

Implementation of Maintenance Management According to TPM Theory to Increase Productivity in an Agricultural Company, Trujillo.

Luis Fernando Paredes Fonseca, Industrial Engineering¹, Miguel Enrique Alcalá Adrianzén, Doctor of Science and Engineering².

¹Universidad Privada del Norte, Perú, N00197501@upn.edu.pe

²Universidad Privada del Norte, Perú, miguel.alcala@upn.edu.pe

Abstract– The objective of this work is to: Determine the impact of the implementation of maintenance management on the productivity of an agricultural company, Trujillo. To begin with, a diagnosis of the current situation of the maintenance area was carried out. The descriptive type of research is being applied as a methodology. Therefore, solutions will be proposed to solve the problems that affect the low productivity of the company. The population has been considered to be all the equipment and machines in the production area; and the sample has been considered to be the critical equipment and machines that affect the production process of the company. For data collection, the field diary and data registration form have been used. And its techniques are: observation, interview, survey and document analysis. As results, it has been obtained that the agricultural company reaches a NPV of S/151,707.49 new soles with an IRR of 80% and a PRI of 2.3 years. Finally, the cost benefit achieved is S/ 1.50

Keywords: Machine, quality, productivity, TPM, simulation.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).

DO NOT REMOVE

Implementación de una Gestión de Mantenimiento Según Teoría de TPM para Aumentar la Productividad en una Empresa Agropecuaria, Trujillo

Luis Fernando Paredes Fonseca, Ingeniera Industrial¹, Miguel Enrique Alcalá Adrianzén, Doctor en Ciencias e Ingeniería².

¹Universidad Privada del Norte, Perú, N00197501@upn.edu.pe

²Universidad Privada del Norte, Perú, miguel.alcala@upn.edu.pe

Resumen: El presente trabajo tiene como objetivo: Determinar el impacto de la implementación de la gestión de mantenimiento sobre la productividad de una empresa agropecuaria, Trujillo. Para empezar, se realizó un diagnóstico de la situación actual del área de mantenimiento. Como metodología se está aplicando el tipo de investigación descriptiva. Por lo tanto, se van a plantear soluciones que se logren solucionar los problemas que afectan a la baja productividad de la empresa. La población se ha considerado a todos los equipos y máquinas del área de producción; y la muestra se ha considerado a los equipos y máquinas críticas que afectan el proceso productivo de la empresa. Para la recolección de datos se han utilizado el diario de campo, ficha de registro de datos. Y sus técnicas son: la observación, entrevista, encuesta y análisis de documentos. Como resultados se han obtenido que la empresa agropecuaria alcanza un VAN de S/151,707.49 nuevos soles con un TIR de 80% y un PRI de 2.3 años. Por último, el costo beneficio alcanzado es de S/ 1.50

Palabras claves: Máquina, calidad, productividad, TPM, simulación.

I. INTRODUCCIÓN

Ref. [1] indicó que el sector avícola ha venido creciendo de manera exponencial en las últimas décadas. Pero, es importante mencionar que toda industria pasa por momentos complejos que no permiten una excelente consolidación. Gracias a su industria tecnificada, uso de tecnologías, mejoras en el bienestar animal y optimización de la infraestructura en las granjas avícolas, la avicultura mundial crece a pasos agigantados cada año. Como resultado, la producción de aves de corral aumentó de 94 millones de toneladas en 2009 a 131 millones de toneladas en 2019.

Existen empresas que sólo enfocan su planificación en las toneladas a producir, descuidando el mantenimiento y la confiabilidad de los equipos críticos y generales de sus procesos.

A eso se suma, la coyuntura que se vivió en los últimos 2 años a nivel mundial, por ejemplo: la invasión que hubo de Rusia a Ucrania está invasión tuvo como consecuencia que las empresas del sector avícola se vean afectadas en sus procesos

y en sus ganancias. Ya que, no hubo abastecimiento de insumos, tales como: maíz y soya, que son la base fundamental para el proceso productivo de alimento balanceado.

Ref. [2] mencionó que las regiones con mayor participación en la producción nacional avícola: Ica (39,2%), Lima (28,0%), La Libertad (18,5%) y Arequipa (3,7%); hay que tener en cuenta que este crecimiento se debe al correcto manejo técnico en las operaciones y en el mantenimiento apropiado de la maquinaria. Debido a los requerimientos de alimentos de origen animal como el pollo y el huevo de gallina, la avicultura nacional tiene una participación significativa dentro del Valor Bruto de la Producción Agropecuaria (26,3%), caracterizándose como una actividad económica en crecimiento

TABLA I
PRODUCCIÓN DE GALLINAS

Mes	Gallinas en producción (Miles de unidades)		
	2021 ^P	2022 ^P	Var. %
Enero	28,891	28,865	-0.1
Febrero	28,939	29,132	0.7
Marzo	28,961	29,469	1.8
Abril	28,780	29,638	3.0
Mayo	28,669	29,612	3.3
Junio	28,633	29,758	3.9
Julio	28,721	29,945	4.3
Agosto	29,068	29,673	2.1
Setiembre	29,122	29,796	2.3
Octubre	29,265	29,815	1.9
Noviembre	29,103	29,210	0.4
Diciembre	29,114	29,022	-0.3

