funcional	Modo de Falla	g	1	2	3	4	5	6	7	8	9	R	P	F	M	F	CS	CP	CM	NC	
	HSE																							
	Pérdida TOTAL de la Operación / Producción																							
	Pérdida PARCIAL de la Operación / Producción																							
	Afecta calidad del producto / servicio																							
	Aumento de los costos de Operación																							
Sistema de traccion	Bomba hidraulica																							
	Oring de valvula de seguridad de presion de trabajo																							
	Valvula de seguridad de presion de trabajo																							
	oring de electroválvula de varitorque																							
	Bomba de sistema de carga																							
Direccion	Sellos internos de cilindro hidráulico																							
	Valvula Orbitrol																							
	Valvula prioritaria de dirección																							
	kit de sellos cilindro hidráulico																							
	cilindro hidráulico de dirección																							
	Kit de sellos valvula orbitrol																							
	llanta delantera																							
Extractor primario	Manguera hidráulica de succión de bomba hidráulica																							
	Motor hidráulico de giro de capuchon																							
	Valvula de seguridad																							
	Kit de sellos de motor hidráulico																							
	sujetador de aspas																							
	Conectores hidraulicos de extractor primario																							
Extractor secundario	Cubo porta rodamiento																							
	Aspas de extractor secundario																							
	Kit de sellos de motor hidráulico																							
	Rodamiento de cubo de extractor secundario																							
Cortador de base	Bomba hidraulica																							
	Valvulas de segurida																							
	Valvula de seguridad de motor de cortador de base																							
	Kit de sellos de motor hidraulico de caja cortadora de base																							
	Disco de cortador de base																							
Trozador	bomba hidraulica																							
	Kit de sellos de motor hidráulico de trozador																							
	Motor hidraulico de trozador																							
	Oring de valvula de seguridad																							

Para identificar las causas raíz en las fallas a nivel de detalle, se realizó un formato de análisis de causas raíz que permitirá mostrar cómo se encuentra la falla, y acciones correctivas o preventivas que permitan ejecutarlas como se muestra en el formato de la figura 8. La responsabilidad para registrar este formato son los técnicos de mantenimiento.

Figura 9

Formato de análisis de causas raíz

INFORME DE ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ					Código	IACR-TA19	
					Versión	TA19-001	
					Vigencia	19-20	
RCA No. _____						FECHA DE LA FALLA: _____	
ÁREA/SECCIÓN: _____						FECHA DE REUNION: _____	
NOMBRE DEL EQUIPO: _____						<p style="margin: 0;">FOTO DE LA FALLA</p> 	
CÓDIGO DEL EQUIPO: _____							
TIEMPO PERDIDO HORAS: _____							
EQUIPO RCA							
NOMBRE	CARGO						
ENUNCIADO DEL PROBLEMA:							
ESPERADO:							
REAL:							
IMPACTO:		APLICA	NO APLICA	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	COSTO DEL IMPACTO		
	SEGURIDAD						
	MEDIO AMBIENTE						
	REPUESTOS						
	PRODUCCIÓN						
	MANTENIMIENTO						
COSTO TOTAL DEL IMPACTO:					\$	-	

Figura 10

Formato complemento de AMEF

Selección tareas de mantenimiento															
Observaciones:															
Tipos Tareas: Operación: 1- Limpieza / Lubricación; 2-Inspección/Control; 3-Teste/Ensayo / Fuera de Operación: 3P-Teste/Ensayo; 4NI-Visita Non Intrusiva); 4I-Visita Intrusiva; 5-Cambio Sistemático; 6-Reproyecto, Alteraciones o Mejoras;															
Cod. Servicio	Tareas Existentes	P	Tipo	Quién	A	E	\$	Tarea Propuesta	P	Tipo	Quién	A	E	\$	PM
	Sistema de tracción														

Instructivos, hoja de vida y orden de trabajo de cosechadoras

Para estandarizar el buen desarrollo de las operaciones es importante el conocimiento de los instructivos y manuales de cada maquinaria, sobre todo para el personal nuevo a contratar ya que existen algunas especificaciones mínimas que al no cumplirlas cuando se realiza el manejo genera desperfectos y mal funcionamiento. Por otro lado, cada maquinaria cuenta con un instructivo o manual, pero es preciso que este documento sea visualizado antes de, ante ello se establecerá de manera general un instructivo y ficha técnica para las cosechadoras. A continuación, se presentan instructivos, hoja de vida y hoja de orden de

mecánica de las cosechadoras de una empresa agroindustrial de Trujillo en el año 2022
mantenimiento que nos ayudaron a organizar y tener un mejor plan de mantenimiento
organizado.

Figura 11

Instructivo de cosechadoras - Aspectos Fundamentales

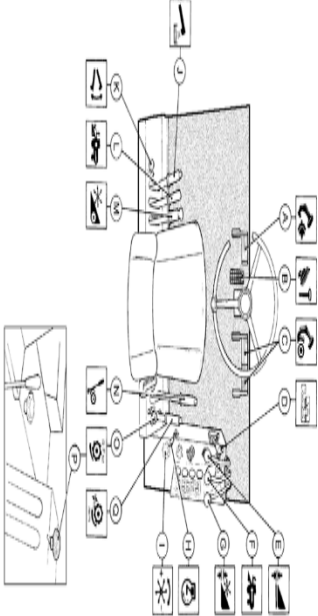
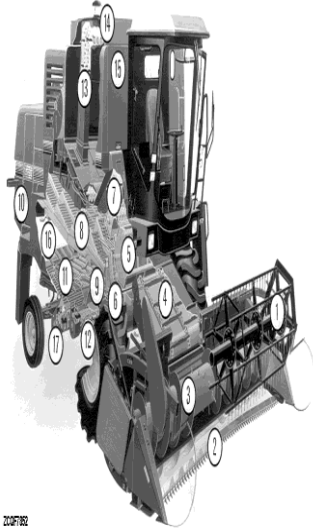
<p>Visión General de Controles e Instrumentos</p>		<p>Aspectos Fundamentales Básicos de la Cosechadoras</p>	
<p>Anotaciones: A - Pedal de embrague B - Pedal de bloqueo de la dirección D - Palanca de Cambio (Cosechadoras con Transmisión Posi-Torq) E - Palanca de control de altura del cabezal D - Palanca de control de velocidad de marcha (Cosechadoras con Transmisión Posi-Torq) G - Palanca de control de altura del molinete H - Acelerador I - Mando de variación de velocidad del molinete J - Palanca de tracción de descarga del depósito de grano J - Palanca de tracción de descarga del depósito de grano L - Palanca de impulso de transmisión de trilla M - Palanca de impulso de transmisión del cabezal N - Freno de estacionamiento O - Palanca de variación de la velocidad del cilindro (Cosechadoras con Cilindro Posi-Torq) P - Mando del Variador de Cilindro (Cosechadoras sin Posi-Torq en el Cilindro)</p>		<p>Anotaciones: El Molinete (1) recoge el producto y lo sostiene para que lo corte la barra de corte (2). Después de ello transporta el producto al sinfín (3) en el cabezal. El sinfín transporta el producto al centro del cabezal donde los dedos retráctiles lo envían al alojamiento del alimentador (4). Desde el alojamiento del alimentador el producto se transporta al cilindro (5). El cilindro y el cóncavo (6) trillan el producto. El batidor (7) recibe la paja gruesa desde el cilindro y el cóncavo, y la envía por el sacudidor (8). Los granos trillados, la paja fina y algunos granos sin trillar (extremos de la mazorca o de la vaina) caen por los espacios del cóncavo en la cubeta grande (9). El sacudidor, con movimientos alternantes, separa los granos restantes de la paja. Los granos caen por las aberturas en las zapatas del sacudidor sobre las tolvas y desde allí se deslizan a la cubeta grande. La paja se saca de la máquina a través de la capota trasera (10). Los granos trillados y los separados, a su vez, van por la cinta sin fin a lo largo de la cubeta grande hasta la unidad de limpieza, compuesta por el zarandón y la zaranda (11) y el ventilador (12). El ventilador sopla hacia fuera la paja fina a medida que los granos caen por las zapatas. El elevador de grano limpio (13) sube los granos al sinfín de carga (14), que los expande en el depósito de grano (15). Cualquier producto que no se haya trillado (extremos de la mazorca o la vaina) cae por la extensión del zarandón (16) y pasa por el elevador de retrilla (17), volviendo a la unidad de trillado (cilindro y cóncavo) para su trilla.</p>	

Figura 12.

