

2022

# Implementación tpm, pilar 2 & 3, torno debobinador compañía dedicada a la fabricación de tableros de madera laminada región del biobío

Ramírez Durán, Diego Andrés

---

<https://hdl.handle.net/11673/55881>

*Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA*

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
SEDE CONCEPCIÓN, REY BALDUINO DE BÉLGICA

IMPLEMENTACIÓN TPM, PILAR 2 & 3, TORNO DEBOBINADOR  
COMPAÑÍA DEDICADA A LA FABRICACIÓN DE TABLEROS DE  
MADERA LAMINADA  
REGIÓN DEL BIOBÍO

Trabajo de Titulación para optar al Título  
de Ingeniero en Mantenimiento Industrial  
Licenciatura en Ingeniería

Alumno: Diego A. Ramirez Duran.

Profesor Guía: Marcelo Quiroz Neira.

2022

## Resumen

**KEYWORDS:** TPM Mantenimiento productivo total, implementación pilar 2 M.A & pilar 3 M.P.

En el presente informe analizaremos los factores de viabilidad para la implementación de TPM pilar 2&3 en torno debobinador de trozos, compañía dedicada a la fabricación de tableros de madera laminada para aumentar la eficiencia global del equipo.

Se realiza un estudio del proceso productivo y se conocen las directrices de la metodología del mantenimiento productivo total, esta metodología involucra a todos los trabajadores de la organización que aportan datos e información necesaria para identificar las fallas que afectan el rendimiento del equipo y repercuten directamente en los indicadores de producción y costos de la compañía, también de esta forma mencionada podemos establecer el motivo para diseñar procedimientos básico y programados de mantenimiento, donde luego el equipo crítico pasa a ser el equipo piloto donde comienza la implementación del pilar de mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado, así lograr eliminar el mantenimiento correctivo, tiempos muertos innecesarios y centrarse en el mantenimiento preventivo, además podemos observar los cambios obtenidos antes y después de la implementación, mediante la comparación de tablas y gráficos, finalmente el estudio técnico económico cierra la etapa del proyecto mostrando los beneficios aportados de la metodología TPM

## Índice

Resumen	
Siglas	
Introducción	1
1.1 Objetivos Generales	2
1.2 Objetivos Específicos	2
2. CAPITULO II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
2.1 Identificación del Problema	4
2.2 Importancia de Problema	6
2.3 Diagrama Causa efecto	8
2.4 Diagrama de Pareto	9
CAPITULO III JUSTIFICACIÓN O MOTIVACIÓN	10
3.1 Proceso de Cambio Organizacional y del Mantenimiento	11
4. CAPITULO IV MARCO TEÓRICO	12
4.1 Antecedentes del Equipo y Compañía	13
4.3 Historia Lean	22
4.4 TPM	24
4.5 TPM y sus 8 Pilares	27
4.6 OEE Eficiencia Global del Equipo	34
CAPITULO V DISEÑO DE SOLUCIÓN	39
5.1 Implementación Mantenimiento Autónomo	40
5.2 Implementación Mantenimiento Planificado	43
5.3. Resultados de los Nuevos Indicadores	48
CAPITULO VI ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO	57
6.1 Análisis de Costos	58
6.2 Cálculos de Factibilidad del Proyecto	59
CAPITULO VII CONCLUSIÓN Y RECOMEDACION	60

BIBLIOGRAFIA	67
INDICE DE FIGURAS, TABLAS y GRAFICOS	
Figura 3 Causa de Inactividad del equipo	4
Figura 4 OEE Antes de Mejora	5
Figura 5 Diagrama Causa Efecto	8
Figura 6 Diagrama Pareto	9
Figura 7 Vista Aérea Compañía	13
Figura 8 Mapa Estratégico	14
Figura 9 Torno debobinador serie 7 Raute	15
Figura 10 Torno debobinador en operación	16
Figura 12 Proceso productivo	20
Figura 13 TPM y Sostenibilidad	23
Figura 15 Evolucion TPM	26
Figura 16 Pilares TPM	27
Figura 17 TPM Pilar 2 MA	40
Figura 19 Tablero de Gestión y Responsables	41
Figura 20 TPM Pilar 3 MP	43
Figura 22 Plan Mtto Preventivo	45
Tabla 7 Comparación Calidad	47
Tabla 8 Comparación Disponibilidad	48
Tabla 9 Comparación Rendimiento	49
Tabla 10 Comparación OEE Mejorado	50
Tabla 13 Inversión de Piloto	58
Tabla 14 Inversión Materiales	58
Tabla 15 Cálculos Factibilidad	59
Gráfico 1 Capacitaciones y Entrenamiento	54
Grafico 2 comparación MTBF Y MTTR	56

## Siglas

TPM:	Mantenimiento Productivo Total
OEE:	Eficiencia global de equipo
MTBF:	Tiempo Medio entre Fallas
MTTR:	Tiempo medio de Reparación
MTBM:	Tiempo medio entre Mantenimiento
MTM:	Tiempo medio de paradas
TIR:	Tasa Interna de Retorno
VAN:	Valor Actual Neto
AMS:	Sistema de Manufactura Arauco
MA:	Mantenimiento Autónomo
MP:	Mantenimiento Planificado

**DISPONIBILIDAD:** El indicador de disponibilidad por fallas, puede entenderse directamente como el porcentaje de tiempo durante el cual un equipo se encuentra apto para su uso y operatividad.

**CALIDAD:** Consiste en analizar las necesidades y expectativas del cliente para desarrollar productos o servicios sin deficiencias y así conseguir la satisfacción del consumidor.

**RENDIMIENTO:** Es una métrica de valor medible que demuestra la eficiencia con la que una empresa está operando para lograr sus objetivos.



## Introducción

El presente proyecto se refiere a la implementación de la metodología Mantenimiento Productivo Total, (TPM), Pilar 2 y 3, en Torno Debobinador de trozos marca RAUTE, compañía productora de tableros contrachapados de madera, esta iniciativa se define como una estrategia fundamental a la hora de mejorar varios aspectos productivos propios de la manufactura, para hacernos más competitivos y saber cuál es el posicionamiento que tiene nuestra compañía dentro del negocio, en los últimos meses se ha notado una baja considerable de productividad por distintos factores de averías en el equipo, lo que repercute directamente en costo no deseados para la compañía.

La característica principal de la implantación es su filosofía, compromiso y esfuerzo colaborativo desde todas las áreas de la organización, aplicando herramientas para la optimización de operaciones, permitiendo aumentar el valor agregado del producto sin realizar mayores inversiones, además contribuir con la sostenibilidad del proceso, dada la tendencia de la economía mundial y la globalización de los mercados, el movimiento de capitales aumenta cada año, como consecuencia las organizaciones se enfrentan a un nuevo entorno de desarrollo y deben adoptar las estrategias más convenientes, proponer la inversión a largo plazo en nuevas instalaciones de producción y recursos tecnológicos, donde uno de los requisitos importantes es el establecimiento de un servicio planificado y técnico de mantenimiento eficiente, seguro y económico para los activos de la compañía.

En secuencia a lo investigado podemos afirmar que la aplicación TPM ayudara a mejorar el OEE en la etapa de producción, generando un ahorro en recursos que altamente serán un beneficio considerable para la empresa. Ya que es el ideal básico del TPM por sus pilares fundamentales, Capacitación de los colaboradores, mejoras de equipos y sistemas aplicados podemos validar sus beneficios concretos, conocer qué tan factible y conveniente es aplicar esta metodología por medio un análisis técnico y económico, finalmente obtendremos los nuevos indicadores de mejora continua para lograr un OEE de clase mundial.

## Objetivo General

- Evaluar modelo de factibilidad técnica y económica para la implementación de la metodología Lean Manufacturing TPM Pilar 2 y 3.

## Objetivos Específicos

- Aumentar la Eficiencia del equipo, mediante el pilar 2 y 3 de TPM, Mantenimiento Autónomo y Mantenimiento Planificado
- Identificar los tiempos de inactividad por fallas que generan el bajo indicador OEE de la máquina.
- Capacitación y entrenamiento a colaboradores
- Analizar costos asociados y rentabilidad económica

## CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 2.1 Identificación del problema

La competencia global en la industria manufacturera se ha intensificado como consecuencia de la demanda de producción, para satisfacer la demanda con clientes que son cada día más exigentes y variables según sus necesidades, los cuales aumentan sus expectativas de compra, calidad, costo y tiempo, es por ello que surge la necesidad de que las empresas sean flexibles y adaptables en sus procesos productivos, para poder cumplir con las necesidades de los clientes y de esta manera subsistir en el mercado, en un mundo globalizado y competitivo que hoy nos toca vivir, ninguna empresa puede desconocer las herramientas que utilizan aquellas compañías que se destacan y triunfan. Se ha determinado que la causa principal es el incumplimiento de los mantenimientos preventivos y el exceso de horas en mantenimientos correctivos, lo cual influye en la generación de productos no conformes y en consecuencia la demora en la entrega de los productos requeridos por los clientes. El tiempo analizado en los últimos 6 meses, se ha determinado que el incumplimiento de los mantenimientos preventivos es de 65.63% sólo cumpliéndose dos mantenimientos preventivos programados para el año, lo que produce un exceso de horas en mantenimientos correctivos 54.35%, Las consecuencias llevan a la empresa a trabajar con una baja eficiencia en la línea de producción, teniendo como resultado la pérdida económica; reduciéndose así sus utilidades. Frente a esta problemática, es necesario que se propongan mejoras en la línea de producción del torno Debobinador de trozos y sus complementos de maquinaria, de tal manera que se incremente la eficiencia OEE de la línea, hasta alcanzar un estándar mundial de 95%. Clase mundial.

