







Implementar el Mantenimiento Productivo Total en una Máquina Papel 8 de Tissue

Implementing Total Productive Maintenance on a Tissue Paper Machine 8

Roger Andrés López Conza¹ , Ángel Rafael Arteaga Linzán¹ , José Gregorio Zevallos Cobena¹ ,
Pedro Antonio Rodríguez Ramos^{2*} , Jorge Milton Velepucha Sánchez¹ , Armando Díaz Concepción² 

1. Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Posgrado. Manabí, Ecuador.

2. Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, Centro de Estudios en Ingeniería de Mantenimiento, CEIM. La Habana, Cuba.

* Autor de correspondencia: pedroandro1952@gmail.com

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



Recibido: 1 de febrero de 2025

Aceptado: 12 de abril de 2026

Publicado: 12 de abril de 2026

Resumen

En los procesos productivos de las máquinas de papel es indispensable el rol de la gerencia de la Función Mantenimiento, pues permite mejorar la disponibilidad, la calidad del producto y la seguridad del proceso. Objetivo principal: implementar la metodología Mantenimiento Productivo Total, enfocado en el pilar de Mantenimiento Autónomo, en el equipo DNT-100 de la Máquina de Papel 8 de Tissue, para reducir la frecuencia de las averías y mejorar la eficiencia operativa. En la investigación se desarrollaron las siguientes etapas: análisis de pérdidas del proceso, conformación de equipo Mantenimiento Autónomo, limpieza inicial, eliminación de fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso, elaborar estándares tentativos de Mantenimiento Autónomo, inspección general,

autodiagnóstico, estandarización y gestión autónoma. Para la implementación fue necesario auxiliarse de varias herramientas gerenciales que fueron clave para adecuar y mejorar los planes de mantenimiento en el contexto Mantenimiento Productivo Total. La implementación del Mantenimiento Autónomo permitió obtener los siguientes resultados: el mapeo de las fuentes de contaminación, los estándares de acción, la Lista de Chequeo, el autodiagnóstico de las tareas rutinarias, los puntos de lubricación y el Tablero Gerencial de Mantenimiento Autónomo.

Palabras claves: Mantenimiento Productivo Total, Máquina Papel de Tissue, Mantenimiento Autónomo.

Abstract

In paper machine production processes, the role of Maintenance Management is essential, as it allows improvements in availability, product quality, and process safety. Principal aim: to reduce the frequency of breakdowns and improve operational efficiency, the Total Productive Maintenance methodology – focused on the Autonomous Maintenance pillar was implemented on the DNT-100 equipment of Tissue Paper Machine 8. The research involved the following stages: process loss analysis, Autonomous Maintenance team formation, initial cleaning, contamination sources elimination and hard-to-reach areas, tentative Autonomous Maintenance standards development, general

inspection, self-diagnosis, standardization, and autonomous management. The Implementation required to use several management tools which were key tools for adapting and improving maintenance plans within the TPM framework. The Autonomous Maintenance implementation allowed to obtain the following results: the pollution source map, the standards action, the Checklist, the self-diagnosis of routine tasks, the lubrication points, and the Autonomous Maintenance Management Dashboard.

Key words: Total Productive Maintenance, Tissue Paper Machine, Autonomous Maintenance.

Cómo citar este artículo, norma Vancouver:

López Conza RA, Arteaga Linzán AR, Zevallos Cobena JG, Rodríguez Ramos PA, Velepucha Sánchez JM, Díaz Concepción A. Implementar el Mantenimiento Productivo Total en una Máquina Papel 8 de Tissue. Ingeniería Mecánica. 2026;29:e717.

1. Introducción

La Máquina de Papel 8 de Tissue se encuentra funcionando con un mantenimiento enfocado en los reactivos de condiciones subestándar de la máquina, lo que no le permite contar con una alta confiabilidad y una adecuada eficiencia para cumplir los niveles de producción deseados. El desempeño de la máquina de papel se refleja por la medición de las variables: paros no planeados y paros planeados, donde el primero obtuvo un valor actual del

7 %, que está por encima del valor estándar del 4,5 %, que es el máximo permitido dentro de las empresas papeleras. Este valor debe ser mejorado.

La revisión bibliográfica realizada en la investigación según [1] muestra que la metodología Mantenimiento Productivo Total (*Total Productive Maintenance*, TPM) posee 8 pilares, que se centran en aspectos clave del rendimiento operacional, a saber: Mejoras Enfocadas, Mantenimiento Autónomo, Mantenimiento Planificado, Mantenimiento de Calidad, Educación y Formación, Gestión Temprana de Equipos (Mantenimiento Temprano), TPM en Áreas de Soporte (Actividades de Departamentos Administrativos y de Apoyo), Seguridad, Salud y Medio Ambiente. Cada pilar está diseñado para abordar una dimensión específica de la operación, asegurando que la producción y el mantenimiento estén alineados con los objetivos estratégicos de la organización.

El TPM es una estrategia integral de mantenimiento que tiene como objetivo mejorar la confiabilidad del equipo, reducir el tiempo de inactividad y aumentar la productividad general en las industrias manufactureras. Se basa en el principio de que cada operador y empleado de mantenimiento es responsable del mantenimiento del equipo. Permite la colaboración, ya que el operador puede ayudar con las actividades de mantenimiento rutinarias y simples, mientras que los empleados de mantenimiento se enfocan en tareas de mantenimiento más complejas. Es reconocido como una herramienta clave de la Fabricación Lean y Lean Six Sigma y con los beneficios de Lean-Green y la sostenibilidad [2].

En el nuevo y desafiante entorno actual, los enfoques tradicionales también deben mejorarse y adaptarse al contexto de la Industria 4.0. En materia de mantenimiento, el TPM ha desempeñado un papel fundamental en la mejora continua del rendimiento de la nueva era industrial. Esto ha dado lugar a un nuevo término, TPM 4.0 o TPM digital, en el que las nuevas tecnologías se integran en el desarrollo de los principios tradicionales, permitiendo la monitorización continua de los equipos, pasando del Mantenimiento Preventivo al Mantenimiento Predictivo, al tiempo que garantiza la gestión en tiempo real y una mejor integración entre producción y mantenimiento [3].