La empresa agropecuaria, carece de un programa integral de mantenimiento. En el área de pletizado, se visualiza que el

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).
DO NOT REMOVE

display que mide la temperatura está en malas condiciones, se tiene que monitorear con un termómetro patrón para verificar que la temperatura sea superior a 80°C. Por ejemplo: el display da una lectura de 76°C mientras que con el termómetro patrón la lectura era de 80°C, como también, en el display la lectura era 80°C y con el termómetro patrón 75°C.

En conclusión, no conocer la temperatura correcta, podría desencadenar en presencia de salmonella en el alimento que se viene procesando. Por lo tanto, la gestión de mantenimiento permitirá reducir el nivel de incertidumbre y fallas constantes de los equipos dentro de las empresas. Además, se tratará de dar un enfoque de TPM que englobe a equipos y personas.

El TPM es una herramienta de Lean Manufacturing que se centra en el mantenimiento sin descuidar la asistencia de todos los colaboradores del proceso de producción, optimizando la disponibilidad y el mantenimiento de los equipos, desde el diseño hasta la puesta en marcha. Dentro del TPM se tiene como uno de los pilares el coeficiente global de los equipos, que se tiene que ir mejorando para ser una empresa altamente competitiva.

Ref. [3] mencionó que el OEE muestra el porcentaje de efectividad de una máquina con respecto a su máquina ideal equivalente, a continuación, se muestra la forma de cálculo:

$$\text{Indicador de Calidad} = \frac{\text{Producción real} - \text{productos defectuosos}}{\text{Productos real}} \quad (1)$$

$$\text{Indicador de disponibilidad} = \frac{\text{Minutos de operación efectivo}}{\text{Minutos de operación disponible}} \quad (2)$$

$$\text{Indicador de performance} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad de producción}} \quad (3)$$

$$\text{OEE} = \text{calidad} * \text{disponibilidad} * \text{performance} \quad (4)$$

Para finalizar, en la tabla II se muestra que tipo de calificación obtiene cada empresa, con respecto al cálculo de su coeficiente global de equipos.

TABLA II
CALIFICACIONES PARA EL OEE

Valor	Calificación	Descripción
OEE<65%	Inaceptable	Muy baja competitividad
65%<OEE<75%	Regular	Baja competitividad
75%<OEE<85%	Aceptable	Competitividad ligeramente baja
85%<OEE<95%	Buena	Buena competitividad
OEE>95%	Excelencia	Excelente

Ref. [4] indicó que las empresas normalmente planifican estrategias de mantenimiento preventivo, el cual facilita la

obtención de mejoras tangibles en la organización, debido a que el mantenimiento correctivo está dejando de ser útil y válido por sus altos costos. Es por eso que, las fábricas requieren plantear estrategias de prevención para evitar la aparición imprevista de estas fallas y lograr así mantenerse en producción constante.

La ejecución de las actividades previamente planificadas para el personal de mantenimiento debe estar controlada por un estándar de tiempo. En ese sentido, es muy importante que se conozca como calcular el tiempo estándar de una actividad:

$$\text{Tiempo normal} = \text{Tiempo promedio} * (1 + \text{calificación}) \quad (5)$$

$$\text{Tiempo estándar} = \text{Tiempo normal} * (1 + \text{tolerancias}) \quad (6)$$

Por otro lado, la productividad en las empresas, dependen directamente de lo que sucede con el proceso productivo. El factor humano se puede modificar, realizando estudio de tiempos. Lo que si no puede fallar son los equipos, ya que, eso va originar que baje la productividad de las empresas. Eso sí, se debe tener en cuenta, que los equipos no son para toda la vida.

La mejor palabra que defina los indicadores de productividad es la eficiencia. Los indicadores de productividad son instrumentos aplicados continuamente para gestionar a las empresas, con el fin de evaluar las ventajas y la eficiencia de los procesos en las empresas. En sí, sirven para evaluar la cantidad de recursos que utilizan las empresas para generar un producto o servicio en particular [5].

Ref. [6] mencionó que la productividad es un indicador relativo que calcula la capacidad de un componente productivo, o varios, para producir determinados bienes, por lo que al incrementarla se logran mejores resultados, considerando los recursos empleados para generarlos. A nivel macroeconómico, la productividad incide en numerosos fenómenos económicos y sociales, tales como: crecimiento económico, control de la inflación, empleo-desempleo, entre otros. En el nivel macroeconómico, una mejora en la productividad conduce a cualquiera de estas dos situaciones: reducción de precios, que provocará un incremento en la demanda, y mayores beneficios, por otro lado, se puede mantener constantes los precios, de modo que se incrementen las ganancias producto del incremento del margen de beneficios.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Alimento producido}}{\text{Personal requerido} * \text{Horas empleadas}}$$

Por ejemplo, en el sector minero la planificación y ejecución del mantenimiento ejerce gran influencia en la operatividad de los equipos conforme avanza los años de explotación, aunque este no puede garantizar valores de productividad y costos operativos óptimos a medida de estos envejecen, por lo que el estudio de su comportamiento junto al

estudio del índice de productividad total, es un buen indicador para la decisión de reemplazo [7].