### Detección de Anomalía



Fuente Elaboración Propia, Figura 1

## Problemas de afectación de calidad del producto



Fuente, Elaboracion propia Figura 2

## Indicadores de inactividad del equipo



Fuente. Causa inactividad, AMS Paneles Arauco, Figura 3

## 2.2 Importancia del Problema

Según lo mencionado anteriormente, el problema que presenta el sector industrial del área de maderas Arauco se refleja la baja productividad del equipo en su proceso productivo, lo cual incrementa los costos de gastos en producción mantenimiento y disminuye la rentabilidad y participación en el mercado. La baja calidad de los productos fabricados ocasiona rechazos de estos por su menor durabilidad reproceso del producto. A fin de lograr una producción continua, en muchos procesos y industriales, son incorporados en los mecanismos de producción para garantizar mediante su correcto funcionamiento una producción sin interrupciones.

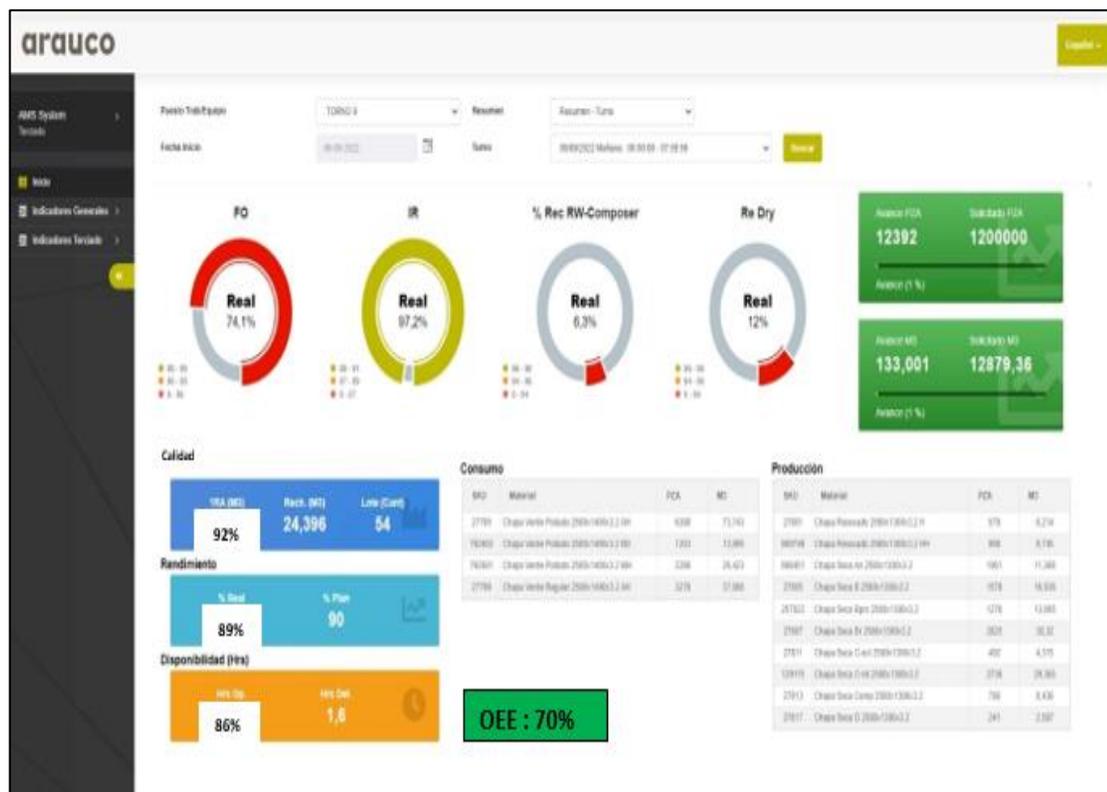
En las empresas modernas, deben tener el control del stock de la producción para sus máquinas y equipos para atender sus operaciones en forma ininterrumpida, es un tema primordial por para optimizar los tiempos de respuestas antes averías inesperadas, ya que no generaría pérdidas por líneas de producción detenidas que generalmente son elevados, por estas razones, a fin de reducir las cantidades de dinero que tendrían que invertir en sus sistemas de producción, la mayoría de las organizaciones tienden a realizar las compras de repuestos dentro del margen de tiempo más corto a la fecha de su utilización, para lo cual seleccionan proveedores o empresas de servicios fabricantes de repuestos que cumplan con los plazos de entrega pactados a precios razonables, les originan serios problemas, los que pueden en la mayoría de los casos, generar paradas de equipos y aún líneas de producción, con la pérdida severa de producción programadas.

La zona de estudio es el equipo principal para la fabricación del producto llamado torno Debobinador de trozos, la empresa Paneles Arauco, lleva a cabo la contabilización de los cambios de tiempo no productivos; esto se hace registrando cada vez que el torno deja de funcionar por cualquier motivo. el tiempo de inactividad debe ser estrictamente medido durante los tres turnos de producción además de identificar sus modos de fallas.

La causa del tiempo de inactividad puede ser mecánica, eléctrica, productiva o improductiva depende del punto de vista del procedimiento. El operador ingresa los datos en el sistema e incluye información correspondiente a la fecha, el turno, la hora, el código de motivo, la descripción del motivo, el proceso, la máquina y las observaciones.

Actualmente el indicador de medición de la línea de producción es el OEE, que permite conocer el rendimiento productivo del equipo, durante el tiempo de estudio se observaron indicadores bastante bajos para los que se necesita para estimar la planificación de la producción, lo que nos indica que se deben tomar acciones inmediatas para revertir la situación actual de la compañía y en caminarsse a la excelencia operacional.

### Indicadores de Producción OEE del equipo



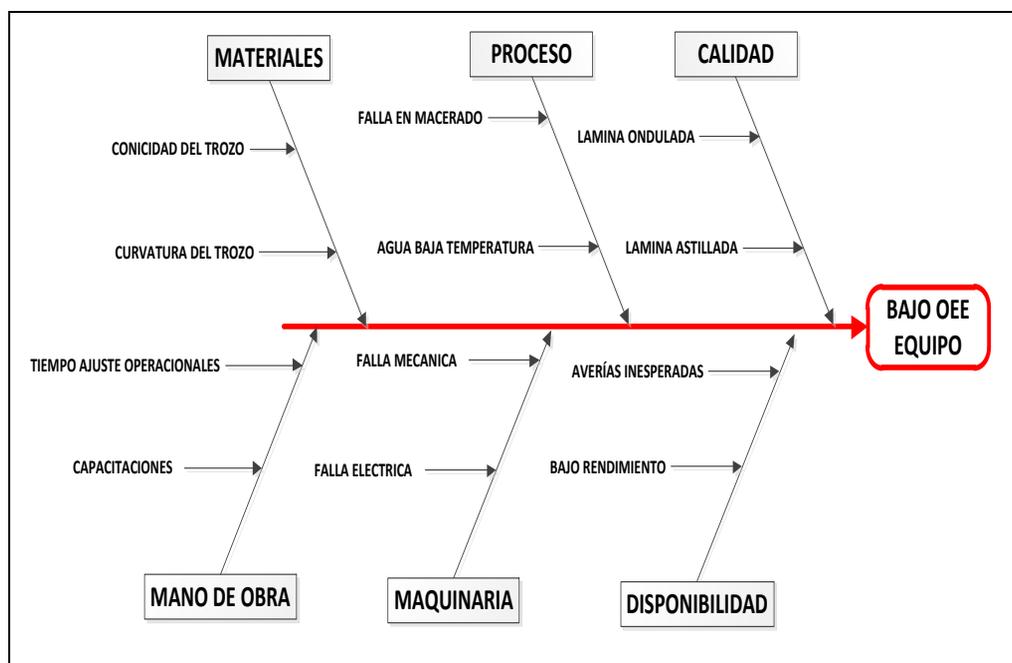
Fuente. AMS Arauco, Figura 4

El OEE actual arroja un valor promedio de 70% indica importantes pérdidas de dinero y muchas oportunidades para mejorar. El OEE disminuyó en los meses evaluados puesto que el rendimiento y la disponibilidad también disminuyeron, causando un descenso considerable de este indicador, además se puede observar un OEE muy variable, lo que hace muy impredecible el comportamiento de la efectividad del equipo.