El Mantenimiento Predictivo es otro aspecto importante según la metodología TPM. En el enfoque de la metodología TPM, el Mantenimiento Predictivo se integra con las otras estrategias para lograr un sistema de mantenimiento más preciso y eficiente [4].

Un pilar clave del TPM es el Mantenimiento Autónomo, cuyas técnicas permiten a los operadores mantener los equipos en óptimas condiciones, con la participación ocasional del sector de mantenimiento y desarrollo de equipos, que únicamente brinda apoyo y asistencia a los operadores en las actividades de mantenimiento de sus máquinas. El Mantenimiento Autónomo ayuda a los operadores a mantener sus máquinas, con el apoyo del departamento central de mantenimiento, lo que contribuye a aumentar la motivación y el compromiso de los equipos operativos con el estado de los equipos [5].

El Mantenimiento Autónomo anima a los operadores de maquinaria a responsabilizarse de tareas rutinarias como la limpieza, la lubricación y la inspección, reduciendo así las paradas menores y mejorando la visibilidad del equipo [6].

El objetivo principal de este artículo fue implementar la metodología TPM, enfocada en el pilar de Mantenimiento Autónomo, en el equipo DNT-100 de la Máquina de Papel 8 de Tissue, para reducir la frecuencia de las averías y mejorar la eficiencia operativa.

Como resultado de la implementación del Mantenimiento Autónomo se logró obtener la identificación de las principales causas de las averías en la máquina y las acciones reactivas y preventivas para su correcto funcionamiento.

2. Métodos y Materiales

La investigación contó con los debidos permisos para indagar la información actual sobre la gerencia de mantenimiento, así como el tiempo necesario, 6 meses y las debidas autorizaciones para contactar con personal operativo y especializado dentro del Departamento de Mantenimiento, para la recolección de información veraz y precisa.

Para perfeccionar los planes de mantenimiento en el contexto TPM, fue fundamental auxiliarse de varias herramientas gerenciales que permitieron adaptar, adecuar y mejorar las estrategias de mantenimiento a las necesidades específicas de la empresa y de sus equipos, a saber: Mapeo de pérdidas [7], Diagrama de Pareto [8], 5 Whys [9] y Kaizen [10].

Un proceso de preparación de pasta celulosa está conformado por los siguientes sistemas: Pulpeado de materia prima, Limpieza gruesa y fina, Destintado, Lavado/Espesado de pasta, Dispersión en caliente, Almacenamiento de pasta, Formación y secado de papel, Enhebrado de papel.

La máquina de papel 8 de Tissue participa en el proceso de preparación de pasta celulosa, a través del equipo lavador/espesador de pasta DNT-100, que fue el seleccionado como objeto de estudio para la implementación de la metodología TPM - pilar Mantenimiento Autónomo, debido a la criticidad del equipo DNT-100 dentro del proceso, el cual debe permanecer, siempre, disponible y confiable.

Para la implantación de la metodología TPM en la investigación se desarrollaron las siguientes etapas:

0. Se inician con los preparativos denominados etapa Cero, que tiene la relevancia de instruir y promover el convencimiento del capital humano sobre la necesidad de Implementar TPM

1. Análisis de pérdidas del proceso de máquina de papel
2. Conformación del equipo de Mantenimiento Autónomo
3. Limpieza inicial
4. Eliminación de fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso
5. Elaboración de estándares tentativos de Mantenimiento Autónomo
6. Inspección general
7. Autodiagnóstico
8. Estandarización
9. Gestión autónoma

2.1. Análisis de pérdidas del proceso de la máquina de papel

Se desarrolló un Mapeo de pérdidas, que consistió en identificar y clasificar las principales causas de la ineficiencia en la operación de la Máquina de Papel 8 de Tissue, tabla 1. Esto permitió la recopilación y análisis de datos sobre tiempos de inactividad, fallas mecánicas, desperdicio de materia prima, consumo energético y otros factores que afectaban la productividad del equipo DNT-100. Se tuvo en cuenta las siguientes dimensiones: los eventos no deseados, el impacto en los costos productivos y su origen dentro de los equipos del proceso de máquina de papel. A través del mapeo fue posible visualizar las pérdidas más críticas, priorizarlas y establecer estrategias para su reducción y garantizar una producción más estable y rentable.

Utilizando el *Layout* del proceso de preparación de pasta celulosa se pudo identificar los equipos que la componen y a través del historial de averías, en el periodo 2023-2024, se pudo clasificar y analizar las causas de pérdidas que ocurren, teniendo así una orientación para enfocar los recursos en los equipos priorizados para aplicar la metodología TPM. El mapeo de pérdidas, está resumido en la segunda columna de la tabla 1 (tipo de defecto - descripción de pérdidas). En esta tabla también se muestran los tipos de averías y los tiempos perdidos correspondientes.

Tabla 1. Mapeo de pérdidas y registro de tipos de averías por sistema. Fuente: elaboración propia

Sistemas del proceso de preparación de pasta celulosa	Tipo de defecto. Descripción de pérdidas	Tipo de averías		Tiempo (min)
1. Pulpeado de materia prima	Daño de transmisión – No se alimenta materia prima.	Mecánica	-	350
2. Limpieza gruesa y fina	Daño de la criba – Retención de pasta con sólidos.	Mecánica	Eléctrica	1248
3 Destintado	Daño del sistema de control – No se limpia la pasta.	-	Eléctrica	896
4. Lavado/Espesado de pasta DNT-100	Daño de transmisión – No se logra el lavado de la pasta.	Mecánica	Eléctrica	3242
5. Dispersión en caliente	Falta de vapor – No se logra dispersar los contaminantes.	Mecánica	Eléctrica	963
6. Almacenamiento de pasta	Daño de agitador – No se logra la consistencia de pasta	Mecánica	-	450
7. Formación y secado de papel	Daño de rodillo – No se logra la formación y secado.	Mecánica	Eléctrica	276
8. Enhebrado de papel	Daño de rodillo – No se logra el enhebrado de la hoja.	Mecánica	Eléctrica	193

El sistema con mayor tiempo de avería registrado fue: Lavado/Espesado de pasta equipo DNT-100, 3242 min. Por tanto, resultó el sistema para priorizar la implementación de la metodología TPM en la investigación.