Ref. [8] mencionaron que es muy importante la gestión de mantenimiento, dado que, ayuda a mejorar el bajo rendimiento de los equipos y se reducen las pérdidas de insumos, equipos, etc. El problema fue identificado con la ayuda de Pareto e Ishikawa. La propuesta se basó en la implementación del TPM con sus dos pilares importantes: el mantenimiento autónomo y el mantenimiento planificado, ambos permitieron mejorar la disponibilidad de los equipos críticos identificados. Asimismo, se demostró que esta práctica eleva los niveles de los indicadores OEE de cada equipo. Como resultados se obtuvo que a partir del tercer mes la empresa empieza a tener ingresos netos positivos por lo que el Valor Neto Actual (VAN) asciende a los S/ 207,379.00. Por otro lado, la Tasa Interna de Retorno (TIR) alcanza un valor porcentual del 48.95% y el valor del costo beneficio a S/ 2.2

Ref. [9] manifestaron que para mejorar la rentabilidad de la empresa se necesitaba consolidar la gestión de mantenimiento. Los problemas identificados fueron: el deficiente plan de mantenimiento, deficiente balance de línea y deficiente gestión de repuestos. Las propuestas de mejora se basaron en la implementación de herramientas de ingeniería industrial lo que permitió disminuir actividades que no generaban valor alguno para la empresa ocasionando insatisfacción en el cliente. Lo resultados obtenidos, muestran una ganancia total de S/3,025,596. El VAN fue S/507,270. El TIR, 71.42%; El Beneficio-Costo 1.66 y el Periodo de Retorno de Inversión (PRI), 6 meses. Estos indicadores demostraron la conveniencia de la propuesta.

Ref. [10] manifestaron que el presente estudio tuvo como objetivo determinar el impacto del diseño de un plan de mantenimiento, para ello, se desarrolló un diseño de investigación analítica descriptiva. Se identificaron y analizaron las razones de la baja disponibilidad mecánica que existe en la empresa, en la cual se pudo apreciar que los tractocamiones no contaban con un programa de mantenimiento preventivo programado, procedimientos de trabajo, historial de las fallas mecánicas, documentos que permitan su control. En conclusión, la propuesta de un nuevo diseño de plan de gestión de mantenimiento permitió llegar a un 90% de disponibilidad mecánica de los tractocamiones, reduciendo las constantes paradas no programadas. Se quedó evidenciado que la empresa tenía pérdidas que alcanzaban los S/ 29,903.00, el cual a su vez representaba el 25% del total; después del estudio, se muestra que los costos por pérdidas a raíz de estas causas se redujeron hasta S/. 8,645.00, monto que representa el 18% del total de costos por pérdidas.

Como pregunta de investigación se formuló: ¿Cuál es el impacto de la implementación de la gestión de mantenimiento según teoría TPM sobre la productividad de una empresa agropecuaria, Trujillo?

El objetivo general fue determinar el impacto de la implementación de la gestión de mantenimiento según teoría

TPM sobre la productividad de una empresa agropecuaria, Trujillo.

Como objetivos específicos se formularon:

- Diagnosticar la baja productividad y las causas raíz de las pérdidas económicas antes de la propuesta.
- Plantear técnicas y herramientas de la Ingeniería Industrial en la gestión de mantenimiento de una empresa agropecuaria.
- Evaluar económica y financieramente la propuesta.

Se formuló como hipótesis: La implementación de la gestión de mantenimiento según teoría TPM incrementa la productividad de una empresa agropecuaria, Trujillo.

II. METODOLOGÍA

Por su tipo es una investigación descriptiva, pues tiene como objetivo describir la situación actual de la empresa y proponer soluciones efectivas que ayuden a solucionar las causas raíz identificadas.

En cuanto al enfoque de estudio, el trabajo de investigación es cuantitativo, es decir, se mantiene un orden secuencial y demostración traducidos en datos numéricos, que permiten la objetividad frente a los eventos observados.

La población son todas las actividades que realiza el área de mantenimiento en la empresa agropecuaria, mientras que la muestra son aquellas actividades con mayor criticidad en las áreas de peletizado y ensacado.