Para dar un diagnóstico de la zona del torno debobinador y observar cuáles son los problemas que causan bajo índice en la disponibilidad y en la calidad que no permiten tener un OEE óptimo, se pueden analizar los tiempos improductivos del Torno Debobinador, en donde se revisa el número de paradas, el tiempo de estas y la causa principal de las mismas.

Con la ayuda de los datos de la compañía y herramienta de análisis aprendidos de los tiempos improductivos de los últimos 6 meses, un análisis diagrama de causa y efecto que muestra las principales causas de las paradas por mantenimiento y operaciones, así como las paradas no planificadas, que inciden directamente en la productividad del equipo, con la finalidad de agrupar las fallas más comunes por categorías que afectan directamente el indicador de productividad.

### 2.3 Diagrama Causa Efecto

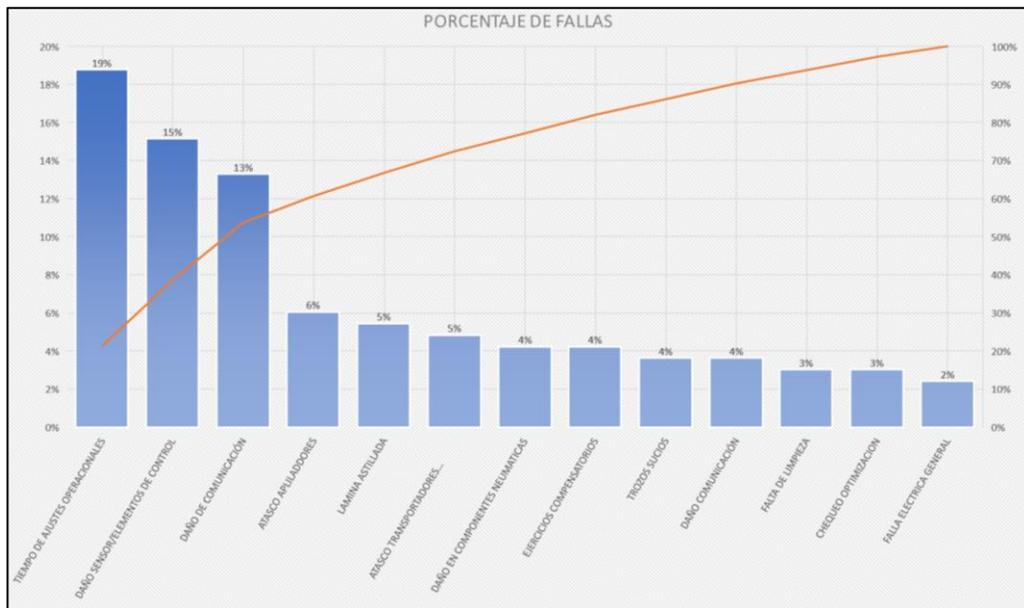


Fuente. Elaboración Propia, Figura 5

El diagrama de causa-efecto es utilizado para identificar las posibles causas de un problema específico, la naturaleza grafica del diagrama permite que los grupos organicen grandes cantidades de información sobre el problema y determinar exactamente las posibles causas, finalmente aumenta la probabilidad de identificar las causas principales. Con esta herramienta vamos a situar los principales problemas, por lo que se ha realizado un análisis total de causas y sub-causas de detenciones por distintas problemáticas en torno Debobinador de trozos. En el diagrama de causa-efecto, se aprecia las razones más importantes de las detenciones por mantenimiento y operaciones, también detenciones imprevistas que van a repercutir en la disminución de producción de estos equipos por medio de la coordinación, el análisis profundo y el compromiso de todos es que, se reducirán las seis grandes pérdidas.

## 2.4 Diagrama de Pareto

Analizando estas paradas o tiempos improductivos por repeticiones tenemos distribuidas de la siguiente manera:



Fuente. Elaboración Propia, Figura 6

Durante el tiempo de estudio las causas más relevantes de parada son el tiempo empleado en ajustes operacionales que se hacen antes y durante el proceso, en segundo lugar, daños en el sensor/elementos de control y en tercer lugar daños de comunicación.

Cada causa se presenta varias veces, por ejemplo, la parada más larga que fue tiempos de ajustes operacionales tuvo una duración de MTBF de 77 minutos, y por lo contrario la parada más larga por daños en el sensor de 24 minutos, siendo estas muy incidentes durante el periodo.

Lo anterior quiere decir que es importante atacar tanto el número de paradas como el tiempo por parada para poder reducir el tiempo improductivo total, todo esto ayudando a aumentar la disponibilidad de la zona y también el rendimiento (puesto que, entre menos paradas, mayor es la producción).

En cuanto al conocimiento de los operadores, mecánicos y lubricadores de la zona con respecto al TPM, es poco; aunque saben sobre algunas herramientas que se usan en el proceso, por ejemplo, las 5's, desconocen el verdadero fundamento de esta y sobre todo el objetivo real del uso de estas. En el momento en que se inició el proyecto en la zona no se había implementado ninguna herramienta del TPM.

## CAPITULO III JUSTIFICACIÓN

### 3.1 Proceso de cambio Organizacional y el Mantenimiento

La generación de nuevas metodologías hacia la máxima expresión de la productividad, debe estar acompañada por actividades que generen eficacia en los procesos, aprovechando al máximo tanto los recursos físicos como humanos, los cuales brinden resultados de calidad, optimizando recursos y reduciendo las pérdidas, minimizando el costo por este concepto por medio de inspecciones preventivas programadas, lo que sin duda, tendrán un impacto positivo en cuanto a seguridad y eficiencia en las operaciones. El objeto del presente trabajo de investigación es demostrar la viabilidad de la implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing en la compañía productora de tableros contrachapados de madera, la metodología mundialmente conocida en industrias de procesos para reducir desperdicios, pretendemos contribuir al mejor conocimiento de la técnica de aplicación para empresas manufactureras de recursos limitados, además Colaborar con el diseño de un nuevo plan de mantenimiento programado que atienda a las necesidades del desarrollo de la producción más eficiente, TPM permitirá poco a poco ir traduciéndose no solo en beneficios económicos, sino también organizativos, productivos y de seguridad en el trabajo, la realización del proyecto se hace basada en satisfacer las necesidades de los clientes y pronosticar los futuros requerimientos, las buenas prácticas se lograrán a través de un enfoque de colaborativo, centrándose en eliminar los desperdicios que no aporte valor agregado al producto final.

Se ha trabajado en un caso aplicativo en la industria maderera utilizando técnicas de análisis de datos, comprobación y validez del proyecto para este caso se determina que el incumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo que afecta la eficiencia OEE del equipo y mediante la aplicación de la metodología Lean Manufacturing podemos afirmar que es factible mejorar la eficiencia del área a un bajo costo.

Por lo tanto, el aporte principal del estudio es mostrar cómo la utilización de la metodología TPM lean Manufacturing, incrementa la eficiencia general de los equipos OEE, relacionando el cumplimiento de los pilares de mantenimiento trabajar en lugares de trabajos estandarizados cuyo objetivo se resume en lograr como beneficio ser una empresa eficiente, ya que el reto, es controlar las barreras que aún impiden el desarrollo hacia la excelencia operacional en el estudio las mejoras que se lograrán a través de un enfoque de ingeniería con la ayuda de todas las áreas involucradas, que pretende proponer una metodología y herramientas de optimización que beneficie a las empresas productoras a mejorar la eficiencia de sus procesos.