Las condiciones de daños mecánicos y eléctricos de grado mayor no permitieron el trabajo continuo del proceso ocasionando que las fallas detengan la producción de la máquina de papel. El registro de tiempos de paros por cada avería que han sucedido en el sistema Lavado/Espesado con equipo DNT-100 dentro del periodo 2023-2024, se muestran a continuación, en la tabla 2.

Tabla 2. Registro de tiempos de paros del Lavador/Espesador equipo DNT-100. Fuente: elaboración propia

Paros	Tipo paro	Comentarios de averías	Tiempo (min)
5	Tensión de Tela	Calibración de tensión de tela	305
1	Daño de Bandas	Cambio, tensión y alineación de bandas	80
4	Daño sensores de lucha de limpieza	Cambio de sensores	280
1	Mantenimiento Motor	Cambio de motor por bajo aislamiento en bobinas	200
10	Daño de Rodamiento	Cambio de rodamiento lado libre en rodillo ranurado Cambio de rodamiento lado libre en tornillo sin fin Cambio de rodamiento lado libre en rodillo liso	1 687
1	Mantenimiento Reductor	Cambio de retenedor por fuga de aceite	450
1	Mantenimiento Motorreductor	Cambio de Motorreductor por fuga de aceite	240

El tiempo medio de duración del paro fue 140,95 min/paro. La identificación de las principales averías donde se debe garantizar la disponibilidad de la Máquina de Papel y la prioridad de la implementación de la metodología TPM correspondió a: daño de rodamiento 52,03 % del tiempo, mantenimiento del reductor 13,82 % y tensión de tela 9,40 %.

A continuación, se aplicó la herramienta de los 5Whys para definir la causa raíz subyacente de la avería de mayor impacto detectada, que resultó el daño de rodamiento: causa origen - la falta de limpieza periódica del equipo y sus partes.

2.2. Conformación de equipo Mantenimiento Autónomo

Resultó conformado por 10 operadores y ayudantes que tienen alto compromiso con la empresa, y realizan la corrección y mejora de los activos que tienen a su cargo. Tiene demostradas las siguientes habilidades y capacidades: ojo clínico para identificación de las anomalías, capaz de tomar acciones contra las anomalías, definir cuantitativamente el criterio técnico de las condiciones normal y anormales, y respetar las condiciones de operación del equipo.

2.3. Planeación y ejecución de la limpieza inicial

Dentro de la programación de producción, la gerencia y jefatura de producción realizó un paro planeado de la línea donde se presentaron las actividades que se llevaron a cabo durante el paro, por parte de un equipo multidisciplinario (operadores-mantenedores), asimismo, explicaron las mejoras que se conseguirán a corto plazo.

Luego, los integrantes del equipo realizaron una revisión y observación, durante aproximadamente 120 minutos, de la operación de la máquina, identificando lo siguiente: condiciones de limpieza del equipo y periféricos, ruidos extraños que se asocian a un defecto. Con la claridad sobre los aspectos a eliminar, se procedió a ejecutar la limpieza inicial, tabla 3.

Tabla 3. Mantenimiento Autónomo: registro de anomalías en la preparación de pasta en equipo DNT-100. Fuente: elaboración propia

Nº	Descripción de anomalías	¿Causas?	Problema ocasionado	Contra medidas/ Responsable	Color tarjeta de inspección TPM
01	Suciedad de pasta en ejes de rodillos	Acumulación por lavado de pasta	Fugas de pasta hacia las chumaceras	Limpieza de pasta en eje de rodillos / Operador	Azul
02	Ducha de Limpieza con taponamiento	Taponamiento en las boquillas	Daño por rotura en Tela de lavado	Limpieza de las boquillas / Operador	
03	Protector de eje fuera de posición	Abrazaderas dañadas	Contaminación de lubricante de eje	Colocar abrazaderas / Mecánico	Roja
04	Tela de lavado con franjas de suciedad	Taponamiento en las boquillas	Daño por rotura en tela de lavado	Limpieza de las boquillas / Operador	Azul
05	Tela de lavado destensada y desalineada	Falta calibración de posicionamiento de rodillos	Daño por rotura en tela de lavado	Calibrar posicionamiento de rodillos / Mecánico	
06	Exceso de lubricación en chumacera rodillo ranurado	Falta limpieza grasa remanente	Contaminación/Aumento temperatura	Retiro de grasa excedente / Mecánico	Roja
07	Exceso de lubricación en chumacera rodillo liso	Falta limpieza grasa remanente	Contaminación/Aumento temperatura	Retiro de grasa excedente / Mecánico	