Hoja de Vida de Cosechadora

Hoja de Vida N°	Ficha Técnica	Nombre de la máquina		Código de la máquina
Ubicación	Marca	Modulo	Fecha de puesta en marcha	

Historial de reparaciones				
Fecha	Orden de trabajo N°	Descripción	Reparo	Costos

Figura 13

Formato de orden de trabajo de mantenimiento

CODIGO:								
FECHA DE SOLICITUD:		HORA:						
SOLICITADO POR:								
CODIGO DE EQUIPO, MÁQUINA O HERRAMIENTA								
<p>Tipo de trabajo a ejecutar:</p> <p>Mecánico <input type="checkbox"/> Eléctrico <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/></p> <p>Especificar: _____</p> <p>Tipo de mantenimiento:</p> <p>Correctivo Preventivo</p>								
TRABAJO SOLICITADO								
TRABAJO SOLICITADO								
RECURSOS NECESARIOS								
Mano de obra			Materiales y repuestos			Equipos		
Cantidad	Descripción	Adicional	Cantidad	Descripción	Adicional	Cantidad	Descripción	Adicional
OBSERVACIONES						Inicio de mantenimiento		
						Fecha		
						Hora		
						Culminación de mantenimiento		
						Fecha		
FIRMA Y SELLO DEL RESPONSABLE						Hora		
						Tiempo de mantenimiento		

Formato de reportes de mantenimientos preventivo

En el siguiente formato se visualiza los datos e información necesaria, después de la realización del mantenimiento que servirá para llevar y mejor control en las operaciones de mantenimiento.

Figura 14

Formato de reporte de mantenimiento

MAQUINA		CODIGO		ÁREA	
RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO					
DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO REALIZADO					
Materiales utilizados					
Cantidad	Descripción	Fecha de entrega	Proveedor		
Fallas encontradas					
Descripcion		Tipo de sistema	Fecha	Total Horas	
Entrega del equipo en funcionamiento					
Entregado por		Recibido por			
Fecha de entrega		Hora de entrega			

Programa de mantenimiento

Como parte del cumplimiento del plan de mantenimiento se han diseñado la programación de aplicación del plan de mantenimiento, que será impartido desde enero a junio del 2023, lo cual permitirán el logro de los objetivos.

Figura 15

Programa de mantenimiento

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																													
AREA DE MANTENIMIENTO			FECHA DE ELABORACIÓN																								Cantidad Cumplimiento	% de Cumplimiento	
			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO											
MAQUINARIA	SISTEMA	MODELO	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
COSECHADORA DE CAÑA JD 3520	caja transmision de trozadora de caña	117-010																											
	cortadora de base																												
	divisores de cosecha																												
	extractor secundario																												
	llantas																												
	motor diesel																												
	rolos alimentadores																												
	trozadora de cañas																												
COSECHADORA DE CAÑA JD CH570	cortadora de base	117-013																											
	motores hidraulicos de rolos alimentadores																												
	rastra elevadora																												
	rodillos tumbadores																												
COSECHADORA DE CAÑA CASE A8800	suspension delantera	117-015																											
	cortadora de base																												
	cubo de ruedas delanteras																												
	motor diesel																												
COSECHADORA DE CAÑA JD CH570	trozadora de cañas	117-018																											
	conjunto despuntador																												
	cubo de ruedas delanteras																												
COSECHADORA DE CAÑA JD CH570	rastra elevadora	117-019																											
	aire acondicionado																												
	conjunto despuntador																												
	cortadora de base																												
	extractor primario																												
Cosechadora A8800, CASE.IH, Oruga,2016	sistema hidraulico	117-014																											
	extractor primario																												
	rastra elevadora																												
			6 = 85%-100 %																								DISPONIBILIDAD ALCANZADA		
			5= 66%-79%																										
			4=51%-65%																										
			1- al 3=50%																										

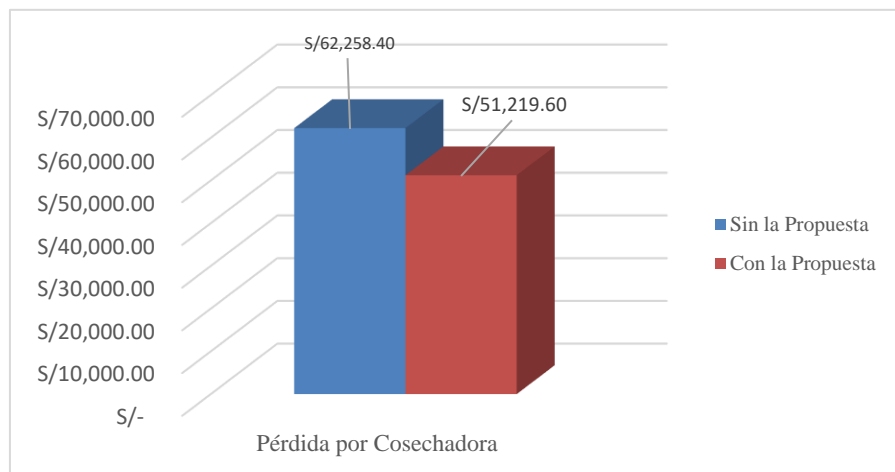
Resultados de la propuesta del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad

- **CR5: No existe un plan de mantenimiento preventivo de las cosechadoras / CR3: No identificación de cosechadoras críticas**

Después de la implementación del plan de mantenimiento se logró un beneficio de S/11,038.80 y una reducción de 17.73% con respecto a los costos por paradas de producción de las pérdidas iniciales, esto refleja los efectos positivos de la aplicación del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad. El resultado obtenido de S/51,219.60 de la reducción de los costos en pérdidas de producción por horas de las cosechadoras se encuentra en el anexo 6.

Figura 16

Resultados de las pérdidas de la CR5 y CR3

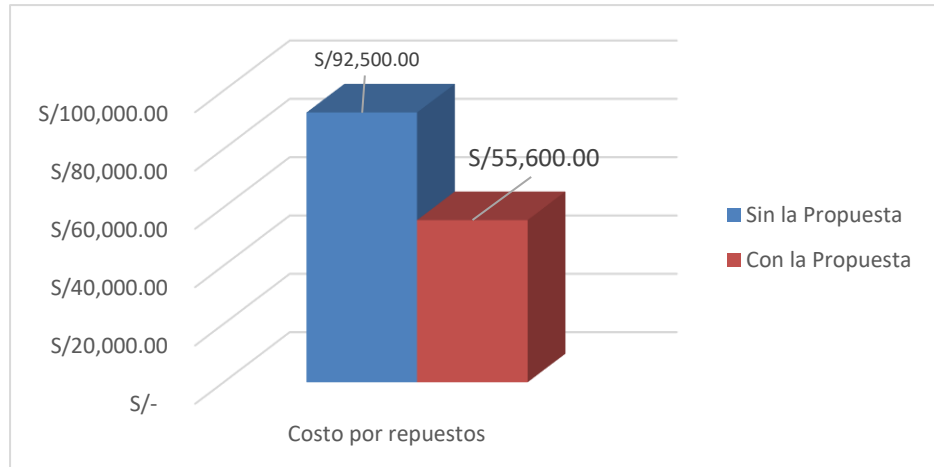


- **CR1: Personal de mantenimiento contratado**

Con relación a los resultados obtenidos en la CR1 se logró un beneficio de S/4,928.04 mensual por la reducción del 17.73% de los costos por mano de obra contratada (anexo 7). El resultado de S/55,600.00 de los costos en repuestos de una cosechadora de Trujillo se encuentra en el anexo 6.