## CAPÍTULO IV: MARCO TEÓRICO

#### 4.1 Antecedentes de la Compañía

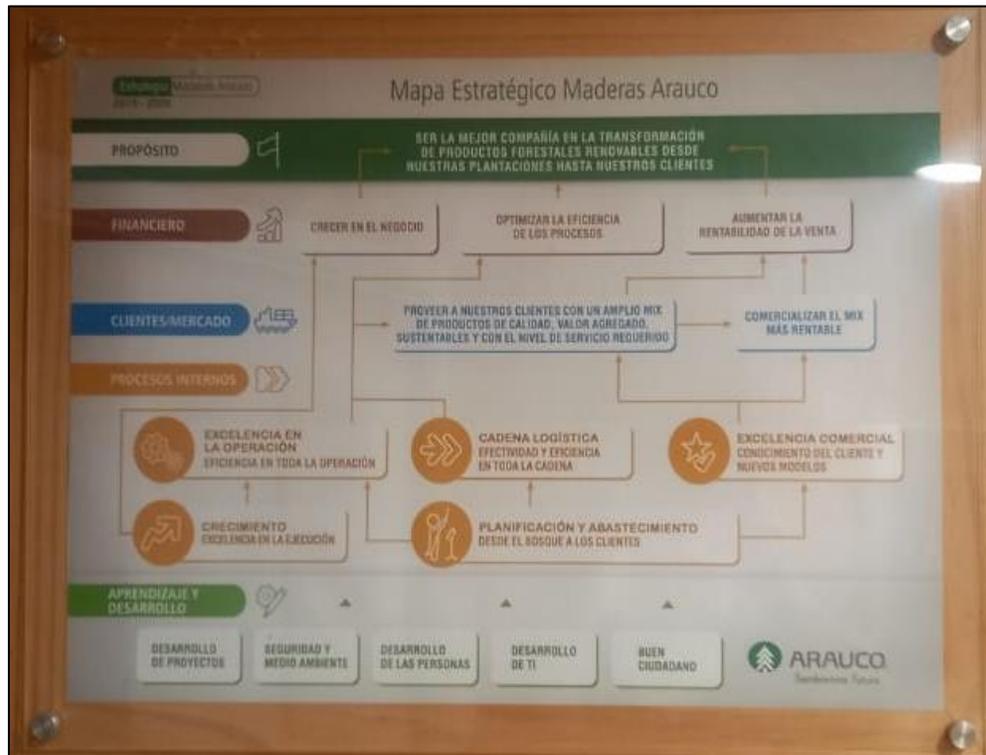
La compañía para la realización del proyecto esta ubica en el complejo industrial horcones provincia de Arauco, VIII región Bio-Bio dedicada a la fabricación de tableros de madera, liso y ranurado, con Capacidad productiva anual: 350.000 m<sup>3</sup> de pino radiata comercializados bajo la marca AraucoPly. El 80% es producción de grados decorativos, Certificación. PS1-09; EN 13986:2004; JAS; AS-NZS 2269; DIN-68705 ISO 14001; OHSAS 1800, la compañía ha alcanzado esta sólida posición gracias a nuestro modelo de negocio integrado que opera junto a una estrategia comercial de amplia cobertura, la que considera un conocimiento cabal del mercado, una extensa red de representantes de ventas y oficinas comerciales establecidas y consolidadas en Argentina, Australia, Brasil, Chile, China, Colombia, Estados Unidos, Holanda, Japón, México y Perú. Desde aquí nace el desarrollo productivo de excelencia, junto al manejo responsable y eficiente de los recursos naturales, el cuidado integral por la salud y seguridad ocupacional de quienes trabajan para la empresa, y nuestra contribución activa al desarrollo de las comunidades en las cuales mantenemos operaciones

#### Ubicación Compañía y equipo del estudio



Fuente. Vista aérea, Google Maps. Figura 7

## Mapa Estratégico Maderas Arauco



Fuente Propia, Figura 8

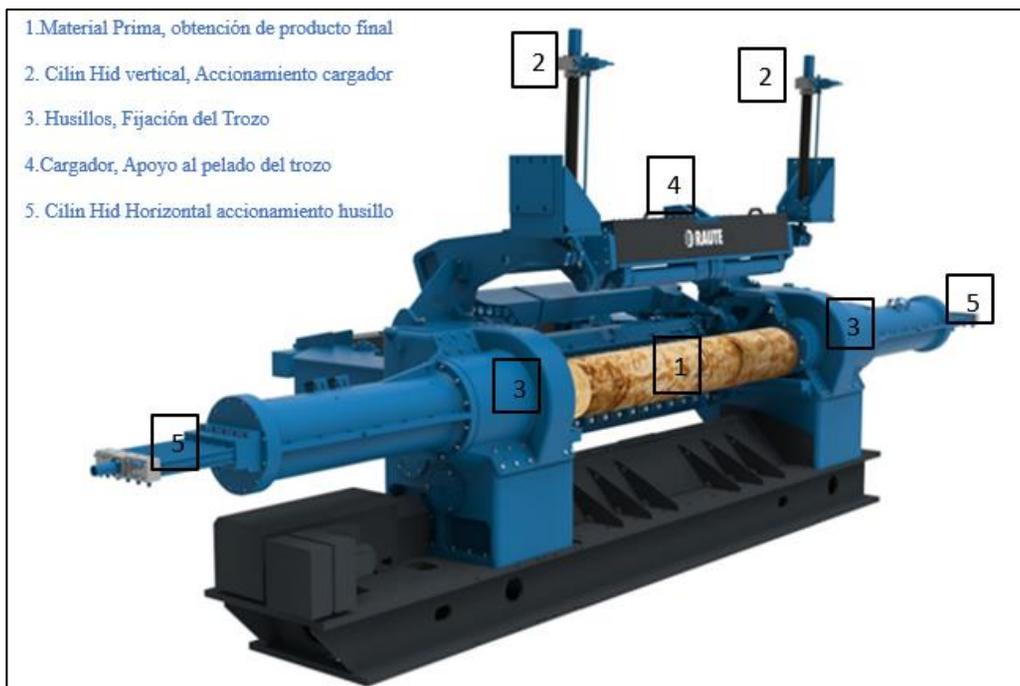
## AMS, System Manufacturing Arauco

Consiste en un software que tiene por objetivo generar una única y gran base de datos que permite comparar bajo un mismo esquema como están operando las distintas plantas de paneles Arauco ya que el sistema recopila la información productiva del proceso para registrarla en SAP además genera la reportabilidad para todos los niveles de la compañía También facilitara al personal de operaciones saber cual es el resultado obtenido de su equipo en términos de proceso, calidad, avance de órdenes, disponibilidad, rendimiento, consumo de materia prima etc.

## 4.2 Antecedentes del Equipo

Los trozos provenientes de la etapa de macerado donde se mantienen por 18 horas y son roseados con agua mezclada con soda caustica a 90° C para mejorar la plasticidad del trozo y facilite el debobinado para luego, alimentar el transportador escalonado hacías el Tornos de 8 pies, su función es producir un manto continuo de madera o chapa en los formatos y calidad requerida por el proceso, para lo cual utiliza la tecnología de Smart Peel Raute. El proceso inicial del Debobinado, que es la limpieza o eliminación de la zona exterior del trozo, enviando los desechos generados en esta etapa al astillado y posteriormente a un silo de almacenamiento para su posterior venta como astillas pulpables. Cuando el torno debobinador comienza a generar una chapa uniforme, se desvía la chapa hacia una cinta distribuidora y posteriormente hacia un transportador de bandejas. Además de los desechos de redondeo, en esta etapa del proceso se genera otro subproducto comercial que corresponde a la parte central del trozo o polín (trozo cilíndrico de aproximadamente 8 cm de diámetro y 2,6m de largo).

### Torno Debobinador serie 7, Raute Company



Fuente Manual de Operación Raute Company. Figura 9

En una cortadora rotatoria se eliminan los defectos que aparecen en el “paño” debobinado generándose chapas dimensionadas según los formatos requeridos: chapas enteras y pedazos de chapas aprovechables (randoms), Las chapas enteras son apiladas automáticamente y los randoms en forma manual, clasificándose en tres categorías dependiendo de su contenido de húmeda. Una vez completado un paquete de chapas, éste es trasladado mediante grúas horquilla hacia el área de almacenamiento de chapas verdes, donde es debidamente identificado por humedad, espesor, ancho, largo, calidad y fecha de producción.

Domine su productividad con un alto nivel de automatización y máxima capacidad: produzca chapas de la más alta calidad a partir de maderas duras y blandas con Raute Veneer Peeling Line R7.

Torno debobinador de trozos en Operación



Manual de Operaciones Raute Company, Figura 10

Con más de 200 instalaciones en todo el mundo en los últimos 20 años, la línea de pelado de la serie R7 ofrece flexibilidad para pelar diversos espesores de chapa, longitudes de bloques y materias primas. Su construcción modular permite una fácil modernización a medida que se desarrolla la tecnología o cambian sus necesidades.

Defina la posición de pelado óptima para cada bloque con Block Centering Analyzer R7: pele una gran cantidad de chapa, mejore la recuperación completa de la chapa hasta en un 15 % mediante un uso más eficiente de la materia prima y produzca hasta un 20 % más de chapa frontal.

La geometría de pelado óptima (OPG) del torno garantiza una chapa de alta calidad desde la superficie hasta el núcleo. Mantenga una calidad de chapa óptima ajustando la configuración de pelado a través de una interfaz fácil de usar en su propio idioma.

Veneer Visual Analyzer R7 maximiza la cantidad de hojas completas y minimiza las aleatoriedades. El analizador de humedad clasifica las láminas de chapa por humedad, aumentando su capacidad de secado hasta en un 20 % y maximizando la calidad de la chapa seca. La medición de la humedad permite minimizar la desviación del ancho de la chapa seca mediante el recorte optimizado de la chapa verde.

Conéctese al sistema de generación de informes y captura de datos MillSIGHTS para obtener una visión integral de los elementos que afectan su producción y analizarlos.