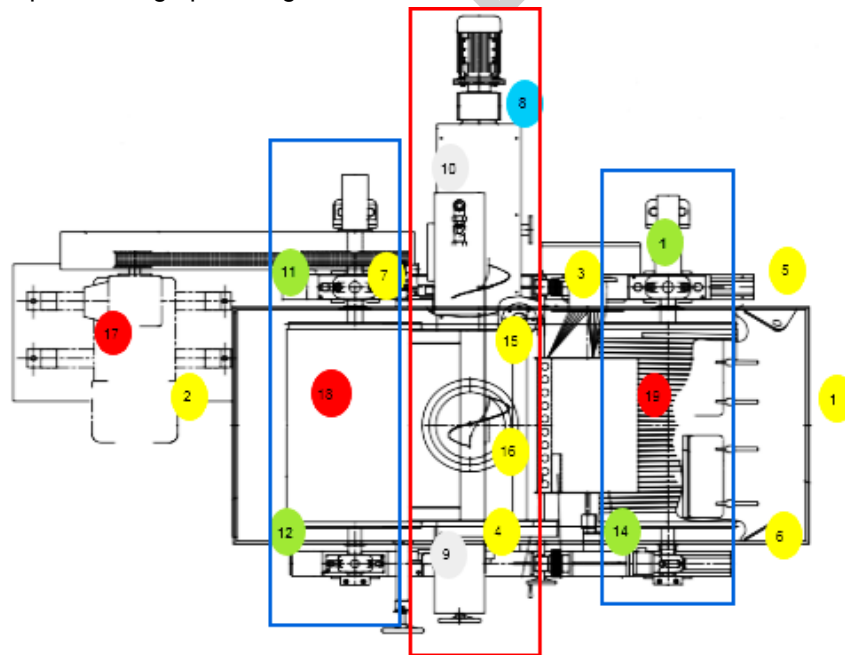
Nº	Descripción de anomalías	¿Causas?	Problema ocasionado	Contra medidas/ Responsable	Color tarjeta de inspección TPM
08	Líquido de aceite en reductor	Daño de empaque	Reductor se quedará sin aceite	Cambio de empaque/ Mecánico	
09	Ducha de limpieza sin lubricación en chumacera	Punto de lubricación no identificado	Ducha no oscila y no limpia la tela	Lubricación de chumacera / Eléctrico	
010	Sensor de ducha de limpieza no funciona	Calibración de sensor	Ducha no oscila y no limpia la tela	Calibrar sensor / Eléctrico	

Color tarjeta de inspección TPM:

- Amarilla: registra anomalías que representan condiciones inseguras que ponen en riesgo el bienestar del operador del equipo.
- Azul: registra todas las anomalías menores que no requieren conocimientos especializados para ser resueltos por el operador del equipo.
- Roja: registra todas las anomalías que requieren un conocimiento técnico especializado para ser resuelto por el especialista de mantenimiento.

2.4. Fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso

En esta etapa de la investigación se identificaron las fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso [11]. Se eliminaron las fuentes de contaminación, evitando regueros de líquidos o sólidos que contaminen los sistemas, mecanismos y productos. Los operadores y sus recursos se enfocaron en: determinar las fuentes de contaminación y las áreas de limpieza difíciles que posea el equipo, establecer contramedidas basadas en estándares de limpieza que garanticen a largo plazo la sostenibilidad del equipo, aprender sobre la seguridad, calidad y principios básicos de operación del equipo, tomando medidas correctivas contra las fuentes de contaminación y mejorar las áreas identificadas como fuentes de contaminación o áreas de difícil acceso para poder mantener la limpieza a largo plazo, figura 1.



Nº	Parte	Problema	Nº	Parte	Problema
1	Rodillo ranurado	Fuga de pasta	11	Chumacera RL-LA	Fuga de grasa
2	Rodillo liso	Fuga de pasta	12	Chumacera RL-LO	Fuga de grasa
3	Rodillo ranurado	Fuga de pasta	13	Chumacera RR-LA	Fuga de grasa
4	Rodillo ranurado	Fuga de pasta	14	Chumacera RR-LO	Fuga de grasa
5	Rodillo ranurado	Fuga de pasta	15	Capota LA	Fuga de pasta
6	Rodillo ranurado	Fuga de pasta	16	Capota LO	Fuga de pasta
7	Rodillo liso	Fuga de pasta	17	Motor principal	Suciedad (polvo)
8	Motor del sin fin	Fuga de aceite	18	Capota	Suciedad (polvo)
9	Ducha de alta presión	Fuga de agua	19	Capota	Suciedad (polvo)
10	Ducha de alta presión	Fuga de agua			

Fuga de pasta ● Fuga de grasa ● Suciedad ● Fuga de agua ● Fuga de aceite ●

Fig. 1. Mapa de fuentes de contaminación. Fuente: elaboración propia

2.5. Elaboración de estándares tentativos de Mantenimiento Autónomo

En esta etapa se elaboraron los estándares de acción en la limpieza inicial: limpieza, inspección, lubricación y apriete en corto tiempo. Se confeccionó la matriz - CILT (*Cleaning, Inspection, Lubrication & Tightening*) [12] enfocada a las zonas donde se deben ejecutar las acciones por parte de los operadores de acuerdo con el cronograma de realización. Se lograron condiciones normales del equipo con el soporte de las propias habilidades, conocimiento y experiencia de los operadores teniendo claridad del estándar en: esclarecer puntos y métodos por respetar, habilidades y conocimientos para ejecutar las tareas, otorgar condiciones para cumplir con el estándar, tabla 4.