Figura 17

Resultados de las pérdidas de la CRI

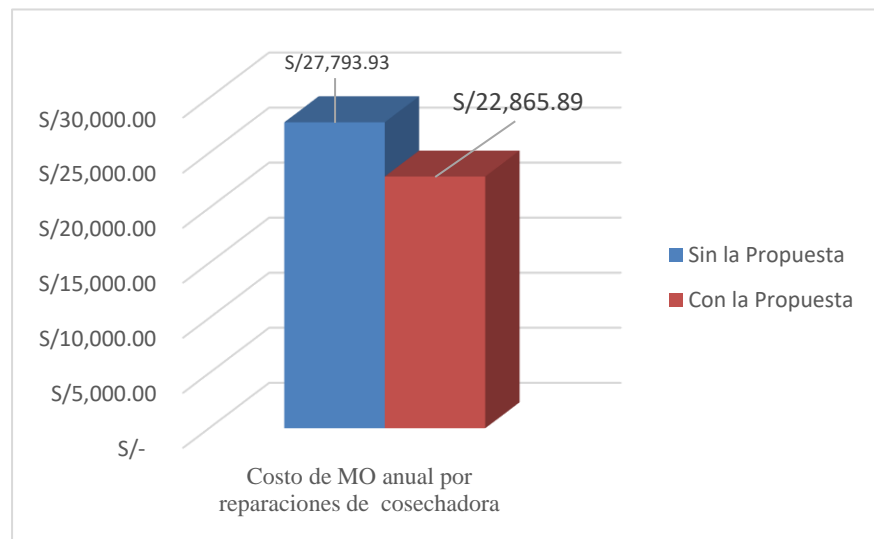


- CR7: Inexistencia de instructivos de las cosechadoras**

Con respecto a los resultados obtenidos de la aplicación del plan de mantenimiento se logró un beneficio anual de S/36,900.00 por la reducción de los costos por compra de repuestos del 39.89%. El resultado de S/22,865.89 de los costos en mano de obra por reparaciones en una empresa agroindustrial se encuentra en el anexo 6.

Figura 18

Resultados de las pérdidas de la CR7



Resumen de pérdidas

Según el resumen de pérdidas, antes de la propuesta se perdió S/ 182,552.33 soles y después S/129,685.49 esto representa una reducción del 28.96%. Esto evidenció un beneficio anual de S/52,866.84 con la implementación del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad. Por otro lado, esto genero el logró del incremento de la disponibilidad de las cosechadoras del 84.2% y 95.3%

Tabla 12

Resumen de pérdidas

CR	Causa Raíz	Sin la Propuesta	Con la Propuesta	Beneficio S/.
CR5	No existe un plan de mantenimiento preventivo de las cosechadoras	S/ 62,258.40	S/ 51,219.60	S/ 11,038.80
CR3	No identificación de cosechadoras criticas			
CR1	Personal de mantenimiento contratado	S/ 27,793.93	S/ 22,865.89	S/ 4,928.04
CR7	Inexistencia de instructivos de las cosechadoras	S/ 92,500.00	S/ 55,600.00	S/ 36,900.00
	Total	S/ 182,552.33	S/ 129,685.49	S/ 52,866.84

3.3.Variación de la Disponibilidad después de la Propuesta del RCM

De acuerdo a los resultados propuestos después de ejecutarse el mantenimiento centrado en confiabilidad permitió la mejora de la disponibilidad mecánica de las cosechadoras de caña en un 11.1% debido al incremento de 84.2% a 95.3%, debido a la solución de las diversas causas raíz identificadas en el estudio. En la siguiente tabla se muestra los resultados después de la propuesta mensual entre agosto 2023 a julio 2024:

Tabla 13

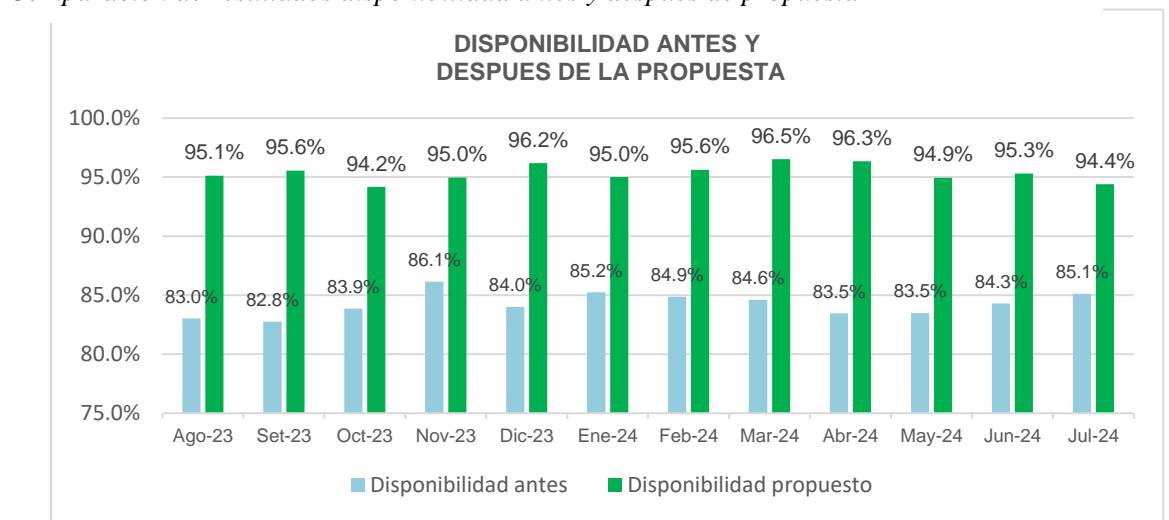
Disponibilidad después de la propuesta

Mes	Tiempo Requerido	Tiempo Parada	Tiempo Func.	Total O.T (N° Paros)	MTBF HR	MTTR HR	Tasa De Reparaciones Veces/Hora	Dispon.	Mant.	Conf.
Ago-23	557.66	40	780.36	12	65.03	3.33	0.30	95.1%	63.2%	88.7%
Set-23	557.66	35	753.36	13	57.95	2.69	0.37	95.6%	63.2%	87.8%
Oct-23	557.66	45	726.33	12	60.53	3.75	0.27	94.2%	63.2%	88.7%
Nov-23	557.66	40	753.32	15	50.22	2.67	0.38	95.0%	63.2%	86.1%
Dic-23	557.66	30	756.52	12	63.04	2.50	0.40	96.2%	63.2%	88.7%
Ene-24	557.66	40	763.36	13	58.72	3.08	0.33	95.0%	63.2%	87.8%
Feb-24	557.66	30	655.67	12	54.64	2.50	0.40	95.6%	63.2%	88.7%
Mar-24	557.66	25	693.56	15	46.24	1.67	0.60	96.5%	63.2%	86.1%
Abr-24	557.66	26	683.13	14	48.80	1.86	0.54	96.3%	63.2%	86.9%
May-24	557.66	30	563.36	13	43.34	2.31	0.43	94.9%	63.2%	87.8%
Jun-24	557.66	30	610.00	11	55.45	2.73	0.37	95.3%	63.2%	89.6%
Jul-24	557.66	35	590.00	12	49.17	2.92	0.34	94.4%	63.2%	88.7%
Total	557.66	33.83	694.08	154	54	2.67	0.39	95.3%	63.2%	88.0%

En la figura 15 se muestra el comparativo de resultados antes y después de la propuesta de mantenimiento centrado en confiabilidad mensuales donde se muestra un promedio de 84.2% antes y 95.3% después:

Figura 19

Comparación de resultados disponibilidad antes y después de propuesta



3.4. Evaluación económica de la propuesta

En la siguiente tabla se visualiza el presupuesto, donde se obtuvo una inversión total por la propuesta de S/ 31. 938.00. Además, de obtener S/ 13,500.00 por costos operativos y una depreciación de S/444.80.