En la tabla III, se muestran las técnicas e instrumentos utilizados en el presente trabajo de investigación:

TABLA III
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Técnica	Instrumentos
Observación	Diario de campo
Análisis de documentos	Registros de producción Registros de mantenimiento
Análisis de documentos	Hoja de cálculo

Para el primer objetivo se estudió cada etapa del proceso productivo de la empresa agropecuaria. El estudio se llevó a cabo mediante la recopilación de información obtenida en la observación de campo y el análisis de documentos; de esta manera, se realizó la estimación de los indicadores de productividad antes de la mejora. Para el análisis de datos se utilizó la estadística descriptiva. Ref. [11], afirmó que la estadística descriptiva es la rama de la estadística que genera representaciones gráficas a modo de resumen de la información, ya sea en cuadros, tablas, gráficos o figuras. Posteriormente, se identificarán las causas raíz mediante el Diagrama de Ishikawa, luego, se calculará la productividad de cada estación encontrada y al final se determinará la pérdida económica generada en cada una de las causas raíz.

Con respecto al segundo objetivo específico, se realizó los cálculos de tiempos estándar de las actividades de mantenimiento, se calculó el coeficiente global de los equipos

y se empezaron a describir procedimientos y formatos de mantenimiento preventivo que ayudaran a minimizar los errores y hacer más rápidos en las intervenciones realizadas al área de producción.

Además, se calculó el valor de la productividad propuesta, con la función de identificar el incremento de las unidades producidas en un tiempo determinado, y se comparó con la productividad antes de la propuesta.

Finalmente, para completar el último objetivo se evaluó económicamente la propuesta presentada, mediante los indicadores TIR (tasa interna de retorno) y VAN (valor neto actual), además, del análisis beneficio/costo.

Así mismo, la presente investigación utilizó información recopilada y analizada tomando siempre en consideración la ética, responsabilidad y no divulgación de esta; la empresa agropecuaria fue muy directa en que no se divulgue su nombre y que se trate su información de manera responsable y profesional.

III. RESULTADOS

Para el diagnóstico se elaboró el diagrama de causa efecto o más conocido como diagrama de Ishikawa Fig.1.

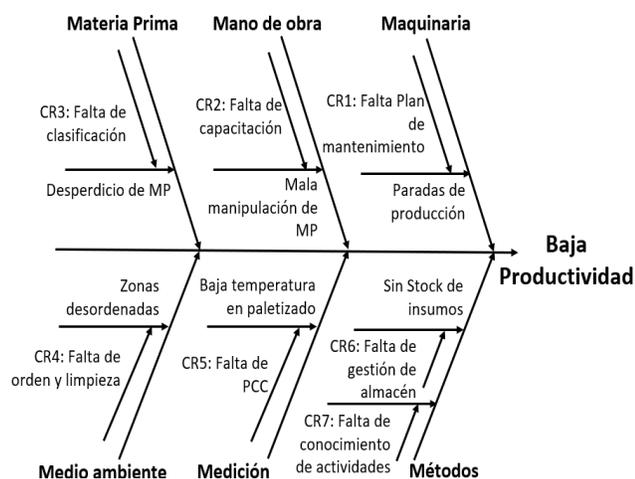


Fig. 1 Diagrama de Ishikawa.

A. Diagnosticar la baja productividad y las causas raíz de las pérdidas económicas antes de la propuesta.

La información entregada por la empresa fue de la producción mensual, las horas trabajadas y el total de personas requeridas durante el ejercicio del año 2022, es decir, toda la data de enero a diciembre.

Posteriormente, la productividad se calculó mediante la aplicación de la fórmula (7); como resultado de estos cálculos se obtuvieron los valores que se pueden apreciar en la Tabla IV, se muestra que la productividad del año 2022 en promedio fue de 0.805 t/h-h

TABLA IV
PRODUCTIVIDAD ANTES DE LA PROPUESTA

Mes	Producción (t)	Horas-Hombre (H-H)	Productividad (t/H.H)
Enero	4,000	6,912	0.579
Febrero	4,200	5,616	0.748
Marzo	4,325	6,240	0.693
Abril	4,350	6,864	0.634
Mayo	4,500	4,992	0.901
Junio	4,300	6,864	0.626
Julio	4,862	6,864	0.708
Agosto	4,558	4,368	1.043
Setiembre	4,950	4,992	0.992
Octubre	5,100	5,616	0.908
Noviembre	5,256	5,616	0.936
Diciembre	4,600	5,184	0.887
Total	4,583	5,844	0.805

A continuación, se detalla las pérdidas monetarias que tuvo cada causa raíz mostrada en la figura 1, sobre todo las que tienen mayores valores y que significan el 80% de las consecuencias en el Pareto generado.

Con respecto a las pérdidas económicas por la falta de un plan de mantenimiento tenemos:

- 1) 1 mezcladora: se pierde 27 horas al mes y se necesita 2 personas para que corrijan las fallas, además se está dejando de producir 400 t.
- 2) 1 tolva pulmón de mezcladora: se perdió 10 horas al mes y se necesita 2 personas para que corrijan la falla, además se está dejó de producir 400 t.
- 3) 1 acondicionador: se pierde 8 horas al mes y se necesita 2 personas para que corrijan la falla, además se dejó de producir 400 t.
- 4) El costo por energía es de 2.25(\$)/kW.H
- 5) El costo por MO es de 5.25 (\$)/H.H

TABLA V
PERDIDAS MONETARIAS DE CR1

Equipos	Energía eléctrica consumida (\$)/kW.H	Alimento que se deja por producir (\$)/t	Costo promedio mensual	Costo anual
Prensa	S/60.75	S/10,800	S/11,144	S/133,731
Acondicio.	S/22.50	S/4,000	S/4,128	S/49,530
Tolva	S/18.00	S/3,200	S/3,302	S/39,624
Total			S/18,574	S/222,885

En la tabla V se muestra que las pérdidas monetarias por falta de un plan de mantenimiento fueron de S/222,885 nuevos soles.