Tabla 4. Estándar CILT. Fuente: elaboración propia

Mantenimiento autónomo	CILT#: 1	Equipo Lavador-Espesador	Versión 1.0	Estándar tentativo CILT
	Equipo	Sistema	Componente	
	Máquina de papel	Lavado	Rodillera, bandejas, sistema duchas, malla	
	Descripción	Frecuencia	Herramienta	Estado máquina
	limpiar la rodillera, bandeja, <i>doctors</i> , capota	Cada 4 días	Manguera con agua, lubricadora	Apagada
¿Cómo se hace?			Precauciones	
<ol style="list-style-type: none"> Ejecutar la reunión de apertura del CILT con el equipo completo, parte 1. Verificar el correcto operativo, parte técnica y jefe del equipo. Definir las actividades a ejecutar durante el CILT 3. Realizar el proceso de bloqueo y etiquetado. Realizar el proceso de etiquetado. figura Levantar la capota del DNT, proceder a manguerear todo el interior del DNT, <i>headbox</i>, rodillos, duchas, y bandeja, continuar con la parte exterior. Revisar las condiciones de la malla, que no presente rasgaduras, revisar el traslape de la ducha de alta presión, verificar el flujo de agua de la ducha para observar que no haya taponamiento en las boquillas. 			<ol style="list-style-type: none"> Verificar el correcto proceso de bloqueo del equipo, que todos los involucrados coloquen sus respectivos candados de seguridad. Que todos los candados cuenten con nombre del responsable. 	
Componente			Puntos de inspección particulares	
<ol style="list-style-type: none"> Rodillo liso, rodillo ranurado. Duchas de agua, ducha de baja presión, ducha osciladora de alta presión. Sistema de transmisión. Chumaceras. Capota del DNT. <i>Headbox</i>. Malla. 			<ol style="list-style-type: none"> Diafragmas del doctor, que no presenten fugas. Verificar que no hallan fugas de pasta. Verificar ángulo de las duchas, ducha de alta debe estar en un ángulo de 90°. Traslape de la ducha osciladora. Sensores de ducha osciladora condiciones básicas. Última fecha de lubricación. Condiciones de la malla. Fecha de último tensionamiento de la malla. 	
Nota:			Duración estimada:	Responsable:
<ol style="list-style-type: none"> Se debe realizar la reunión de cierre del CILT para comentar todas las anomalías que se pudieron encontrar durante la ejecución de esta actividad. Luego se debe llenar el archivo de reporte de CILT y adjuntar las evidencias en el <i>Planner</i>, para dar por validado el cumplimiento del CILT establecido. 			120 min	<ul style="list-style-type: none"> operador ayudante, técnico eléctrico, técnico mecánico, jefe del equipo
			Fecha:	
			15-10-2024	

2.6. Inspección general

En esta etapa se elaboró la Lista de Verificación frecuente para cumplir efectivamente los estándares de CILT en los puntos requeridos por el equipo. Se desarrollaron a nivel técnico las habilidades de la operación en cuanto a la identificación de defectos menores y restauración mediante una inspección general que se realiza al equipo mediante la clasificación en secciones del equipo. Se detectaron el deterioro y las anomalías en las secciones del equipo de manera temprana evitando así que, las anomalías menores se conviertan en averías significativas. Mediante esta estrategia los operadores comprenden la importancia de revisar la condición del equipo, tabla 5.

Tabla 5. Inspección general. Lista de Verificación. Fuente: elaboración propia

Mantenimiento autónomo. Lista de verificación		Responsable:	Fecha:
Lavador-Espesador DNT-100		Validado por:	
Nº	Verificar el estado de los componentes	Sección	Estado
1	Rodillo liso	Rodillos ducha	O
2	Rodillo ranurado		O
3	Estado del tornillo sinfín		O
4	Ducha osciladora de alta		O
5	Barra de escobillas de limpieza		O
6	Universales, codos, te, pernos		O
7	Lubricación de chumacera de rodillo liso	Rodamientos chumacera y rector	O
8	Lubricación de chumacera de rodillo ranurado		O
9	Lubricación de chumacera de rodillo sinfín		O
10	Chumacera de rodillo liso		O
11	Chumacera de rodillo ranurado		O
12	Chumacera de rodillo sinfín		O
13	Graseros de chumacera		X
14	Nivel de aceite reducto de tronillo sinfín		O
15	Puertas de registro	Puertas de registro	O
16	Sello de puerta de registro		O
17	Sello de puerta grande de registro		O
18	Sello de cámaras (actuadores neumáticos)		O
19	Bridas de tuberías de fibra aceptada	Bridas tuberías	O
20	Bridas de tuberías de rechazo		O
21	Bridas de tuberías de agua sucia		O
22	Guardas de equipo		XX
Observaciones generales			
O: estado bien			
X: se detectaron los graseros de las chumaceras (13) dañados por taponamiento, por lo cual, deben ser cambiados tan pronto sea posible.			
XX: se detectó que las guardas del motor (22) se encontraban fuera de su posición.			

2.7. Autodiagnóstico

En esta etapa se combinaron las etapas 2.5 y la 2.6, con lo que se consiguió establecer (mediante la administración del trabajo y las tareas diarias en la Plataforma Microsoft Planner) [13] las rutinas necesarias del CILT- Preparación de pasta, que deben realizar los operadores en el equipo, y además se capitalizaron las habilidades y conocimientos sobre autodiagnóstico, ver tabla 6.

Tabla 6. Rutinas CILT- Preparación de pasta. Fuente: *Essity Planner* y elaboración propia











CILT-Preparación de pasta		
CILT_DNT		
Completada el 09/05/2025 por: José Cruz		
Amarillo X		
Depósito	Progreso	Prioridad
Pendiente	Completado	Importante
Fecha de inicio	Fecha de vencimiento	Repetir
09/05/2025	09/05/2025	No se repite
Notas		Mostrar en la tarjeta
Se realiza la limpieza del DNT, se revisa oscilación de ducha y se destapa boquillas. Hay 1 boquilla en ambas duchas que no se pudieron destapar, hay que hacer seguimiento si se cambian, los proveedores colocaron el tope del carril de la base donde se encuentra el polipasto. Se revisa la malla no presenta anomalías.		
Lista de comprobación 5/5		
✓	Realizar limpieza del equipo	
✓	Revisión de la oscilación de la ducha	
✓	Revisar lubricación de chumaceras	
✓	Estado de la malla	
✓	Estado de boquillas	

2.8. Estandarización





En esta etapa se definieron los estándares para la gerencia del mantenimiento del proceso, a saber: estándar de registro de datos, imágenes de los puntos críticos del equipo, actividad a realizar, método de aplicación, herramientas requeridas y frecuencias para que la ejecución de las actividades no tenga variaciones ni alteraciones, tabla 7.