Tabla 14

Presupuesto de la propuesta

Descripción	Cantidad	Costo	Inversión	Costos operativos	Depreciación	
					Vida Útil	Costo
Plan de capacitación del personal sobre RCM	1	S/ 5,000.00	S/ 5,000.00			
Instructivos - formatos de mantenimiento	1	S/ 250.00	S/ 250.00			
Técnicos de mantenimiento	4	S/ 2,500.00		S/ 10,000.00		
Ingeniero industrial - Capacitador sobre manejo de maquinarias	1	S/ 3,500.00		S/ 3,500.00		
Analizador De Vibraciones Skf Serie Cmx 75	1	S/ 4,500.00	S/ 4,500.00		5.00	S/. 75.00
Máquinas de soldar	1	S/ 950.00	S/ 950.00		5.00	S/. 15.83
Tronzadora eléctricas	1	S/ 900.00	S/ 900.00		5.00	S/. 15.00
Pistola de calor	1	S/ 400.00	S/ 400.00		5.00	S/. 6.67
Cizalla Hidráulica	1	S/ 300.00	S/ 300.00		5.00	S/. 5.00
Taladros eléctricos	1	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00		5.00	S/. 25.00
Amoladoras eléctricas	1	S/ 200.00	S/ 200.00		5.00	S/. 3.33
Compresora de aire	1	S/ 1,950.00	S/ 1,950.00		5.00	S/. 32.50
Aplicador neumático	1	S/ 150.00	S/ 150.00		5.00	S/. 2.50
Remachadoras neumáticas	1	S/ 700.00	S/ 700.00		5.00	S/. 11.67
Lijadoras orbitales	1	S/ 150.00	S/ 150.00		5.00	S/. 2.50
Taladros neumáticos	1	S/ 300.00	S/ 300.00		5.00	S/. 5.00
Soplete neumático	1	S/ 1,428.00	S/ 1,428.00		5.00	S/. 23.80
Plegadora hidráulica	1	S/ 600.00	S/ 600.00		5.00	S/. 10.00
Inyectadora de poliuretano	1	S/ 10,710.00	S/ 10,710.00		5.00	S/. 178.50
Equipo oxicorte	1	S/ 1,950.00	S/ 1,950.00		5.00	S/. 32.50
Total				S/ 31,938.00	S/13,500.00	S/ 444.80

Después del análisis económico se obtuvo un VAN de S/. 52,497.65, un TIR de 82.40% y un periodo de recuperación de 1.9 años.

Tabla 15
Flujo de cajas

Estado de Resultados						
Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos		S/. 52,866.84	S/. 55,510.18	S/. 58,285.69	S/. 61,199.97	S/. 64,259.97
Costos operativos		S/. 13,500.00	S/. 14,040.00	S/. 14,742.00	S/. 15,479.10	S/. 16,253.06
Depreciación activos		S/. 444.80	S/. 444.80	S/. 444.80	S/. 444.80	S/. 444.80
GAV		S/. 1,350.00	S/. 1,404.00	S/. 1,474.20	S/. 1,547.91	S/. 1,625.31
Utilidad antes de impuestos		S/. 37,572.04	S/. 39,621.38	S/. 41,624.69	S/. 43,728.16	S/. 45,936.81
Impuestos (30%)		S/. 11,271.61	S/. 11,886.41	S/. 12,487.41	S/. 13,118.45	S/. 13,781.04
Utilidad después de impuestos		S/. 26,300.43	S/. 27,734.96	S/. 29,137.28	S/. 30,609.71	S/. 32,155.77
Flujo de Caja						
Año	0	1	2	3	4	5
Utilidad después de impuestos		S/. 26,300.43	S/. 27,734.96	S/. 29,137.28	S/. 30,609.71	S/. 32,155.77
Depreciación		S/. 444.80	S/. 444.80	S/. 444.80	S/. 444.80	S/. 444.80
Inversión	S/. -31,938.00				S/. 5,429.00	
	S/. -31,938.00	S/. 26,745.23	S/. 28,179.76	S/. 29,582.08	S/. 25,625.51	S/. 32,600.57
Año	0	1	2	3	4	5
Flujo Neto de Efectivo VAN	S/. -31,938.00	S/. 26,745.23	S/. 28,179.76	S/. 29,582.08	S/. 25,625.51	S/. 32,600.57
TIR		S/. 52,497.65				
PRI	1.9		82.40%			
		años				
Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos		S/. 52,866.84	S/. 55,510.18	S/. 58,285.69	S/. 61,199.97	S/. 64,259.97
Egresos		S/. 26,121.61	S/. 27,330.41	S/. 28,703.61	S/. 30,145.46	S/. 31,659.40
VAN Ingresos	S/. 171,673.09					
VAN Egresos	S/. 84,619.29					
B/C	2.0					

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

La presente investigación logró un incremento de 84.2% a 95.3% de disponibilidad mecánica de las cosechadoras de una Empresa Agroindustrial de Trujillo. Estos resultados positivos tienen el respaldo de los estudios de Quiliche, J. (2018) sobre “Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los equipos en el área de preparación y molienda de la empresa Casa Grande S.A.” que logro un incremento en la disponibilidad de sus equipos de 86.13% a 96.68%. De igual manera Salazar, J. (2019) con su “Propuesta de plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (mcc) para incrementar la disponibilidad de los tractocamiones Freigthliner de la empresa Transportes Pakatnamu SAC”, que también logro una disponibilidad de 97.31%,

En cuanto a la inversión en el plan de mantenimiento se obtuvo S/31,938.00 lo que demuestra que es una inversión no muy alta, representando la oportunidad de invertir a la empresa. Como el estudio de Guarniz, L. (2018), que también tuvo una inversión similar en su estudio “Diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para aumentar la disponibilidad de los activos físicos de los camiones cisterna del Consorcio JRamírez E.I.R.”, con S/. 235993.15.

Por otro lado, para diagnosticar las cosechadoras críticas se empleó el AMEF encontrándose 6 que presentaban mayor cantidad de fallas y horas perdidas. Esto también ha sido empleado por Villacrés, S. (2016), en su estudio “Desarrollo de un plan de Mantenimiento Aplicando La metodología de Mantenimiento Basado En La Confiabilidad (RCM) Para El Vehículo Hidrocleaner Vactor M654 De La Empresa Etapa EP”, que empleo el AMEF donde obtuvieron una reducción del: 45% en la tasa de fallas, el 58% horas de parada y el 80% en costos por concepto de mantenimiento. Por último, el estudio de Diestra,

J., Esquiviel, L., & Guevara, R. (2017)., sobre “Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para optimizar la disponibilidad operacional de la máquina con mayor criticidad”, también ejecutó un Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF), para identificar fallas y efectos sobre la máquina.

Finalmente, la propuesta de mejora del plan de mantenimiento obtuvo un beneficio de S/. 52,866.84 soles, esto es respaldado por el estudio de Jiménez, P. (2017) sobre “Elaboración de un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) para el área de bunchado en planta electrocables de la ciudad de Guayaquil” que también logró un beneficio de \$ 19.680,70.

4.2 Implicancias

Las implicancias desarrolladas en la investigación es la práctica porque soluciona las causas y fallas incrementando la disponibilidad mecánica y operativa de las cosechadoras. Además, el plan de mantenimiento mejora la comprensión del funcionamiento de los equipos, analiza todas las posibilidades de fallo de un sistema y desarrolla mecanismos que tratan de evitarlos y finalmente determina una serie de acciones que permiten garantizar una alta disponibilidad de la planta.

4.3 Limitaciones

Como limitaciones encontradas en el desarrollo de la investigación fueron:

- La empresa solo brindo poca información, pero lo necesaria para el desarrollo de la propuesta, porque consideran que es confidencial.
- Es inevitable pronosticar que la propuesta no se desarrolle en la empresa, por la situación actual de la pandemia del covid-19.