Con respecto a las pérdidas económicas por la falta de un plan de capacitación se determinó como:

6) Producción reportó que en lo que va del año 2023 una producción de 16 t que ya no han podido reprocesarse, por que estuvo el alimento altamente con desfase nutricional.

7) El costo de venta de 1kg es de S/1.5

TABLA VI
PERDIDAS MONETARIAS DE CR2

Año	t desechadas	Ingreso Perdido
2020	10	S/15,000
2021	12	S/18,000
2022	9	S/13,500
2023	16	S/24,000
Total		S/70,500

En la tabla VI se muestra que las pérdidas monetarias por falta de un plan de capacitación son de S/70,500 nuevos soles.

TABLA VII
MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

Causa Raíz	Pérdida Actual (S/.)	% Acumulado
CR1: Falta de Plan de Mantenimiento	S/222,885	72.16%
CR2: Falta de capacitación de MO	S/24,000	79.93%
CR4: Falta de orden y limpieza	S/23,727	87.61%
CR3: Falta de clasificación de MP	S/18,554	93.62%
CR5: Falta de PCC	S/8,208.	96.28%
CR7: Falta de conocimiento de las actividades	S/7,541	98.72%
CR:6 Falta de gestión de almacén	S/3,960	100%
Total	S/308,875.99	

En la tabla VII se muestra la tabla de priorización, donde podemos apreciar que las 2 primeras causas raíz dan un % acumulado del 80%.

B. *Plantear técnicas y herramientas de la ingeniería industrial para la mejora de las CR identificadas.*

TABLA VIII
INDICADORES

CR	Indicador	Herramientas
CR1	Porcentaje de cumplimiento de mantenimiento	Programa de mantenimiento
CR2	Porcentaje de personas capacitadas	Programa de capacitaciones

En la Tabla VIII se muestra las herramientas y los indicadores de las causas raíz más relevantes de la realidad problemática.

Para la ejecución del TPM, se inició con el pilar número 1, que trata sobre las mejoras enfocadas, que fueron actividades desarrolladas con el propósito de mejorar la eficiencia global de los equipos, operaciones y del sistema en general. Por esa razón, se creó una tabla (apoyados con la herramienta Excel), que permitió estimar el %OEE en cada estación de trabajo, se usaron las fórmulas (1), (2), (3) y (4)

TABLA IX
CÁLCULO OEE, PILAR 1 DEL TPM

Tiempo de parada planificada	Total
Línea de producción y almacenamiento	760
a. Limpieza de Planta, feriados	189
b. charla de seguridad / Refrigerio	204
c. De Preparación (cambio de tipo, limpieza mezcladora, etc.)	367
Tiempo de parada no programada	
Fallas Proceso, equipos, M.P. y M.O.	1012
a. Por capacidad del proceso/operación	422
b. Deficiencias logísticas (transporte, materia prima)	0
c. Por problemas eléctricos y neumáticos	499
d. Por problemas mecánicos	91
e. Mano de obra	0
f. Defectos y otros (Lluvia, corte de energía)	0
	760
Tiempo perdido (min)	1012
TEEP (Productividad Total Eq.)	79.50%
OEE (Efectividad Global Eq.)	80.10%

En la tabla IX se observa que la empresa agropecuaria tiene un coeficiente global de equipos del 80.10%, según la teoría, es de una calificación aceptable.

El segundo pilar fue el mantenimiento autónomo, se llevó a cabo con la colaboración de los operarios del proceso. Este pilar se basa en la ejecución de actividades diarias no especializadas, tales como la inspecciones, limpieza, lubricación, ajustes menores, estudios de mejoras, análisis de fallas, entre otras. Para la realización de estas funciones, se necesitó primordialmente que el personal este altamente calificado y capacitado, para que pueda responder y hacer una buena autoevaluación, se creó un formato el cual se describe en la tabla X.

TABLA X
MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Formato de Check List para inspección de prensa de Peletizado			
Código:			
Versión: 01		Revisión: 01	
Información de Mantenimiento			
Ubicación:	Prensa Peletizado		Fecha:
Responsable:		Tipo:	Mecánico
Objeto técnico:	01-Prepel-00000003	Frecuencia:	Semanal
Ítem	Actividad	Estado	Observaciones
Semanal			
1	Limpiar equipo	C	
2	Verificar rodillos	C	
3	Verificar sonidos extraños	C	
4	Revisar fuga de insumos	C	Existe fuga, se coloca sika.
5	Revisar estado de pernos	C	

El tercer pilar, el cual hace referencia a la programación del mantenimiento preventivo y corresponde al mejoramiento incremental y sostenible de los equipos, instalaciones y el sistema en general, con el propósito de minimizar las paradas continuas de equipos en planta y erradicar completamente los mantenimientos correctivos.