Tabla 7. Puntos de lubricación, a) Lavador-Espesador DNT-100, b) Lavador-Espesador (DNT-100) - PP8_LAV001. Fuente: elaboración propia

a)

Punto de lubricación	1		Punto de lubricación	4	
Área	<i>Washing</i>		Área	<i>Washing</i>	
Subáreas	-		Subáreas	-	
Frecuencia	Mensual		Frecuencia	Mensual	
Stop/ run	<i>Run</i>		Stop/ run	<i>Run</i>	
Tiempo requerido (min)	5		Tiempo requerido (min)	5	
Lubricante	SKF LGMT2		Lubricante	SKF LGMT2	
Cantidad (Its o gr)	56 gr		Cantidad (Its o gr)	20 gr	
Herramienta	Lubricadora manual		Herramienta	Lubricadora manual	
Punto de lubricación	2		Punto de lubricación	5	
Área	<i>Washing</i>		Área	<i>Washing</i>	
Subáreas	-		Subáreas	-	
Frecuencia	Mensual		Frecuencia	Mensual	
Stop/ run	<i>Run</i>		Stop/ run	<i>Run</i>	
Tiempo requerido (min)	5		Tiempo requerido (min)	5	
Lubricante	SKF LGMT2		Lubricante	SKF LGMT2	
Cantidad (Its o gr)	20 gr		Cantidad (Its o gr)	40 gr	
Herramienta	Lubricadora manual		Herramienta	Lubricadora manual	
Punto de lubricación	3				
Área	<i>Washing</i>				
Subáreas	-				
Frecuencia	Mensual				
Stop/ run	<i>Run</i>				
Tiempo requerido (min)	5				
Lubricante	SKF LGMT2				
Cantidad (Its o gr)	56 gr				
Herramienta	Lubricadora manual				

b)

Punto de lubricación	1		Punto de lubricación	3	
Área	<i>Washing</i>		Área	<i>Washing</i>	
Subáreas	-		Subáreas	-	
Frecuencia	Quincenal		Frecuencia	Quincenal	
Stop/ run	<i>Run</i>		Stop/ run	<i>Run</i>	
Tiempo requerido (min)	5		Tiempo requerido (min)	5	
Lubricante	SKF LGMT2		Lubricante	SKF LGMT2	
Cantidad (Its o gr)	5 gr		Cantidad (Its o gr)	5 gr	
Herramienta	Lubricadora manual		Herramienta	Lubricadora manual	
Punto de lubricación	2				
Área	<i>Washing</i>				
Subáreas	-				
Frecuencia	Mensual				
Stop/ run	<i>Run</i>				
Tiempo requerido (min)	5				

Lubricante	SKF LGMT2	
Cantidad (Its o gr)	Extraer muestra	
Herramienta	Lubricadora manual	

2.9. Gestión autónoma

Esta etapa decidió el espíritu de mejora continua aterrizando los frutos adquiridos por la colaboración, la creatividad, el compromiso, la proactividad y el trabajo en equipo. Asimismo, en esta etapa fue muy importante mantener el ciclo de los pasos anteriores: [2.4](#), [2.5](#), [2.6](#), [2.7](#) y [2.8](#).



Fig. 2. Ejemplo de solución de fuentes de contaminación. Fuente: elaboración propia

Tabla 8. Gestión de tarjetas de anomalías. Registro de actividades de mantenimiento. Área: PP8 (Preparación de pasta en Máquina Papel 8). Equipo: Lavador-Espesador DNT-100. Fuente: elaboración propia

Nº	Anomalía	Tipo de tarjeta	Reportado por	Ejecuta la solución	Estado
01	Suciedad de pasta en ejes de rodillo	Azul-operación	Operador / Mecánico / Eléctrico / otros	Capital humano designado	Cumplido / en curso / pendiente
02	Ducha de limpieza con taponamiento	Azul-operación			
03	Protector de eje fuera de posición	Rojo-mantenimiento			
04	Tela de lavado con franjas de suciedad	Azul-operación			
05	Tela de lavado destensada y desalineada	Rojo-mantenimiento			
06	Exceso de lubricación en chumacera rodillo ranurado	Rojo-mantenimiento			
07	Exceso de lubricación en chumacera rodillo liso	Rojo-mantenimiento			
08	Fuga de aceite en reductor	Rojo-mantenimiento			
09	Ducha de limpieza sin lubricación en chumacera	Rojo-mantenimiento			
10	Sensor de ducha de limpieza no funciona	Rojo-mantenimiento			
11	Cubierta se tambalea porque cuenta con un solo polipasto	Amarilla-seguridad			
12	Motor sin guarda de protección	Amarilla-seguridad			

Con la información de la [figura 1](#) y las tablas [4](#), [5](#), [6](#), [7](#) y [8](#) se puede conformar el denominado Tablero de Gestión de Mantenimiento Autónomo que resume el ciclo de las etapas anteriores, constituyendo una herramienta visual clave para el control diario, que permite a los operarios gestionar la limpieza, centraliza información clave para maximizar la eficiencia del equipo, y además, facilita el seguimiento de indicadores de Mantenimiento Autónomo, Mantenimiento Planificado, tarjetas de anomalías y el cumplimiento de metas de disponibilidad.

Durante la investigación, la práctica de las 5S de Kaizen [[10](#)] fue provechosa y de gran importancia para realizar una mejor gerencia de los procesos del equipo DNT-100 de la Máquina de Papel 8 de Tissue, gracias a la clasificación, orden y disciplina, aspectos tenidos en consideración en el CILT.

Asimismo, el Excel permitió tabular los valores porcentuales de los datos obtenidos, se obtuvieron tablas y gráficos que fueron analizados con el fin de obtener información real y de esta manera plantear una solución. El Método Cuantitativo se usó para la recopilación y análisis de la información.

El análisis y procesamiento de los datos abarcó distintos procedimientos utilizados para examinar la información recolectada, a través de los instrumentos de recopilación aplicados, a saber: bitácora de registro de actividades de turno del equipo de Mantenimiento, registro de tiempos paros del periodo, manuales de operación de la máquina de papel, árbol de pérdidas de manufactura de papel del periodo, CILT, diagrama de decisión de actividades de mantenimiento, y el registro de actividades Mantenimiento Autónomo.