• Después de la implementación del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad existe cierta probabilidad que el personal técnico de mantenimiento le tome tiempo asumir las funciones correctamente.

4.4. Conclusiones

La propuesta de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad incrementa la disponibilidad mecánica de las cosechadoras de 84.2% a 95.3% en una empresa Agroindustrial de Trujillo en el año 2022.

Mediante el diagnóstico de la baja disponibilidad de las cosechadoras realizadas en el taller de mantenimiento de una Empresa Agroindustrial de Trujillo se encontraron que las causas que mayor impacto tienen fueron: No existe un plan de mantenimiento preventivo de las cosechadoras, no identificación de cosechadoras críticas, personal de mantenimiento contratado y la inexistencia de instructivos de las cosechadoras.

Por otro lado, con la ejecución el análisis de modo y efecto de fallos – AMEF a las cosechadoras. Se identificaron que 6 son las cosechadoras con mayor criticidad, entre ellas tenemos a: 117-010 Cosechadora de Cañas John Deere 3520 De Llantas, 117-013 Cosechadora de Cañas John Deere CH570, 117-014 Cosechadora A8800, CASE.IH, Oruga,2016, 117-015 Cosechadora A8800 CASE.IH Oruga 2015, 117-018 Cosechadora Ruedas Jhon Deere, CH570 y la 117-019 Cosechadora Oruga, Jhon Deere, CH570.

Se diseñó el plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para solucionar las causas raíces identificadas, obteniéndose una inversión total de S/31,938.00 y un beneficio anual de S/52,866.84.

Finalmente, los indicadores financieros presentes en la investigación determinaron que la propuesta es viable y rentable, porque se obtuvo un VAN de S/. 52,497.65, un TIR de 82.40% y un periodo de recuperación de 1.9 años.

- Amendola, L. (2010). *Excelencia Operacional*. ISBN: 978-84-940628-2-7
- Arrieta, J. (2020). *La Libertad produce entre el 60% y 65% del azúcar a nivel nacional*.
<https://agraria.pe/noticias/la-libertad-produce-entre-el-60-y-65-del-azucar-a-nivel-naci-21082>
- BCRP. (2022). *La Libertad: Síntesis de Actividad Económica Julio 2022*.
<https://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Trujillo/2022/presentacion-la-libertad-07-2022.pdf>
- Campos, O., Tolentinom Eslava, G., Miguel, Toledo Velázquez, M., & Tolentino Eslava, R. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. *Científica*.
<https://www.redalyc.org/journal/614/61458265006/html/>
- Da Silva, C., Baker, D., Shepherd, A., Jenane, C., & Miranda, S. (2013). *Agroindustrias para el desarrollo*.
<https://www.fao.org/3/I3125s/I3125s.pdf>
- Duffuaa, S. O., Raouf, A., & Campbell, J. D. (2007). *Sistemas de mantenimiento: Planeación y control*. ISBN: 978-968-18-5918-3
- García, O. (2012). *Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial*. ISBN: 9587620518
- Mesa, D., Ortiz, Y., & Pinzón, M. (2006). *La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento*. <https://www.redalyc.org/pdf/849/84920491036.pdf>
- Montes, J. (2013). *Diseño de un Mantenimiento Basado en la confiabilidad para la flota articulada de integra S.A. usando algunas herramientas de mantenimiento centrado en confiabilidad*.
- Mora, L. (2009). *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. ISBN: 978-958-682-769-0
- Olivera, L. (2020). *La importancia de la continuidad del sistema agroalimentario*.
<https://gestion.pe/opinion/la-importancia-de-la-continuidad-del-sistema-agroalimentario-noticia/>
- Salguero Manosalvas, M. F. (2010). *Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento estratégico aplicando las filosofías RCM Y FMEA a las máquinas y herramientas de la empresa Weatherford South América inc., base1, Francisco de Orellana*". <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/2418>
- Zambrano, C. (2006). *Análisis de criticidad y confiabilidad en los equipos*. www.biblioteca@anz.udo.edu.ve

ANEXOS
ANEXO N° 1. Matriz de operacionalización de variables

Variab	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Formula	Escala medición
Variable Independiente: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad	Es el sistema contemplado en nuevas tecnologías agrupando y recolectando las informaciones de cada función de las máquinas, la cual podremos monitorear para asegurar la confiabilidad de los equipos (Segura, 2014)	Conjunto de actividades correctivas y predictivas desarrolladas en el tiempo, para la conservación de los equipos (Idrogo,2016).	Programa de RCM	Índice de cumplimiento de RCM	Nro. de actividades de RCM cumplidas/total de actividades de mantenimiento planificadas	Razón
Variable Dependiente: Disponibilidad Mecánica	La disponibilidad es el cociente entre el tiempo disponible para producir y el tiempo total de parada. Para calcular es necesario obtener el tiempo disponible, como resta entre el tiempo total, el tiempo por paradas de mantenimiento programado y el tiempo por parada no programada. (Garrido, 2009)	La disponibilidad es el cociente entre el tiempo medio entre fallas y la suma del tiempo medio para reparar y el tiempo medio entre paradas. (Martínez, 20199)	Confiabilidad	Índice de Probabilidad de funcionamiento sin fallas de cosechadoras	$MTBF = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo perdido}}{\text{Número de paradas}}$	Razón
			Mantenibilidad	Índice de tiempo de reparación de cosechadoras	$MTTR = \frac{\text{Tiempo total del Mantenimiento Correctivo}}{\text{Número de Acciones de Reparación}}$	Razón
			Disponibilidad	Índice de disponibilidad de cosechadoras	$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} * 100\%$	Razón

ANEXO N° 2. Matriz de consistencia

Titulo	Formulación Del Problema	Objetivos	Hipótesis	Metodología	Técnicas e Instrumentos
Propuesta de un Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para mejorar la disponibilidad mecánica de las cosechadoras de una empresa Agroindustrial de Trujillo en el año 2022.	¿En qué medida la propuesta del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad mejoría la disponibilidad mecánica de las cosechadoras de una Empresa Agroindustrial de Trujillo en el año 2022?	<p>Objetivo general</p> <p>Mejorar la disponibilidad mecánica de las cosechadoras a través del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad de una Empresa Agroindustrial de Trujillo en el año 2022.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diagnosticar la situación actual del área de mantenimiento. • Diseñar la propuesta de mejora con el plan de mantenimiento centrado en confiabilidad • Comparar los resultados obtenidos antes y después de la propuesta en el área de Mantenimiento. • Evaluar la viabilidad económica de la propuesta. 	<p>Hipótesis General</p> <p>Con la propuesta del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad se mejorará la disponibilidad mecánica de las cosechadoras de una Empresa Agroindustrial de Trujillo en el año 2022.</p>	<p>Tipo de investigación</p> <p>El tipo de investigación es Aplicada,</p> <p>El diseño es de grado preexperimental.</p> <p>Población y Muestra</p> <p>Población: La población está constituida por todas las cosechadoras de una Empresa Agroindustrial de Trujillo en el año 2022.</p> <p>Muestra: La muestra está constituida por 6 cosechadoras con mayor criticidad Modelo CH570, Modelos 3520 Y Casé A8800 de una Empresa Agroindustrial de Trujillo en el año 2022.</p>	<p>Técnicas</p> <p>Observación Encuesta Análisis documental</p> <p>Instrumentos</p> <p>Cuestionario. Guía de Observación Check List de registros de fallas.</p>

ANEXO n.º 3. Guía de Observación

AGROINDUSTRIAL LAREDO S.A	MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD			Version del Documento: 00	Aprobado por: GP
				Elaborado por:	Fecha de Aprobación:
GUIA DE OBSERVACION					
Nombre del Observador	Area de Trabajo	Especialidad	Tiempo de Observacion	Dia - Turno del Observado	Nro. De Personas
Proceso Observado	Información Adicional (recopilada por el observador)				
Sugerencias Generales de lo Observado					
Conclusiones de la observación					
Responsable de la observación					
Nombre			Cargo		
Fecha			Firma		