Fig. 2 Referencia de cada locación considerada para la simulación.

En la Fig.2 se referencian las locaciones del proceso para la Simulación en el software PROMODEL.

TABLA XI
PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Máquinas	Actividad	1	2	3	4	1	2	3	4
Acondicionadores	Verificación de la termocupla	X	X	X	X	X	X	X	X
Acondicionadores	Revisión de paletas internas	X	X	X	X	X	X	X	X
Acondicionadores	Revisión de ciclones		X				X		
Prensas	Verificación de las matrices	X				X			
Prensas	Engrase y limpieza de tapas, rodamientos y mallas	X	X	X	X	X	X	X	X
Enfriadores	Engrase y limpieza de rodamientos	X	X	X	X	X	X	X	X
Enfriadores	Verificación de sensores	X		X		X		X	
Mezcladora Premix	Verificación de paletas mezcladoras	X	X	X	X	X	X	X	X

En la tabla XII se aplicó las fórmulas (5) y (6); de esa manera, se obtuvo el tiempo estándar de las actividades que se realizan en el área de mantenimiento.

TABLA XII
APLICACIÓN DE TIEMPO ESTÁNDAR EN LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

Ítem	Operación	Inicio	Fin	Duración (TN)	Factor Tolerancia	TS
1	Megado de bobinado de motor	07:30	07:55	00:25	108%	00:27
2	Limpieza interna de bobinado motor	07:55	08:10	00:15	117%	00:17
3	Barnizado de bobinado de motor	08:10	08:30	00:20	122%	00:24
4	Revisar sistema eléctrico y estado de pistón compuertas neumáticas	08:30	08:50	00:20	122%	00:24
5	Revisar estado tarjetas mecánicas	08:50	09:30	00:40	122%	00:48
6	Revisar conexión de motor eléctrico	09:30	09:50	00:20	122%	00:24
7	Revisar caja de conexiones de motor	09:50	10:05	00:15	122%	00:18

TABLA XIII
PRODUCTIVIDAD MEJORADA

Mes	Producción (t)	Horas	Hombr es (h)	Horas-Hombr e (H-H)	Produc tividad (t/H.H)
Enero	4,200	576	10	5,760	0.729
Febrero	4,800	624	10	6,240	0.769
Marzo	5,800	624	11	6,864	0.845
Abril	6,500	624	12	7,488	0.868
Mayo	6,500	624	12	7,488	0.868
Junio	5,600	624	10	6,240	0.897
Julio	6,000	624	11	6,864	0.874
Agosto	5,600	624	11	6,864	0.816
Setiembre	5,800	624	10	6,240	0.929
Octubre	4,500	416	8	3,328	1.352
Noviembre	4,500	416	8	3,328	1.352
Diciembre	4,500	320	8	2,560	1.758
Total	5,358			5,772	1.005

En la tabla XIII se muestra que la productividad del año 2023 en promedio fue de 1.005 t/h-h.

Para finalizar con lo del programa de capacitaciones, no fue más que agrupar cada uno de los temas que se cree conveniente al personal técnico operativo les está haciendo falta reforzar y de esa manera ser más competitivo en sus puestos de trabajo.

Temas	OCT		NOV		DIC		Dirigido a:	Duración
	3	4	1	3	4	1		
CURSO N°1: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL								
Procedimientos de mantenimiento preventivo							Mantenimiento	8 Horas
Coefficiente global de los equipos							Todas las áreas	4 Horas
Lubricación y limpieza de los equipos							Mantenimiento	3 Horas
Análisis y modo de fallas							Mantenimiento	3 Horas
Mantenimiento de motores trifásicos							Mantenimiento	8 Horas
Mantenimiento de tableros eléctricos							Mantenimiento	8 Horas

Fig. 3. Programa de capacitaciones

En la Fig.3 se detalla una parte de los temas de la capacitación de todo el personal operativo de la empresa.