3. Resultados y Discusión

A modo de panorama general de la implementación de la metodología TPM, visto de forma práctica y estratégica, no solo teórica, es una filosofía de gestión que busca cero fallas, cero defectos y cero accidentes, involucrando a toda la organización, especialmente a Operaciones y Mantenimiento. Requiere preparación y alineación estratégica, es decir, crear las condiciones: compromiso explícito de la alta dirección, definición clara de objetivos de negocio (disponibilidad, costos, calidad, seguridad), selección del equipo piloto (no todo al mismo tiempo) y el diagnóstico inicial: nivel de madurez del mantenimiento, Eficiencia General de los Equipos, y tipos de pérdidas dominantes. TPM no se implanta como una herramienta, sino como un cambio cultural.

El TPM, tiene una estructura: comité directivo TPM, Líder TPM (tiempo completo o parcial), equipos multifuncionales por área/equipo. Asimismo, define indicadores: Eficiencia General de los Equipos, Tiempo Medio entre Fallos, Tiempo Medio de Reparación y pérdidas crónicas vs esporádicas). Incluye la Implementación progresiva de los 8 pilares TPM, específicamente, esta investigación, el Mantenimiento Autónomo. Necesita gestión visual y disciplina operativa (Tableros de pérdidas, Estándares visuales, Rondas y Auditorías de avance). Lleva medición y control (indicadores típicos: Eficiencia General de los Equipos (y sus 6 grandes pérdidas), % Mantenimiento Planificado, *Backlog*, Índice de fallas repetitivas y accidentes / cuasi accidentes).

El escalamiento y la sostenibilidad es muy importante (una vez estabilizado el piloto: replicación a otros equipos/áreas, e integración con: Lean, RCM, Gestión de activos (ISO 55000) y el reconocimiento de logros (muy importante culturalmente). El éxito depende más del comportamiento diario del capital humano, que de los procedimientos.

Para la implementación del TPM - pilar Mantenimiento Autónomo en el equipo DNT-100 de la Máquina de Papel 8 de Tissue, los autores obtuvieron los siguientes cuatro resultados:

1. El mapeo de las fuentes de contaminación,
2. Los estándares de acción,
3. La Lista de Verificación,
4. El autodiagnóstico de las tareas rutinarias y los puntos de lubricación, que constituyen los fundamentos básicos para la confección de un Tablero Gerencial de Mantenimiento Autónomo, y además, tienen una gran significación en la investigación, lo que queda corroborado, brevemente, como se indica a continuación:
 - El Mapa de las fuentes de contaminación, [figura 1](#), contiene el levantamiento de las fuentes de contaminación, que precisa las partes y contenidos que deben ser evitados o eliminados. Fue crucial para identificar, cuantificar y mitigar contaminantes en su origen, lo que previene fallos prematuros, reduce paradas no planificadas y asegura el cumplimiento de normativas de seguridad y calidad. Permitió tomar medidas correctivas precisas, mejorando el mantenimiento y la vida útil del activo.
 - Los estándares de acción, [tabla 4](#), indican como mantener la limpieza, lubricación, inspección y apriete en cortos tiempos evitando la prolongación de un defecto hacia una avería.
 - La Lista de Verificación, [tabla 5](#), define la necesidad e importancia de revisar la condición del equipo. Está compuesta por los 22 componentes (4 secciones), que los operadores deben verificar. Fue esencial para estandarizar el mantenimiento autónomo, garantizando que los operarios realicen inspecciones, limpieza y ajustes de forma sistemática. Ayudó a prevenir errores, aumentar la vida útil de los equipos, mejorar la seguridad y reducir fallos al asegurar que ninguna tarea crítica sea omitida.
 - El autodiagnóstico de las tareas rutinarias, [tabla 6](#), obtenidas a través de la Plataforma Microsoft *Planner*, declaró las tareas rutinarias necesarias de limpieza, lubricación, inspección y apriete que deben realizar los operadores en el equipo, para garantizar las condiciones normales de funcionamiento. Fue crucial para incrementar la eficiencia, reducir errores humanos y optimizar el tiempo, permitiendo identificar actividades repetitivas de bajo valor para automatizarlas. Esta evaluación interna mejoró la productividad, redujo costos operativos y liberó recursos para tareas estratégicas, al tiempo que mejoró la satisfacción del capital humano.
 - Los puntos de lubricación, [tabla 7](#), bien definidos fue crucial para evitar un alto por ciento de las fallas mecánicas, reducir costos de mantenimiento y extender la vida útil de los activos. Permitió aplicar el lubricante correcto, en la cantidad adecuada y en el momento preciso, garantizando la eficiencia energética, reduciendo la fricción y previniendo el desgaste, la contaminación y el sobrecalentamiento de los componentes críticos.

La aplicación de los cuatro resultados, arriba mencionados, permitió dar respuesta al objetivo principal de este artículo que fue: implementar la metodología TPM, enfocado en el pilar de Mantenimiento Autónomo, en el equipo

DNT-100 de la Máquina de Papel 8 de Tissue, y con esto se logró reducir la frecuencia de las averías y mejorar la eficiencia operativa.

A manera de comparación con los resultados, de algunos autores que han implementado la metodología TPM, por ejemplo [1-3], los aquí obtenidos, en general, resultaron coincidentes, tanto en las etapas desarrolladas, en la reducción de la frecuencia de las averías y la mejora de la eficiencia operativa alcanzada.

Los resultados obtenidos pueden servir de referencia metodológica para cuando se replique el estudio en otros equipos de perfiles similares al estudiado.

La investigación desarrollada y los resultados obtenidos, no presentan ninguna limitación, son confiables, y no dejan pendiente ningún problema no resuelto.