Manual de Operaciones Raute Company, Figura 11

## Proceso de fabricación

El proceso de elaboración de tableros de terciados es casi en su totalidad automatizado, y a medida que la tecnología lo permite, se han ido integrando nuevas maquinarias con tal de asegurar que el producto final cuente con las mejores condiciones de calidad. La materia prima debe pasar por 14 etapas principalmente, las cuales se describirán de manera breve a continuación:

**Recepción trozos** Corresponde a la primera etapa, en la que se almacenan troncos de madera descortezada sobre un área de hormigón, donde el proceso de descortezado es realizado de manera previa por terceros. La principal función de esta área es la de almacenar los rollizos, para posteriormente desplazarlos al proceso de macerado.

**Macerado** En este proceso principalmente se reduce la dureza de los trozos y mejora la elasticidad de las chapas, buscando mejorar la calidad superficial del producto, aplicando agua caliente a los troncos a unos 85°C, otorgando a la madera de humedad y calor, con el fin de facilitar su posterior procesamiento, ablandándola y controlando los niveles de resina de la madera con tal que no interfieran en los procesos posteriores.

**Debobinado** La función de esta área es la de procesar la madera proveniente de los túneles de macerado, para la producción de chapas según los formatos y calidades requeridas, en la cual se trabaja con trozos de madera blanda, cualidad facilitada gracias al proceso de macerado.

**Astillado** El proceso de astillado consta de la fragmentación de todo el material de desecho obtenido del proceso de debobinado, siendo movido desde este último mediante correas de transporte hasta los astilladores. Aquí el material es triturado hasta tener como resultado un subproducto llamado astilla (o chip), el cual es posteriormente cargado y transportado por camiones para su uso en diversas aplicaciones.

**Secado** En este proceso se seca la madera que proviene de los tornos a distintos niveles de humedad, los cuales son separados según dichos niveles y tratados de acuerdo con estos. Aquí se intenta eliminar el exceso de agua en las chapas, nivelando los índices de humedad entre un 6% a un 10%.

**Ensamblado** En este proceso se intenta recuperar parte del material destinado como desecho, para luego aprovecharlo en la producción de chapa corta, de manera tal de optimizar la producción de m<sup>2</sup> de chapas de madera.

Este tipo de chapa es primordial en el proceso de fabricación, pues son las que dan firmeza al contrachapado, al disponerse en sentido perpendicular al largo de los tableros de contrachapado.

**Encolado** La etapa de encolado es donde se aplica el pegamento a las chapas de madera, adhiriendo las distintas capas internas, el orden y disposición de las capas se asignan de acuerdo con la calidad del producto y su espesor, con tal de formar los tableros de contrachapado requeridos.

**Pre prensado** En esta área se efectúa la primera fase de prensado de los tableros de contrachapado, a este proceso se le denomina “prensado en frío”, pues se aplica presión únicamente, procesándolos por lote de terciados. Aquí se busca poder consolidar las capas interiores de los tableros mediante la presión y el pegamento previamente aplicado sobre estos.

**Prensas** A diferencia de la etapa de pre-prensado, además de presión también se aplica calor a los tableros de contrachapado. Se aplica calor con el fin de activar el adhesivo entre sus capas. Los tableros son ingresados en una prensa con múltiples sócalos, cada uno asignado para cada tablero armado.

**Retape** La función del área de Retape es la de aumentar la calidad de las superficies de los tableros, corrigiendo los defectos encontrados con pasta retape de látex o pasta retape de poliuretano líquido. Para la aplicación de estas pastas existe maquinaria automatizada, así como también existen líneas de aplicación manual.

**Escuadrado** Es el proceso donde se le da el formato final a los tableros según las características de cada producto, formando los tableros de acuerdo ancho y largo establecidos para cada tipo de producto.

**Lijado** Este es un proceso automático, en donde se busca otorgar a los tableros de una mayor calidad en sus caras superficiales. Esto se logra por medio del contacto con un sistema de rodillos ubicados en torno al tablero, los cuales mediante ajustes van determinado el nivel del pulido otorgado al material, mejorando la apariencia del producto.

Ranurado La línea de ranurado forma parte del área de terminaciones, donde se le entrega a los tableros de un valor agregado, teniendo una capacidad para procesar tableros con formato de 8x4 y en variados espesores. Entre las terminaciones que se pueden realizar están: machihembrado, traslapado, texturizado, dimensionado y ranurado. Este proceso entrega principalmente a los tableros de cualidades decorativas, pudiéndose utilizar en diversos tipos de revestimientos.

Empaque En esta área se emban los lotes de contrachapados que provengan de las áreas de ranurado o de lijado. El fin de este proceso es el de otorgar una protección al producto mediante un film plástico, el cual protege a los lotes de la suciedad, polvo y de la humedad.

### Proceso Productivo



Fuente. Manual de Producción Paneles Arauco, Figura 12.

## Marco filosófico

La investigación se realiza por medio del procesamiento de los datos de la empresa con el propósito de establecer la situación previa y posterior de su implementación, determinado el cambio neto en los indicadores de impacto de OEE. Para el efecto, se utiliza el método cuantitativo. Lean Manufacturing surgió como una solución para reducir el desperdicio en los procesos de producción, implementando los conceptos originados en el Sistema de Fabricación de Toyota (TPS) y desarrollados por Eiji Toyoda y Taiichi Ohno, a comienzos de los años cuarenta.

La aplicabilidad a industrias discretas, es decir, industrias de ensamblaje, ha sido directa. Sin embargo, la aplicabilidad en las industrias de procesos, es decir, en las industrias continuas, aún se queda relegada. Recientemente se han estado analizando e implementando algunos de los conceptos Lean en las industrias de procesos, alcanzando resultados notables.

El objetivo de Lean Manufacturing es reducir los desperdicios en cada etapa del proceso de producción. Se basa en cinco actividades:

- Identificación del valor desde la perspectiva del cliente.
- Mapeo de la cadena de valor para detectar actividades de valor agregado y no valor agregado.
- Hacer que la producción fluya eliminando actividades sin valor agregado.
- Retirar la producción de la demanda del cliente.
- Eliminar continuamente todos los residuos para alcanzar la perfección del proceso.

### 4.3 Historia de Lean

La producción Lean se basa en gran medida en los principios de fabricación y en los procesos de trabajo desarrollados por Toyota en la década de 1940, llamados Toyota Production System (TPS), los que a su vez evolucionaron teniendo como base las iniciativas de Ohno (1988) realizadas durante 30 años en Toyota Motor Company.

En el Japón, los fabricantes afrontaron una gran escasez de materiales y recursos financieros y de personas después de la Segunda Guerra Mundial, Enfrentando problemas totalmente diferentes a los de sus similares de occidente, desarrollaron nuevas prácticas de fabricación a un menor costo. Los líderes japoneses Eiji Toyoda, Taiichi Ohno y Shigeo Shingo que trabajaban en la empresa Toyota Motor Company desarrollaron un sistema de producción disciplinado y centrado en los procesos, el cual ahora es conocido como el "Sistema de Producción Toyota" o "Producción Esbelta". El objetivo de este sistema era minimizar el consumo de recursos que no agregaban valor a un producto. La adopción de las técnicas creó una ventaja competitiva fundamental de Toyota sobre sus competidores estadounidenses.

Por lo tanto, alrededor de la década de los 80, los académicos estudiaron la implementación de técnicas Lean y, en la década de los 90, algunas empresas occidentales de fabricación de equipos completaron la implementación de Lean, máquinas de generación de informes, defectos, tiempo de ciclo y mejoras en el tiempo de entrega del producto en comparación con sus antiguas aplicaciones basadas en lotes de sistemas

Lean Manufacturing se define como una filosofía de producción que enfatiza la minimización de la cantidad de todos los recursos (incluido el tiempo) utilizados en las diversas actividades de la empresa. Implica la identificación y eliminación de actividades que no agregan valor en el diseño, la producción, la gestión de la cadena de suministro y el trato con los clientes. Los productores Lean emplean equipos de trabajadores con múltiples habilidades en todos los niveles de la organización y utilizan máquinas altamente flexibles y cada vez más automatizadas para producir volúmenes de productos en una variedad potencialmente enorme.