ANEXO n.º 4. Cuestionario

CUESTIONARIO DE ENTREVISTA	
Objetivo :	Conocer el conocer procesos y detalles del funcionamiento de las cosechadoras
Fecha:	.....
Nombre del entrevistado :	.....
Nombre del entrevistador	.....
1. ¿Cuáles son las cosechadoras que presentan la mayor cantidad de fallas?	..... .....
2. ¿Cada cuanto tiempo se realizan los mantenimientos? ¿Y que tipo se realizan?	..... .....
3. Según tu experiencia ¿Qué causas son las que generan la paradas de cosechadoras?	..... .....
4.¿ Cual es la cantidad de perdida monetaria promedio por la parada de produccion?	..... .....
5. ¿Quiénes son los encargados de realizar el mantenimiento a las cosechadoras?	..... .....
6. ¿Cuáles son los tiempos promedios por fallas y reparaciones de las cosechadoras?	..... .....
7. ¿Qué se es lo que se realiza cuando las cosechadoras no responden?	..... .....
8. ¿Cuál es la disponibilidad actual de las cosechoras para producir?	..... .....
9. ¿Cómo solucionar usted el problema de paradas de las cosechadoras?	..... .....
.....
Firma del entrevistador	Firma del entrevistador

ANEXO n.º 5. Resultados de análisis AMEF

CENTRO	EQUIPO	DESCRIPCION	TIEMPO REQUERIDO	TIEMPO PARADA	TIEMPO FUNCIONAMIENTO	TOTAL O.T. (Nº PAROS)	MTTF	PRIORIDAD EQUIPO	A.OPERATIVA	SISTEMA EQUIPO	CCOSTOS EQUIPO
101	117-001	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE 3520 DE LLANTAS	557.66	4	701.75	1	18.25	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-001-003	SISTEMA HIDRAULICO	557.66	2.33	717.67	1	2.33	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-001	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE 3520 DE LLANTAS	557.66	0	701.75	3	6.08	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-001-003	SISTEMA HIDRAULICO	557.66	1	717.67	1	2.33	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-001-0032	BOMBAS TANDEM EXTRACTOR PRIMARIO Y CORTADOR BASE	557.66	1	720	1	0	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-001-016	RASTRA ELEVADORA	557.66	6	520	3	10.33	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-001-019	SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	557.66	1	719	2	0.5	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-001-0191	COMPRESOR DE AIRE ACONDICIONADO	557.66	1	719	2	0.5	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
TOTAL			557.66	16.33	541.33	14					
101	117-002	COSECHADORA ORUGA JOHN DEERE CH570	557.66	2.75	675.83	3	14.72	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-002-003	SISTEMA HIDRAULICO	557.66	2	718	2	1	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-002-008	ROLOS ALIMENTADORES	557.66	3	707.5	1	12.5	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-002-0031	BOMBAS TANDEM DE TRACCION	557.66	1	719	1	1	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-002-009	SISTEMA SUSPENSION DELANTERA	557.66	1	718	2	1	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-002-013	TROZADORA DE CAÑAS	557.66	9.5	710.5	6	1.19	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-002-016	EXTRACTOR SECUNDARIO	557.66	0	720	1	0	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-002-017	SISTEMA ELECTRICO	557.66	1	719	1	1	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
TOTAL			557.66	20.25	537.41	17					
101	117-003-003	SISTEMA HIDRAULICO	557.66	0	717.67	1	2.33	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-003-0032	BOMBAS TANDEM EXTRACTOR PRIMARIO Y CORTADOR BASE	557.66	0	720	1	0	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-003-008	ROLOS ALIMENTADORES	557.66	1	717	1	3	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-003-014	TROZADORA DE CAÑAS	557.66	3	715.5	5	0.9	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-003-015	EXTRACTOR PRIMARIO	557.66	21	691	5	5.8	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
TOTAL			557.66	25	532.66	13					
101	117-006	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE 3520 DE LLANTAS	557.66	0	701.75	3	6.08	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-006-003	SISTEMA HIDRAULICO	557.66	1	717.67	1	2.33	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-006-0032	BOMBAS TANDEM EXTRACTOR PRIMARIO Y CORTADOR BASE	557.66	1	720	1	0	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-006-008	ROLOS ALIMENTADORES	557.66	1	717	1	3	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-006-014	TROZADORA DE CAÑAS	557.66	4.5	715.5	5	0.9	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-006-015	EXTRACTOR PRIMARIO	557.66	8	691	5	5.8	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-006-016	RASTRA ELEVADORA	557.66	8	689	3	10.33	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
TOTAL			557.66	23.5	534.16	19					
101	117-007	COSECHADORA ORUGA JOHN DEERE CH570	557.66	2.75	675.83	3	14.72	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-007-003	SISTEMA HIDRAULICO	557.66	2	718	2	1	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-007-008	ROLOS ALIMENTADORES	557.66	3	707.5	1	12.5	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-007-009	SISTEMA SUSPENSION DELANTERA	557.66	1	718	1	2	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-007-015	RASTRA ELEVADORA	557.66	2	715	2	2.5	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-007-019	TREN DE RODAMIENTOS	557.66	8	707	2	6.5	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-007	COSECHADORA ORUGA JOHN DEERE CH570	557.66	0	675.83	4	11.04	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-007-003	SISTEMA HIDRAULICO	557.66	0	718	1	2	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-007-0031	BOMBAS TANDEM DE TRACCION	557.66	1	719	1	1	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-007-0035	MOTORES HIDRAULICOS TRACCION POSTERIOR	557.66	7	713	5	1.4	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
TOTAL			557.66	26.75	530.91	22					
101	117-008-005	DIVISOR DE COSECHA	557.66	0	714	1	6	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-008-0081	MOTORES HIDRAULICOS DE ROLOS ALIMENTADORES	557.66	1	719	1	1	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-008-015	EXTRACTOR PRIMARIO	557.66	2	691	1	29	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-008-003	SISTEMA HIDRAULICO	557.66	0	717.67	1	2.33	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-008-0032	BOMBAS TANDEM EXTRACTOR PRIMARIO Y CORTADOR BASE	557.66	0	720	1	0	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-008-005	DIVISOR DE COSECHA	557.66	6	714	1	6	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-008-007	CONJUNTO DESPUNTAADOR	557.66	1.5	718.5	2	0.75	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-008-008	ROLOS ALIMENTADORES	557.66	2	717	1	3	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-008-014	TROZADORA DE CAÑAS	557.66	4.5	715.5	5	0.9	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
TOTAL			557.66	17	540.66	14					
101	117-009	COSECHADORA ORUGA JOHN DEERE CH570	557.66	2.75	675.83	3	14.72	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-009-003	SISTEMA HIDRAULICO	557.66	2	718	2	1	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-009	COSECHADORA ORUGA JOHN DEERE CH570	557.66	0	675.83	4	11.04	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-009-003	SISTEMA HIDRAULICO	557.66	0	718	1	2	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-009-0031	BOMBAS TANDEM DE TRACCION	557.66	1	719	1	1	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-009-007	CONJUNTO DESPUNTAADOR	557.66	5	715	3	1.67	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-009-016	EXTRACTOR SECUNDARIO	557.66	0	720	1	0	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-009-017	SISTEMA ELECTRICO	557.66	1	719	1	1	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-009-019	TREN DE RODAMIENTOS	557.66	5	707	2	6.5	NO CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
TOTAL			557.66	16.75	540.91	18					
101	117-010	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE 3520 DE LLANTAS	557.66	9	701.75	1	18.25	CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-010-003	SISTEMA HIDRAULICO	557.66	2.33	717.67	1	2.33	CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-010-004	CORTADOR DE BASE	557.66	0.5	719.5	1	0.5	CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-010-005	DIVISOR DE COSECHA	557.66	0	714	1	6	CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-010-008	ROLOS ALIMENTADORES	557.66	1	717	5	3	CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-010-0081	MOTORES HIDRAULICOS DE ROLOS ALIMENTADORES	557.66	1	719	1	1	CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-010-015	EXTRACTOR PRIMARIO	557.66	2	691	1	29	CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-010-020	LLANTAS	557.66	1.33	718.67	2	0.67	CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-010	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE 3520 DE LLANTAS	557.66	0	701.75	3	6.08	CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-010-003	SISTEMA HIDRAULICO	557.66	0	717.67	5	2.33	CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-010-0032	BOMBAS TANDEM EXTRACTOR PRIMARIO Y CORTADOR BASE	557.66	0	720	1	0	CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-010-005	DIVISOR DE COSECHA	557.66	6	714	1	6	CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-010-0051	MOTORES HIDRAULICOS DE SIN FINES	557.66	1	719	5	1	CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-010-006	RODILLOS TUMBADORES	557.66	2.5	717.5	1	2.5	CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-010-0061	MOTORES HIDRAULICOS DE RODILLOS TUMBADORES	557.66	16	704	2	16	CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-010-007	CONJUNTO DESPUNTAADOR	557.66	1.5	718.5	4	0.75	CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-010-008	ROLOS ALIMENTADORES	557.66	2	717	1	3	CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-010-014	TROZADORA DE CAÑAS	557.66	4.5	715.5	2	0.9	CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-010-015	EXTRACTOR PRIMARIO	557.66	27	691	5	5.8	CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-010-016	RASTRA ELEVADORA	557.66	31	689	3	10.33	CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-010-017	EXTRACTOR SECUNDARIO	557.66	3.5	716.5	2	1.75	CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-010-0171	MOTOR HIDRAULICO DEL EXTRACTOR SECUNDARIO	557.66	2	718	5	2	CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-010-019	SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	557.66	1	719	2	0.5	CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
101	117-010-0191	COMPRESOR DE AIRE ACONDICIONADO	557.66	1	719	2	0.5	CRITICO	AT CORTEN	SIS 0600	101
TOTAL			557.66	116.16	441.5	57					