Total EAO3 107
Alimento rech 51
Cost/Part 14.58
Tiempo de cid 34.97
Ciclo promedi 34.53
Tiempo proces 10

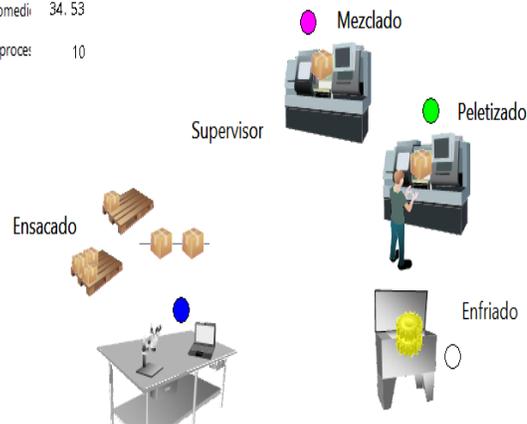


Fig. 4 Simulación del proceso

En la Fig.4 se muestra la simulación realizada en un tiempo de 24 horas

C. *Evaluar económica y financieramente*

TABLA XIV
INVERSIÓN TOTAL DEL PROYECTO

Inversión total	
Propuesta	Costo total
Inversión en activos	S/. 21,100
Plan de capacitación	S/. 30,300
Implementación de TPM	S/. 10,250
TOTAL	S/. 61,650

En la tabla XIV se detalla la inversión del proyecto estimada en S/. 61,650.00 nuevos soles.

TABLA XV
INDICADORES FINANCIEROS

VAN	S/171,660
TIR	68%
PRI	2.6

En la tabla XV el VAN obtenido para el presente trabajo es de S/171,660, con un TIR del 68% y un periodo de retorno de la inversión de 2.6 años

TABLA XVI
COSTO BENEFICIO

VAN Ingresos	S/. 1,245,139.30
VAN Egresos	S/. 843,188.09
B/C	1.5

En la tabla XVI el proyecto de investigación tiene un costo beneficio de S/1.5 por cada sol peruano invertido.

IV. DISCUSIONES

Ref. [12] mencionaron que la productividad depende de la contribución y del gran desempeño que tiene el mantenimiento dentro de las empresas industriales. Este artículo expuso la evolución que tiene el mantenimiento en una fábrica de tejido, por lo cual se propuso una reestructuración del método de mantenimiento, que evidentemente obtuvo mejoras en la productividad de un 25% desde su implementación. Por otro lado, en la presente investigación se demuestra que la implementación de una gestión de mantenimiento basado en la teoría TPM ayuda a la empresa agropecuaria en incrementar en el año 2023 su productividad en un 25%.

Ref. [13] mencionó en su investigación a las máquinas del área de producción de la empresa generó un aumento de productividad del 60%. Y recomendó directamente, en abandonar el mantenimiento correctivo debido a que no le está dando resultados favorables, puesto que su investigación evidencia resultados fiables en el incremento de productividad que pueden tener si cambian sus condiciones de mantenimiento preventivo en sus equipos. Nuestra investigación al aplicar el TPM en la empresa agropecuaria aumenta la productividad en 25% y reafirmamos que el mantenimiento correctivo es el que más dinero le hace perder a la empresa.

Los resultados fueron muy positivos: se produjo un descenso del 23% en las averías en el sector de tornos CNC y del 38% en el sector de centros de mecanizado CNC. En términos globales, un aumento en la disponibilidad de las máquinas y la Efectividad Global del Equipo (OEE) de aproximadamente del 5%. El procedimiento de implementación y el compromiso adoptado por todo el personal fue el secreto del éxito. En comparación con el trabajo de investigación, se registró un aumento en la disponibilidad de las máquinas y en la eficacia general del equipo (OEE) de aproximadamente el 15 % [14].

El presente estudio abarcó la identificación sistemática de pérdidas relacionadas con el mantenimiento, el establecimiento de objetivos relacionados con las mejoras en el desempeño del mantenimiento y el desarrollo de pautas para lograr un mejor desempeño del sistema de fabricación a través de la implementación estratégica de TPM en la planta de fabricación, que fue importante para todos los involucrados con el mantenimiento en varias empresas manufactureras. Comparado con lo que mencionan los autores, los pilares del

TPM ayudan a optimizar el trabajo de mantenimiento, logrando un proceso seguro y altamente competente [15].

V. CONCLUSIONES

Se calculó la productividad de la empresa agropecuaria del año 2023, obteniendo un indicador de 1.005 t/h-h, creciendo en un 25% en comparación del año 2022.

Se desarrolló la propuesta de la gestión de mantenimiento basado en la teoría TPM teniendo un costo total de inversión total de S/61,650.00 soles. Vale mencionar que esta inversión no sólo es por TPM sino por las otras herramientas y gastos adicionales de activos.

Se implementaron programas de mantenimiento preventivo y autónomo siendo relevante para disminuir paradas imprevistas en la planta.

Se realizó el cálculo de tiempos estándar con resultados muy significativos para las actividades de mantenimiento.

Se calculó el coeficiente global de los equipos, obteniendo un valor de 80% siendo una calificación aceptable.

Se realizó una simulación utilizando el software PROMODEL con la finalidad de tener un bosquejo del correcto desplazamiento de las actividades dentro de la planta agropecuaria.

Se realizaron las programaciones para las capacitaciones de todo el personal operativo en la planta, siendo importante en la empresa para tener profesionales altamente competentes en sus respectivos puestos.