Contiene un conjunto de principios y prácticas para reducir los costos mediante la eliminación implacable de los desechos y la simplificación de todos los procesos de fabricación y soporte. Una definición más sencilla es decir que Lean es un sistema que produce lo que el cliente desea, cuando lo desea. con un mínimo desperdicio. Su filosofía apunta a acortar el tiempo entre el pedido del cliente y la construcción y el envío del producto al eliminar las fuentes de desperdicio

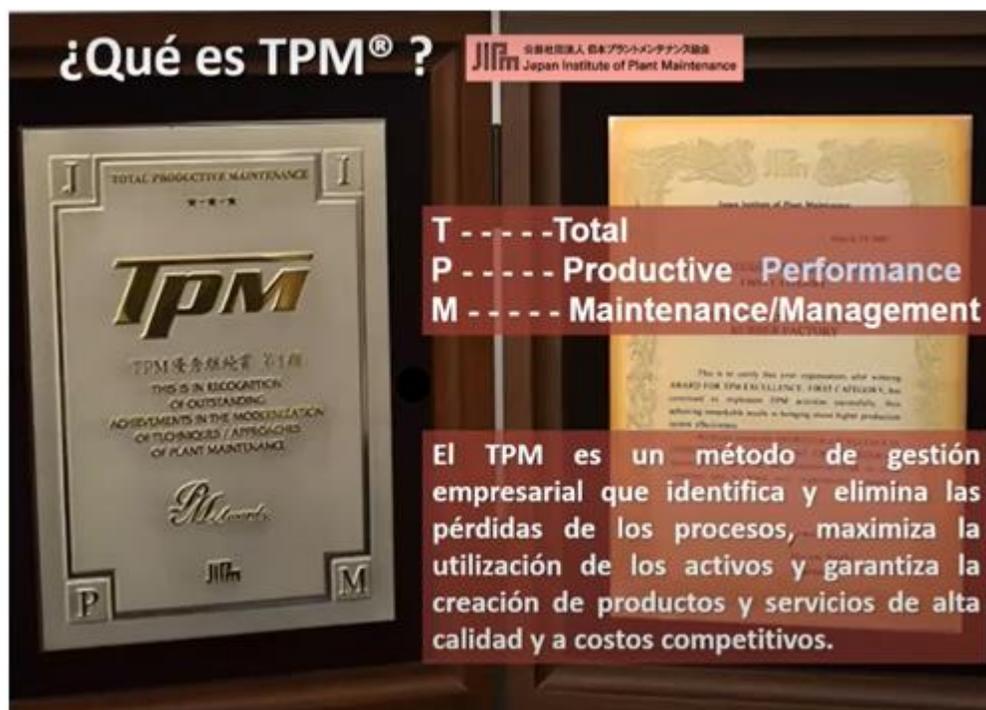


Fuente Libro Japan Plant Maintenance Institute, Figura 13

La filosofía Lean se enfoca en el Lean de valor agregado y consiste en las mejores prácticas, herramientas y técnicas de toda la industria con el objetivo de reducir el desperdicio y maximizar el flujo y la eficiencia del sistema en general para lograr La máxima satisfacción del cliente. En la fabricación ajustada, la identificación y eliminación de desechos (actividades sin valor agregado) se realiza mediante la mejora continua al transportar el producto al impulso del cliente en busca de la mejor producción. En un término más básico, más valor con menos trabajo, la flexibilidad de fabricación es muy importante para la agilidad y se puede mejorar mediante una implementación Lean adecuada. Significa que las industrias construyen lo que el cliente pide lo antes posible después del pedido y que el tiempo total de entrega es lo más corto posible. El objetivo principal de Lean Manufacturing es la minimización agresiva de los despilfarros, llamada "muda", para lograr la máxima eficiencia de los recursos. Esencialmente, una "muda" es algo que el cliente no está dispuesto a pagar.

#### 4.4 Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El origen de TPM se remonta a 1951 cuando se introdujo el mantenimiento preventivo en Japón. Sin embargo, el concepto de mantenimiento preventivo fue tomado de Estados Unidos. Nippondenso de Japón, fue la primera compañía en utilizar el mantenimiento preventivo en toda la planta en 1960, cuyo fundamento se basaba en que los operadores producían bienes utilizando máquinas y el grupo de mantenimiento se dedicaba al trabajo de mantenimiento de esas máquinas. Sin embargo, con la automatización de Nippondenso, el mantenimiento se convirtió en un problema, ya que se requería más personal de mantenimiento. Entonces, la gerencia decidió que el mantenimiento de rutina del equipo sería realizado por los operadores. (Este es el mantenimiento autónomo, una de las características de TPM). El grupo de mantenimiento solo realizó trabajos de mantenimiento esenciales. Por lo tanto, Nippondenso, que ya seguía el mantenimiento preventivo, también agregó el mantenimiento autónomo realizado por los operadores de producción. El equipo de mantenimiento realizó la modificación de los equipos para mejorar la confiabilidad. Las modificaciones se hicieron o incorporaron en nuevos equipos. Esto condujo a la prevención de mantenimiento.



Fuente. Libro Japan Plant Maintenance institute, Figura 14

Así, el mantenimiento preventivo junto con la prevención de mantenimiento y la mejora de la mantenibilidad dieron origen a lo que se denominó mantenimiento productivo. El objetivo del mantenimiento productivo era maximizar la efectividad de la planta y los equipos para lograr un costo óptimo del ciclo de vida del equipo de producción. Para entonces, Nippondenso había hecho círculos de calidad, con la participación de los empleados. Así, todos los empleados participaron en la implementación del mantenimiento productivo.

En base a los previos desarrollos, el Instituto Japonés de Ingenieros de Plantas (JIPE) otorgó a Nippondenso el distinguido premio de planta por desarrollar e implementar TPM. Así, Nippondenso, del grupo Toyota, se convirtió en la primera compañía en obtener la certificación TPM.

TPM está compuesto por las primeras letras en inglés de T (Total) PM (Mantenimiento Productivo). Sus características son las siguientes:

- 1) Objetivo para lograr la máxima eficiencia del equipo (sobre toda la eficiencia).
- 2) Establezca un sistema TPM que tenga como objetivo la vida útil del equipo de prevención de mantenimiento, mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.
- 3) Todas las personas relacionadas deben participar conjuntamente, el planificador de equipos (departamento de planificación), usuario de equipos (departamento de fabricación) y persona de mantenimiento (departamento de mantenimiento), etc.
- 4) Promover TPM mediante actividades independientes de grupos pequeños. con el fin de llevar a cabo en toda la empresa

TPM en toda la empresa. La definición es la siguiente:

- 1) Busque la máxima eficiencia del sistema de fabricación (eficiencia general), con el objetivo de mejorar la calidad de las empresas.
- 2) Bajo el marco en la escena y con material, y dirigido a todo el círculo vital, busque cero desastres, cero defectos, cero averías y evite todas las pérdidas por adelantado
- 3) Excepto el departamento de fabricación, también participan todos los departamentos (departamento de desarrollo, departamento de ventas, departamento de gestión).
- 4) Participación general de los empleados, desde los estratos operativos y hasta la primera línea.
- 5) Lograr el objetivo de cero pérdidas a través de actividades repetidas en grupos pequeños.

## Historia y evolución del TPM



Fuente. Libro Japan Plant Maintenance institute, Figura 15

Además, algunos otros académicos dieron la definición de TPM de la siguiente manera: un enfoque colaborativo para la mejora continua de la calidad del producto, la efectividad operativa, la comprensión de la productividad y la seguridad entre las funciones de la organización, especialmente entre la productividad y el mantenimiento, también enfatizan que el “Total” en “ TPM ”significa la participación general de los empleados en las empresas, es decir, la mejora continua de la eficiencia general y la participación activa de los empleados.

Se consideran que existen tres componentes de TPM:

- 1) Enfatizar en la mejora continua de los equipos.
- 2) Compartir conjuntamente la responsabilidad del mantenimiento del equipo.
- 3) Enfatizar en grupos de trabajo autónomos en equipos

#### 4.5 Pilares Mantenimiento Productivo Total (TPM)



Fuente. Nikunjboraniya.com, Ilustración 16

Un conjunto de iniciativas estratégicas centradas en mantener y mejorar los sistemas de producción y calidad a través de las máquinas, equipos, procesos y empleados que agregan valor a una organización. TPM tiene ocho pilares destinados principalmente a mejorar de manera proactiva la confiabilidad de las máquinas. Las personas están en el centro de este sistema y deben recibir capacitación continua para identificar y eliminar el desperdicio. Los pilares son:

Primer Pilar – Mejoras Enfocadas o Kobetsu Kaizen

Es encontrar una oportunidad de mejora dentro de la planta, esta oportunidad debe reducir o eliminar un desperdicio, puede encontrarse con las herramientas estratégicas como son el mapa de cadena de valor, análisis de brechas y teoría de restricciones

### Segundo Pilar - Mantenimiento autónomo o Jishu Hozen

La actividad de mantenimiento autónomo es realizada por los operadores y crea una empatía con la máquina. El operador de la máquina es responsable de la limpieza diaria y las actividades de mantenimiento menores.

Las habilidades de los trabajadores aumentan a medida que comprenden el funcionamiento general de los equipos, logrando así el objetivo de habilidades múltiples de una organización eficiente. Las inversiones de capital se reducen porque la organización tiene equipos confiables. La vida útil de las máquinas aumenta a medida que se verifica el deterioro de la máquina mediante un monitoreo y mantenimiento constantes.

### Tercer Pilar – Mantenimiento Planificado

El mantenimiento planificado / mantenimiento preventivo ocurre antes de que la máquina se descomponga. Esto se planifica considerando varios factores como la tasa de falla de la máquina, la antigüedad de la máquina, etc. Las funciones de producción deben construir un inventario para permitir que se realice el mantenimiento planificado ya que tienen información previa de cuándo se programan las actividades.