101	117-013	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570	557.66	0.5	688.75	2	15.13	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-013-003	SISTEMA HIDRAULICO	557.66	0	716	1	4	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-013-004	CORTADORA DE BASE	557.66	2.5	716	2	2	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-013-008	ROLOS ALIMENTADORES	557.66	1.33	718.67	6	1.33	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-013-009	SISTEMA SUSPENSION DELANTERA	557.66	2	718	5	2	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-013-016	RASTRA ELEVADORA	557.66	3	695	2	42.5	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-013	COSECHADORA DE CAÑA JOHN DEERE CH570	557.66	6	688.75	5	5.04	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-013-003	SISTEMA HIDRAULICO	557.66	4	716	5	4	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-013-0031	BOMBAS TANDEM DE TRACCION	557.66	1	719	1	1	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-013-004	CORTADORA DE BASE	557.66	1.5	716	4	2	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-013-005	DIVISORES DE COSECHA	557.66	2	718	1	2	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-013-007	CONJUNTO DESPUNTADOR	557.66	1.5	718.5	5	1.5	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-013-014	TROZADORA DE CAÑAS	557.66	7.5	712.5	5	1.07	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-013-016	RASTRA ELEVADORA	557.66	82	695	6	14.17	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-013-017	EXTRACTOR SECUNDARIO	557.66	2	718	2	1	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-013-018	SISTEMA ELECTRICO	557.66	4	716	1	4	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
TOTAL			557.66	120.83	436.83	63					
101	117-014	COSECHADORA A8800CASE IH,ORUGA,2016	557.66	12.25	692.5	1	27.5	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-014-001	MOTOR DIESEL	557.66	0	720	5	0	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-014-008	ROLOS ALIMENTADORES	557.66	10	717	5	3	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-014-015	EXTRACTOR PRIMARIO	557.66	2.5	716	5	4	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-014-018	SISTEMA ELECTRICO	557.66	1	719	6	1	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-014-019	SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	557.66	0	720	6	0	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-014	COSECHADORA A8800CASE IH,ORUGA,2016	557.66	8	692.5	3	9.17	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-014-003	SISTEMA HIDRAULICO	557.66	1	719	8	1	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-014-004	CORTADOR DE BASE	557.66	1	719	5	0.5	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-014-005	DIVISOR DE COSECHA	557.66	10	718	5	2	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-014-007	CONJUNTO DESPUNTADOR	557.66	1	719	2	1	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-014-008	ROLOS ALIMENTADORES	557.66	2	717	2	1.5	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-014-009	SISTEMA DE SUSPENSION DELANTERA	557.66	3.5	714.5	2	2.75	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-014-014	TROZADORA DE CAÑAS	557.66	21	699	24	0.88	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-014-015	EXTRACTOR PRIMARIO	557.66	1.5	716	1	4	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
TOTAL			557.66	76.75	480.91	80					
101	117-015-011	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	557.66	5	714.5	8	5.5	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-015-004	CORTADOR DE BASE	557.66	8	720	11	0	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-015-005	DIVISOR DE COSECHA	557.66	10	719	8	1	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-015-016	RASTRA ELEVADORA	557.66	1	714	11	6	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-015	COSECHADORA A8800CASE IH,ORUGA,2015	557.66	9	695.5	6	12.25	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-015-0011	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	557.66	4	714.5	10	5.5	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-015-003	SISTEMA HIDRAULICO	557.66	6	719	8	0.33	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-015-0034	BOMBA TANDEM DE 3 CUERPOS	557.66	8	704	2	8	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-015-005	DIVISOR DE COSECHA	557.66	8	719	5	0.5	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-015-007	CONJUNTO DESPUNTADOR	557.66	0.75	719.25	10	0.75	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-015-009	SISTEMA DE SUSPENSION DELANTERA	557.66	1	719	11	1	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-015-015	EXTRACTOR PRIMARIO	557.66	2	718	4	1	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-015-016	RASTRA ELEVADORA	557.66	5	714	2	3	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
TOTAL			557.66	67.75	480.91	96					
101	117-018	COSECHADORA RUEDAS, JHON DEERE, CH570	557.66	0.5	671.08	12	48.92	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-018-004	CORTADORA DE BASE	557.66	10	717	8	3	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-018-009	SISTEMA DE SUSPENSION DELANTERA	557.66	5	719	9	1	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-018-016	RASTRA ELEVADORA	557.66	5	713.92	10	3.04	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-018	COSECHADORA RUEDAS, JHON DEERE, CH570	557.66	0.25	671.08	10	9.78	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-018-003	SISTEMA HIDRAULICO	557.66	5	720	1	0	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-018-004	CORTADORA DE BASE	557.66	10	717	10	3	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-018-005	DIVISORES DE COSECHA	557.66	5	719	8	0.5	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-018-007	CONJUNTO DESPUNTADOR	557.66	5	718.5	8	1.5	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-018-014	TROZADORA DE CAÑAS	557.66	18	702	18	1	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-018-015	EXTRACTOR PRIMARIO	557.66	0	720	1	0	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-018-016	RASTRA ELEVADORA	557.66	4.83	713.92	12	2.03	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-018-017	EXTRACTOR SECUNDARIO	557.66	0	720	1	0	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-018-0171	MOTOR HIDRAULICO EXTRACTOR SECUNDARIO	557.66	3.5	716.5	2	1.75	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
TOTAL			557.66	72.08	485.58	110					
101	117-019	COSECHADORA ORUGA, JHON DEERE CH570	557.66	2.75	675.83	3	14.72	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-019-003	SISTEMA HIDRAULICO	557.66	2	718	2	1	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-019-008	ROLOS ALIMENTADORES	557.66	3	707.5	6	12.5	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-019-009	SISTEMA SUSPENSION DELANTERA	557.66	1	718	1	2	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-019-015	RASTRA ELEVADORA	557.66	2	715	5	2.5	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-019-019	TREN DE RODAMIENTOS	557.66	8	707	5	6.5	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-019	COSECHADORA ORUGA, JHON DEERE CH570	557.66	0	675.83	4	11.04	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-019-003	SISTEMA HIDRAULICO	557.66	0	718	5	2	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-019-0031	BOMBAS TANDEM DE TRACCION	557.66	1	719	6	1	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-019-0035	MOTORES HIDRAULICOS TRACCION POSTERIOR	557.66	7	713	5	1.4	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-019-004	CORTADORA DE BASE	557.66	4	716	5	2	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-019-007	CONJUNTO DESPUNTADOR	557.66	5	715	3	1.67	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-019-008	ROLOS ALIMENTADORES	557.66	9.5	707.5	5	6.25	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-019-009	SISTEMA SUSPENSION DELANTERA	557.66	1	718	2	1	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-019-013	TROZADORA DE CAÑAS	557.66	9.5	710.5	8	1.19	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-019-014	EXTRACTOR PRIMARIO	557.66	0.5	719.5	8	0.5	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-019-015	RASTRA ELEVADORA	557.66	3	715	1	5	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-019-016	EXTRACTOR SECUNDARIO	557.66	0	720	1	0	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-019-017	SISTEMA ELECTRICO	557.66	1	719	1	1	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
101	117-019-019	TREN DE RODAMIENTOS	557.66	5	707	2	6.5	CRITICO	AT CORTEÑ	SIS 0600	101
TOTAL			557.66	65.25	492.41	78					