Se realizó la evaluación económica del proyecto obteniendo un VAN de S/171,660.04, un TIR alcanzado del 68% y el periodo de retorno de la inversión es de 2.6 años. Además, el costo beneficio fue de 1.5.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que la empresa agropecuaria pueda adquirir un nuevo equipo dosificador de aceite y no sólo realizar mantenimiento preventivo, se ha comprobado que los aforos realizados obtienen una variación cada 3 semanas, esto afecta el valor nutricional de la formula indicada para el producto terminado. Dentro del análisis puede ser también el tipo de aceite que es almacenado, para ello es indispensable que se realicen los análisis correspondientes.

Se recomienda automatizar el área de ensacado, de manera que se controle de manera más exhaustiva el peso de casa saco, de esa manera, se tendrá un control más exacto y todo codificado en un sistema electrónico.

Se recomienda que la empresa agropecuaria mejore las instalaciones del área de lubricantes, ya que, todo se encuentra desordenado y podría ocasionar un incendio.

Se recomienda proteger todos los accesos (escaleras, que dan ingreso a los siguientes niveles, ya que, actualmente es peligroso esos accesos no dan seguridad al personal.)

REFERENCIAS

- [1] Cuéllar. Dinámica y Tendencias actuales del mercado avícola mundial. Veterinaria Digital. Obtenido de:

- <https://www.veterinariadigital.com/articulos/dinamica-y-tendencias-actuales-del-mercado-avicola-mundial/#:~:text=Las%20cifras%20para%20el%20mercado,Brasil%20%20Estados%20Unidos%20y%20China.2022>
- [2] Inoñán y León. Producción y comercialización de productos avícolas. *Sistema Integrado de Estadística Agraria*. Recuperado de: <https://www.gob.pe/institucion/midagri/informes-publicaciones/2881345-boletin-estadistico-mensual-del-sector-avicola-2022>
- [3] González (2009). Una herramienta de mejora, el OEE (Efectividad Global del Equipo). *Contribuciones a la Economía*, 11.
- [4] J. L. Gamarra Antonio, "Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento del área de hilandería en las etapas de prehilado para una empresa textil basado en la implementación de TPM," Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Perú, 2018. doi: <https://doi.org/10.19083/tesis/625101>
- [5] Palacios, Zambrano, Intriago y Zamora. Cadena de valor de la tagua y su productividad. *Sinergia*. 2021. Obtenido de: https://doi.org/10.33936/eca_sinergia.v12i1.2862
- [6] Miranda y Toirac. Productividad. En J. Miranda, & L. Toirac, INDICADORES "DISEÑO DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA CERAMISTA INDUSTRIAL "COLORES Y CREACIONES", CAJAMARCA 2021" 139 DE PRODUCTIVIDAD PARA LA INDUSTRIA DOMINICANA (pág. 248). Santo Domingo: Instituto Tecnológico de Santo Domingo. 2020
- [7] Guerra y Montes. Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la gran minería. 2019. *Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de: <https://doi.org/10.15446/rbct.n45.68711>
- [8] Hinostrza y Caicedo. Propuesta de implementación de la gestión de mantenimiento basada en el TPM y su impacto en la productividad de la empresa Metalmecánica Maquinarias BFEIRL, Lima 2021. Obtenido de: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/28194>
- [9] Salinas y Vásquez. Propuesta de mejora en la gestión de producción, mantenimiento y logística para incrementar la rentabilidad de una planta procesadora de asfalto, Trujillo 2022. Obtenido de: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/32667>
- [10] Heras y Rodríguez. Propuesta de diseño de un plan de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad mecánica de la flota de tractocamiones en una empresa de transporte, Trujillo, 2022. Obtenido de: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/32662>
- [11] Montero L., Canales E., Luna R., Mallqui J., Muro R., Santillana P., Arias J. & Gutiérrez J. Estudio de tiempos con Crystal Ball y su relación con la productividad en condiciones de laboratorio. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho, 2017. *Revista Científica EPígmalión*. 1(1) 2017. <https://revistas.unifsc.edu.pe/index.php/EPíGMALION/article/view/533>
- [12] García Sierra, J., Cárcel Carrasco, J. y Mendoza Valencia, J. Importancia del mantenimiento, aplicación a una industria textil y su evolución en eficiencia. *3C Tecnología*. 2019. Glosas de innovación aplicadas a la pyme, 8(2), pp. 50-67. doi: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n2e30.50-67>
- [13] Sánchez. Diseño de mejora de la gestión de mantenimiento preventivo y su impacto en la productividad de la empresa de cerámica "Marino Lulayco", Cajamarca 2022. Obtenido de: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/31025>
- [14] Pinto, Silva, Fernandes, Casais, Baptista y Carvalho. Implementing a maintenance strategic plan using TPM methodology. *International Journal of Industrial Engineering and Management*. 2020 Vol. 11, Pages 192-204. <http://doi.org/10.24867/IJIEEM-2020-3-264>
- [15] Singh, J. & Singh, H. "Justification of TPM pillars for enhancing the performance of manufacturing industry of Northern India", *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 69 No. 1, pp. 109- 133. 2020. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-06-2018-0211>