### Cuarto Pilar – Mantenimiento De Calidad o Hinshitsu Hozen

El pilar de TPM mejora la calidad al garantizar que el equipo pueda detectar y evitar errores durante la producción. Al detectar errores durante la producción, los procesos se vuelven confiables para producir los componentes correctos por primera vez y esto reduce el costo de mala calidad (COPQ). Usando herramientas magras como la autonomía (Jidoka) y las luces Andon, las máquinas detectan e informan cualquier condición anormal, liberando así a los operadores del tedioso monitoreo.

### Quinto Pilar – Prevención del Mantenimiento

Es planificar e investigar sobre las nuevas máquinas que pueden ser utilizadas en nuestra organización, para ello debemos diseñar o rediseñar procesos, verificar los nuevos proyectos, realizar y evaluar los test de operaciones y finalmente ver la instalación y el arranque

#### Sexto pilar – Actividades de Departamentos Administrativos y de Apoyo

Deben reforzarse sus funciones mejorando su organización y cultura. Para ello debería aplicar mapa de cadena de valor transaccional para encontrar oportunidades y luego de ello poder lanzar los proyectos para mejorar los y errores.

#### Séptimo Pilar – Formación Y Adiestramiento

La formación debe ser polivalente, de acuerdo a lo que necesita la planta y la organización, muchos de los desperdicios se deben a que las personas no están bien adiestradas, por ello la planificación de la formación de las personas deben salir de las oportunidades encontradas en el desempeño de los empleados y operarios.

#### Octavo Pilar – Gestión de Seguridad y Entorno

Deberíamos tener estudios de operatividad combinados con estudios de prevención de accidentes. Todos los estudios de tiempos y movimientos deben tener su análisis de riesgos de seguridad.

La implementación de todos los pilares no obstante se llevarán a cabo en forma simultánea, sino que se seleccionará con cuales empezaremos, se deberá formar grupos multidisciplinarios para cada pilar, por lo que cada pilar deberá registrar niveles de TPM. Las evaluaciones podrán hacerse semanales, mensuales y anuales.

Debemos tener indicadores de gestión que muestren progresos concretos, debemos fomentar la motivación y con ello lograr los objetivos planeados en cada indicador.

El TPM no es una metodología para solucionar problemas básicos a corto plazo, no solo lo puede hacer solo el área de mantenimiento, necesita la participación de toda el área de operaciones. Por lo menos deberíamos haber llegado a implementar en forma total el Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF). Muchas organizaciones intentan implementarlo y fracasan porque no se han dado cuenta de que debemos empezar en determinado nivel, otras organizaciones intentan implementarlo solo en mantenimiento y es imposible hacerlo. Como toda la metodología aplicada siempre podrá tener sus caídas, por lo que el control y la motivación de parte de toda la alta dirección deben ser activos en cada Pilar del TPM.

## MTBF & MTTR

El MTTR y el MTBF son dos de los indicadores de rendimiento más importantes en mantenimiento, las siglas MTTR proceden de Mean Time to Repair o, en español, Tiempo Medio de Reparación. También es conocido como Tiempo Medio de Mantenimiento Correctivo, y representa el tiempo medio necesario para reparar una avería y hacer que un equipo vuelva a funcionar normalmente.

El MTTR es un indicador de facilidad de mantenimiento (mide la facilidad en que un equipo puede repararse). Un Tiempo Medio de Reparación elevado puede indicar que la sustitución de un determinado activo es más barato o preferible que la reparación. Por otro lado, un MTTR más bajo puede sugerir que «usar hasta averiar» no es una mala opción para ese equipo.

Por otro lado, un MTTR elevado puede indicar ineficacias. Tal vez se esté tardando demasiado tiempo en tomar medidas o es necesario almacenar más piezas fundamentales para el equipo en cuestión. Saber cómo reducir el MTTR es esencial para evitar o minimizar la inactividad y los perjuicios que esto puede causar a tu negocio.

Para calcular el MTTR, divide el tiempo total de mantenimiento correctivo durante un determinado periodo por el número de acciones de mantenimiento correctivo realizadas.

Para el cálculo del MTTR, el tiempo total de mantenimiento, es el tiempo total de mantenimiento correctivo, por ejemplo, el tiempo total utilizado para realizar un mantenimiento no planeado. El resultado suele presentarse en horas.

Tiempo Medio de Reparación vs. Tiempo Medio de Resolución debe destacarse que el Tiempo Total de Mantenimiento Correctivo (y, por tanto, el Tiempo Medio de Reparación) puede variar desde que se descubre la falla hasta el momento real en que el trabajo de reparación empieza. Esto incluye el tiempo de identificación, notificación, reconocimiento y diagnóstico de la falla. Pero, normalmente, los plazos de entrega de las piezas u otros tiempos de parada por motivos administrativos no están incluidos en el cálculo del MTTR.

Cuando incorporas estos pasos, el MTTR significa: Tiempo Medio de Resolución, Tiempo Medio de Recuperación o Tiempo Medio de Restauración.

Por ejemplo, si hablamos de un sistema digital, la falla podría ser reparada antes de que el servicio o el acceso a los datos sea totalmente restaurado a todos los usuarios. Para evitar confusiones y errores de comunicación, es importante incluir una definición explícita del MTTR en los contratos de mantenimiento, El MTTR no es solo un indicador de capacidad de mantenimiento, también se utiliza el MTTR y el Tiempo Medio entre Fallas, o MTBF, para calcular la disponibilidad.

¿Cómo reducir el MTTR?

Para reducir el MTTR se necesita evaluar e intentar reducir los dos factores que componen la fórmula. Aunque matemáticamente la simple reducción del número de reparaciones no conlleva la reducción directa del MTTR (si el numerador se mantiene inalterado), en realidad, cualquier acción que signifique una disminución del número de reparaciones conducirá también a una disminución del tiempo gastado en mantenimiento correctivo.

Reducir el tiempo total de mantenimiento correctivo

El tiempo total de mantenimiento empieza en el momento que se detecta una falla y solo termina cuando la orden de trabajo se cierra.

Primer paso: reaccionar frente a las fallas con más rapidez

Empieza por el principio. ¿Cuánto tiempo se tarda en notificar al equipo de mantenimiento? Y, después, ¿cuánto tiempo en que cada tarea llegue a manos del técnico adecuado?

Si es aquí donde se está fallando, simplifica el proceso. Los equipos de mantenimiento no pueden estar en todos los lugares al mismo tiempo, por eso facilita a los clientes la comunicación de fallas se atribuye la tarea a un técnico.

Segundo paso: organizar las reparaciones

Al menos que sea tu día de suerte, probablemente estás lidiando con varias reparaciones al mismo tiempo. Es importante organizar las reparaciones de acuerdo con la respectiva prioridad. Si no tienes un protocolo para atribuir prioridades, hazlo cuanto antes.

Si ya tienes un diagnóstico, no lo envíes a los técnicos sin antes comprobar que en el stock están todas las herramientas y materiales necesarios. Parece obvio, pero «vísteme despacio, que tengo prisa», seguro que quieres evitar tener que volver tus pasos atrás antes de avanzar. Lee nuestro artículo sobre cómo hacer una orden de trabajo perfecta para certificar que los técnicos tienen exactamente lo que necesitan para empezar.

Obtener un diagnóstico correcto:

Compara lo que la información que el cliente proporcionó en averías y órdenes de trabajo anteriores. Capacita al personal para hacer verificaciones rápidas o realizar asistencia remota para la resolución de problemas. Si tienes herramientas o sensores de monitoreo de la condición, podrás hacer un diagnóstico remoto completo.

Tercer paso: reparar o sustituir

Un tiempo de reparación excesivamente elevado puede ser una señal de aviso de que ciertos equipos deben sustituirse. Si combinas el coste de reparación y la pérdida de productividad que conlleva el tiempo de inactividad, ¿no será más barata la sustitución de ese equipo?

Cómo reducir el mantenimiento correctivo

Apagar varios fuegos al mismo tiempo nunca ha ayudado a nadie. Por tanto, debes buscar disminuir el número de reparaciones simultáneas. La reducción del MTTR conlleva tres factores principales: acelerar la elaboración de informes, centralizar y organizar la información e invertir en el mantenimiento del equipo.

Una vez más, el secreto puede estar dentro de tu equipo. Si un operador nota que un equipo tiene un rendimiento por debajo de lo esperado, debe llamar inmediatamente a un técnico de mantenimiento. La intervención rápida puede impedir una parada completa. En caso de emergencia, el gestor de operaciones técnicas debe estar disponible para dar una respuesta rápida y para revisar el protocolo con el personal.

El Tiempo Medio Entre Averías (MTBF, del inglés, Mean Time Between Failures), representa el promedio del tiempo que transcurre entre dos averías en un mismo equipo. Cuanto más elevado sea el MTBF, más fiable es el funcionamiento de la máquina en cuestión – o, por otras palabras, menor su downtime o tiempo de inactividad.