ANEXO n.º 6. Resultados proyectados de la monetización después de la propuesta

Costos en pérdidas de producción por horas perdidas de las cosechadoras

Código	Modelo de cosechadora	Tiempo perdido por año (Hrs/año)	Costo por hora de reparación	Pérdida por Cosechadora
117-010	Cosechadora de Cañas John Deere 3520 De Llantas	75.5	120	S/ 9,060.00
117-013	Cosechadora de Cañas John Deere CH570	85.5	120	S/ 10,260.00
117-014	Cosechadora A8800, CASE.IH, Oruga,2016	65.5	120	S/ 7,860.00
117-015	Cosechadora A8800, CASE.IH, Oruga,2015	67.75	120	S/ 8,130.00
117-018	Cosechadora Ruedas, Jhon Deere, CH570	72.08	120	S/ 8,649.60
117-019	Cosechadora Oruga, Jhon Deere, CH570	60.5	120	S/ 7,260.00
Total		426.83		S/ 51,219.60

Costos en repuestos de las cosechadoras en Agroindustrial Laredo S.A.A

Código	Modelo de cosechadora	Costo por repuestos
117-010	Cosechadora de Cañas John Deere 3520 De Llantas	S/ 15,000.00
117-013	Cosechadora de Cañas John Deere CH570	S/ 11,000.00
117-014	Cosechadora A8800, CASE.IH, Oruga,2016	S/ 8,000.00
117-015	Cosechadora A8800, CASE.IH, Oruga,2015	S/ 7,500.00
117-018	Cosechadora Ruedas, Jhon Deere, CH570	S/ 5,600.00
117-019	Cosechadora Oruga, Jhon Deere, CH570	S/ 8,500.00
Total		S/ 55,600.00

Costos en mano de obra por reparaciones en el taller de agroindustrial Laredo S.A.A.

Código	Modelo de cosechadora	Horas al año	Sueldo mensual	Costo perdido por mano de obra por día	Costo de MO anual por cosechadora
117-010	Cosechadora de Cañas John Deere 3520 De Llantas	75.50	1500.00	53.57	S/ 4,044.64
117-013	Cosechadora de Cañas John Deere CH570	85.50	1500.00	53.57	S/ 4,580.36
117-014	Cosechadora A8800, CASE.IH, Oruga,2016	65.50	1500.00	53.57	S/ 3,508.93
117-015	Cosechadora A8800, CASE.IH, Oruga,2015	67.75	1500.00	53.57	S/ 3,629.46
117-018	Cosechadora Ruedas, Jhon Deere, CH570	72.08	1500.00	53.57	S/ 3,861.43
117-019	Cosechadora Oruga, Jhon Deere, CH570	60.50	1500.00	53.57	S/ 3,241.07
Total		426.83			S/ 22,865.89
				4044.64	
				4580.36	
				3508.93	
				3629.46	
				3861.43	

costo de reparaciones por día es de 4 hrd promedio

con la servicio de mantenimiento de 2 tecnicos de reparación por cosechadora

Costo total de mantenimiento por cosechadora en Agroindustrial Laredo S.A.A

Modelo de cosechadora	Pérdida por Cosechadora por producción	Costo por repuestos	Costo de MO anual por cosechadora	Subtota	%
Cosechadora de Cañas Joh	S/ 13,939.20	S/ 25,000.00	S/ 1,500.00	S/ 40,439.20	24.69%
Cosechadora de Cañas Joh	S/ 14,499.60	S/ 18,000.00	S/ 1,500.00	S/ 33,999.60	20.76%
Cosechadora A8800, CASI	S/ 9,210.00	S/ 15,000.00	S/ 1,500.00	S/ 25,710.00	15.70%
Cosechadora A8800, CASI	S/ 8,130.00	S/ 12,000.00	S/ 1,500.00	S/ 21,630.00	13.21%
Cosechadora Ruedas, Jhon	S/ 8,649.60	S/ 12,000.00	S/ 1,500.00	S/ 22,149.60	13.53%
Cosechadora Oruga, Jhon I	S/ 7,830.00	S/ 10,500.00	S/ 1,500.00	S/ 19,830.00	12.11%
S/	62,258.40	S/ 92,500.00	S/ 9,000.00	S/ 163,758.40	100.00%

ANEXO n.º 7. Resultados de indicadores actuales y proyectados

Según el diagnóstico inicial no existía un programa de mantenimiento en directamente para las cosechadoras por ende se generabas paradas, por ello el indicador obtenido fue de 0%, pero después de la propuesta se diseño un programa de mantenimiento con 28 actividades donde se proyecta el cumplimiento del 96% de 27 actividades mediante la capacitación inicial.

Porcentaje de Mantenimiento cumplido	Antes de la propuesta	Después de la propuesta
Mantenimiento preventivo ejecutados	0	27
Total de programas de mantenimiento	28	28
Resultado	0%	96%

En cuanto a la identificación de que cosechadoras se encontrabas criticas solo 1 era considerada por el área de mantenimiento, debido a que no tenían una estrategia que les facilitaba determinar su operatividad, por ello mediante los formatos y checklist de mantenimiento diseñado específicamente se determinaron que 6 son las críticas, por ello son las que generan mayor productividad a las operaciones ya que representa el 46%.

Porcentaje de cosechadoras criticas	Antes de la propuesta	Después de la propuesta
Nº de cosechadoras criticas	1	6
Total de cosechadoras	13	13
Resultado	8%	46%

Con respecto al personal contratado, la empresa subcontrata a un personal externo que es especialista en cosechadoras lo cual les permite tener un alto costo por mantenimiento, para ello se contrató a 2 personas que se dedicarían solo a esta laborar, por ello se reducirían esos costos; por tanto, el indicador de personas contratadas se reduciría de 100% a 40%.

Porcentaje de personal contratado	Antes de la propuesta	Después de la propuesta
Personal contratado especializado en mantenimiento de cosechadoras	5	2
Total de personas contratadas	5	5
Resultado	100%	40%

Por último, no existía ningún instrumento sobre las cosechadoras, ni ordenes de trabajo por ello el indicador actual fue de 0%, pero ya con la propuesta se diseñaron los instrumentos de las cosechadora, lo cual traerá un beneficio a la empresa debido a reducción de paradas, por tanto , el indicador proyectado refleja el 100%

Porcentaje de instructivos realizados	Antes de la propuesta	Después de la propuesta
Nº de instructivos realizados	0	2
/ Total de instructivos requeridos	2	2
Resultado	0%	100%