Conclusiones

La implementación de la metodología TPM, específicamente el pilar de Mantenimiento Autónomo, permitió: reducir la frecuencia de las averías y mejorar la eficiencia operativa del equipo DNT-100 de la Máquina de Papel 8 de Tissue, mantener a los operadores gestionando, de forma autónoma, las anomalías detectadas y solucionándolas desde la limpieza inicial e identificar las principales causas de las averías en la máquina y las acciones reactivas y preventivas para su correcto funcionamiento.

Referencias

1. Obeso A, Alexandra P, Sarmiento Y, Jaime J, Huallpachoque C, Roberto C. Implementación del Mantenimiento Productivo Total en la mejora de la productividad y mantenibilidad del proceso de harina de pescado. *INGnosis Revista de Investigación Científica*. 2020;5(2):126-138.
2. Shannon N, Trubetskaya A, Iqbal J, McDermott O. A total productive maintenance & reliability framework for an active pharmaceutical ingredient plant utilising design for Lean Six Sigma. *Heliyon*, 2023;9(10):e20516. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20516>
3. Mouhib Z, Gallab M, Merzouk S, Soulhi A, Di Nardo M. Total Productive Maintenance and Industry 4.0: A Literature-Based Path Toward a Proposed Standardized Framework. *Applied System Innovation*. 2025;8(4): 98. <https://doi.org/10.3390/asi8040098>
4. Solís Meza M, Torres R. Contribuciones del TPM en la mejora de la gestión del mantenimiento. *Revista Científica INGENIAR Ingeniería Tecnología e Investigación*. 2021;4(8):58-78. DOI: 10.46296/ig.v4i8edespdic.0051
5. Maciel Filho AD, da Silva JG, Lima MSO. Impact of Autonomous Maintenance on a PIM Production Line. *International Journal for Innovation Education and Research*. 2019;7(12): 385-398. <https://doi.org/10.31686/ijer.Vol7.Iss12.2084>
6. Karim MR. Optimizing maintenance strategies in smart manufacturing: A systematic review of lean practices, total productive maintenance (TPM), and digital reliability. *Review of Applied Science and Technology*. 2025;4(2):176 -206. <https://doi.org/10.63125/rp7nrf78>
7. Canahua N. Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica. *Industrial Data*. 2021;24(1):49-76. <https://doi.org/10.15381/ldata.v24i1.18402>
8. Chávez LF, De La Rosa, SE, Manjarres JC, Valbuena SG, Becerra Torres M. Diagrama de Pareto. Perspectiva de la Asignatura de Control de la Calidad. *Boletín De Innovación, Logística y Operaciones*. 2024;6(1):51-56. <https://doi.org/10.17981/bilo.6.1.2024.07>
9. Mohammad Hani Al Rifai. Unlocking insights: evaluating 5Whys methodology for root cause analysis and employee problem-solving skills in 91 case studies. *International Journal of Lean Six Sigma*. 2025;16(5):1276-1304. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2024-0077>
10. Chara Pin NE, Moncayo Vives GA, Chara Pin YV. Aplicación de la filosofía Kaizen a la administración de microemprendimientos. *Ciencias Económicas y Empresariales*. 2022;8(2):420-434. <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i2.2653>
11. Gotoh F, Tajiri M. *Autonomous Maintenance in Seven Steps*. New York, USA: Taylor & Francis eBook; 2020. <https://doi.org/10.4324/9781315137971>
12. Sheryar K, Shakeel A, Miskeen A, Rano K. Impact of Cleaning Inspecting Lubrication & Tightening (CILT) on Overall Equipment Effectiveness for Sustainable Production. *Journal of Sustainable Environment*. 2023;2(1):29-37. <https://doi.org/10.58921/jse.02.01.045>
13. López Roa ML, Valenzuela Polanco IG, Reyes Valenzuela R, Hurtado Parra M, García Cabanillas CY. Herramientas tecnológicas para la eficiencia en la gestión de proyectos académicos. *Revista NEYART*. 2024;2(4):60-77. <https://doi.org/10.61273/neyart.v2i3.72>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Editores

Alberto Julio Rodríguez Piñeiro, Vladimir Tomás González Fernández.
Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría.

Evaluación

Este artículo ha sido evaluado mediante revisión por pares abierta.

Ingeniería Mecánica agradece a los árbitros: por su contribución a la evaluación de este trabajo.

Contribución de los autores

Roger Andrés López Conza.

Participó en el diseño de la investigación y en la revisión bibliográfica, diseño teórico y de investigación. Trabajó en la recolección y el procesamiento de los datos usados para el estudio. Realizó contribuciones en los cálculos, el análisis e interpretación de los datos y en el análisis de los resultados, participó en la revisión crítica de su contenido, redacción y aprobación del informe final.

Ángel Rafael Arteaga Linzán.

Participó en la organización y ordenamiento, contribuyó con criterios, análisis y valoraciones para su mejora, también participó en la recopilación de datos e informaciones, en el diseño teórico y de investigación, así como en la revisión crítica de su contenido, redacción y aprobación del trabajo final.

José Gregorio Zevallos Cobena.

Trabajó en la búsqueda y recopilación de información, para contribuir en la conformación y actualización de las referencias bibliográficas usadas en la investigación, en la organización y ordenamiento, contribuyó con criterios, análisis y valoraciones para su mejora, en la revisión crítica de su contenido, redacción y aprobación del trabajo final.

Pedro Antonio Rodríguez Ramos.

Realizó contribuciones en los cálculos, contribuyó con criterios, análisis y valoraciones, participó en la revisión crítica de su contenido, redacción y aprobación del trabajo final.

Jorge Milton Velepucha Sánchez.

Trabajó en la búsqueda y recopilación de información, contribuyó con criterios, análisis y valoraciones, participó en la revisión crítica de su contenido, redacción y aprobación del trabajo final.

Armando Díaz Concepción.

Trabajó en la búsqueda y recopilación de información, contribuyó con criterios, análisis y valoraciones, participó en la revisión crítica de su contenido, redacción y aprobación del trabajo final.

A HEAD OF PRINT