Cómo calcular el MTBF

El cálculo del MTBF se hace con base en la diferencia entre el tiempo total disponible y el tiempo perdido, dividiendo por el número de paradas. La fórmula se representa con la siguiente expresión:

En la que el tiempo disponible es el total de horas en las que la máquina podría haber estado operando, el tiempo de inactividad es el número de horas en las que estuvo parada y el número de paradas corresponde al número de averías.

¿Cómo se relaciona el MTBF con el MTTR?

Mientras que el MTBF mide la fiabilidad, el MTTR es un fuerte indicador de la eficacia de la reparación. O sea, juntos, nos permiten obtener una previsión de cuánto tiempo está indisponible un determinado sistema. El análisis del MTBF y del MTTR en conjunto permite también hacer previsiones sobre la producción que, obviamente, se reduce o para completamente durante las averías. Podemos también hacer previsiones acerca de los costes de mantenimiento y de las reparaciones a lo largo del año.

Con base en todos estos indicadores, el gestor de operaciones técnicas puede entender cuáles son los equipos menos fiables – es decir, que necesitan más mantenimiento o incluso sustitución. El objetivo debe ser implementar políticas de mantenimiento preventivas y, por consiguiente, reducir el número de averías. Un MTBF más elevado dará más credibilidad y confianza a su empresa, tanto a nivel interno como con sus clientes.

En cuanto al MTTR, el objetivo debe ser reducirlo. Reducir el MTTR pasa, por un lado, por el mantenimiento preventivo, para que el número de averías sea menor; por otro lado, hace falta, también, reducir el tiempo de reparación. Aquí, se trata de actuar rápidamente y preparar a su equipo – cuanto más rápido respondan a una avería, más rápido todo se solucionará.

Con un MTBF elevado y un MTTR bajo, tu sistema estará trabajando en su máxima capacidad. En ese caso, sigue con las buenas prácticas y no deje de invertir en mantenimiento preventivo.

#### 4.6 OEE – Eficiencia o Eficacia General del Equipo

OEE es un indicador de rendimiento que permite medir la eficiencia general del equipo. Con él, es posible saber cuál es la eficiencia productiva de una empresa, departamento o máquina.

El cálculo del OEE y la clasificación de las pérdidas). OEE puede considerarse un indicador tridimensional porque considera tres indicadores en su cálculo.

- Tiempo útil de operación;
- La eficiencia de la operación, es decir, la capacidad de producir a una velocidad nominal;
- Calidad del producto.

OEE es un valor porcentual obtenido por la siguiente ecuación

$$OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad$$

Dónde:

$$Disponibilidad = \frac{\text{Tiempo disponible para producir}}{\text{Tiempo total}}$$

$$Rendimiento = \frac{\text{Tiempo teórico para producir} - \text{Cantidad real}}{\text{Tiempo disponible para producir}}$$

$$Calidad = \frac{\text{Cantidad producida} - \text{Cantidad dañada}}{\text{Cantidad producida}}$$

El valor de la OEE permite clasificar el equipo analizado, con respecto a las mejores de su clase y que ya han alcanzado el nivel de excelencia.

OEE < 65% Inaceptable. Se producen importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad.

65% < OEE < 75% Regular. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas. Baja competitividad.

75% < OEE < 85% Aceptable. Continuar la mejora para superar el 85 % y avanzar hacia la World Class. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.

85% < OEE < 95% Buena. Entra en Valores World Class. Buena competitividad.

OEE > 95% Excelencia. Valores World Class. Excelente competitividad.

El OEE es la mejor métrica disponible para optimizar los procesos de fabricación y está relacionada directamente con los costes de operación. La métrica OEE informa sobre las pérdidas y cuellos de botella del proceso y enlaza la toma de decisiones financiera y el rendimiento de las operaciones de planta, ya que permite justificar cualquier decisión sobre nuevas inversiones. Además, las previsiones anuales de mejora del índice OEE permiten estimar las necesidades de personal, materiales, equipos, servicios, etc. De la planificación anual. Finalmente, el OEE es la métrica para complementar los requerimientos de calidad y de mejora continua exigidos.

#### Las seis grandes pérdidas

Utilizando observaciones directas y entrevistas, se recopilaban datos relacionados con las seis pérdidas principales en TPM y se utilizaron en el cálculo OEE. Las Seis Grandes Pérdidas según el concepto de TPM se identificaron y agruparon con su factor OEE y la categoría de Pérdida OEE.

#### Fallas en el equipo

Las fallas del equipo representan cualquier período de tiempo significativo en el que el equipo está programado para la producción, pero no está funcionando debido a algún tipo de falla. Una forma más generalizada de pensar en la falla del equipo es como cualquier parada no planificada o tiempo de inactividad. La falla del equipo es una pérdida de disponibilidad.

Ejemplos de razones comunes para la falla del equipo incluyen falla de herramientas, fallas y mantenimiento no planificado.

Desde la perspectiva más amplia de las paradas no planificadas, otras razones comunes incluyen la ausencia de operadores o materiales, la falta de personal por el equipo de aguas arriba o el bloqueo de los equipos de aguas abajo, Hay flexibilidad sobre dónde establecer el umbral entre la falla del equipo (una pérdida de disponibilidad) y una parada menor (una pérdida de rendimiento). Una buena regla general es establecer ese umbral en función de su política por motivos de seguimiento.

Por ejemplo, su política podría ser que cualquier tiempo de inactividad de más de dos minutos debería tener una razón asociada, y por lo tanto se considera una falla del equipo.

### Defectos del proceso

Los defectos del proceso representan las piezas defectuosas producidas durante la producción estable (en estado estable). Esto incluye partes desechadas, así como partes que se pueden reelaborar, ya que OEE mide la calidad desde la perspectiva del primer paso. Los defectos del proceso son una pérdida de calidad. Ejemplos de razones comunes para defectos de proceso incluyen configuraciones incorrectas del equipo, errores de manejo del operador o del equipo y vencimiento del lote (por ejemplo, en plantas farmacéuticas).

### Rendimiento reducido

El rendimiento reducido representa las piezas defectuosas producidas desde el inicio hasta que se alcanza la producción estable (en estado estable). Esto incluye partes desechadas, así como partes que se pueden reelaborar, ya que OEE mide la calidad desde la perspectiva del primer paso.

El rendimiento reducido puede ocurrir después del inicio de cualquier equipo, sin embargo, se rastrea más comúnmente después de los cambios. El rendimiento reducido es una pérdida de calidad. Los ejemplos de razones comunes para un rendimiento reducido incluyen cambios subóptimos, configuraciones incorrectas cuando se ejecuta una pieza nueva, equipos que necesitan ciclos de calentamiento o equipos que generan desperdicios inherentemente después del inicio (por ejemplo, una prensa web)

## Sistemas de fabricación

Se utilizan muchos términos diferentes para describir los sistemas de fabricación al identificar una industria de fabricación específica. Con el fin de hacer una comprensión clara, se aborda la implementación para definir todos los conceptos relacionados con los entornos de fabricación para las industrias. Todas las industrias manufactureras pueden clasificarse por su sistema de fabricación.

No obstante, cuando se habla de este término, se pueden encontrar dos definiciones diferentes en el marco en el que se desarrolla la estrategia de fabricación e implementado. Los elementos del sistema de fabricación incluyen fuerzas ambientales externas; estrategia corporativa, estrategia de la unidad de negocio; otras estrategias funcionales (marketing, ingeniería, finanzas, etc.); selección de producto; diseño de producto / proceso; tecnología de producto / proceso; y competencias de gestión.

Para desarrollar una comprensión clara de los entornos de fabricación y caracterizar el sistema de control y planificación de la producción (PPC) para industrias, es imprescindible una comprensión profunda del entorno en términos de interacción con el cliente, productos y procesos de transformación. El sistema de control y planificación de la producción existe en relación con una realidad, y debe haber compatibilidad entre la realidad y el sistema de PPC. La realidad se puede resumir como un cliente que exige un producto que se produce mediante un proceso, donde existe un sistema de PPC para la planificación y el control de la dinámica de estas entidades a medida que interactúan. Se indica que estos tres aspectos no son totalmente dependientes entre sí, sino que están relacionados. Se pueden utilizar para definir de diferentes maneras el entorno de las industrias manufactureras. Las características de estas tres entidades en una compañía tienen una gran influencia en el tipo de conductor que inicia el flujo de los materiales y la posición del punto de desacoplamiento de la orden del cliente (CODP) en el proceso de producción. Los conceptos de producto, proceso y cliente subrayan la hibridez inherente a los procesos de producción. Estas tres entidades se han vinculado para los sistemas de fabricación en la matriz tradicional de procesos y productos desarrollada por Hayes y Estos académicos indicaron que cuanto más flexible es el proceso, menor volumen de productos se puede producir, y es posible una mayor personalización de los productos.

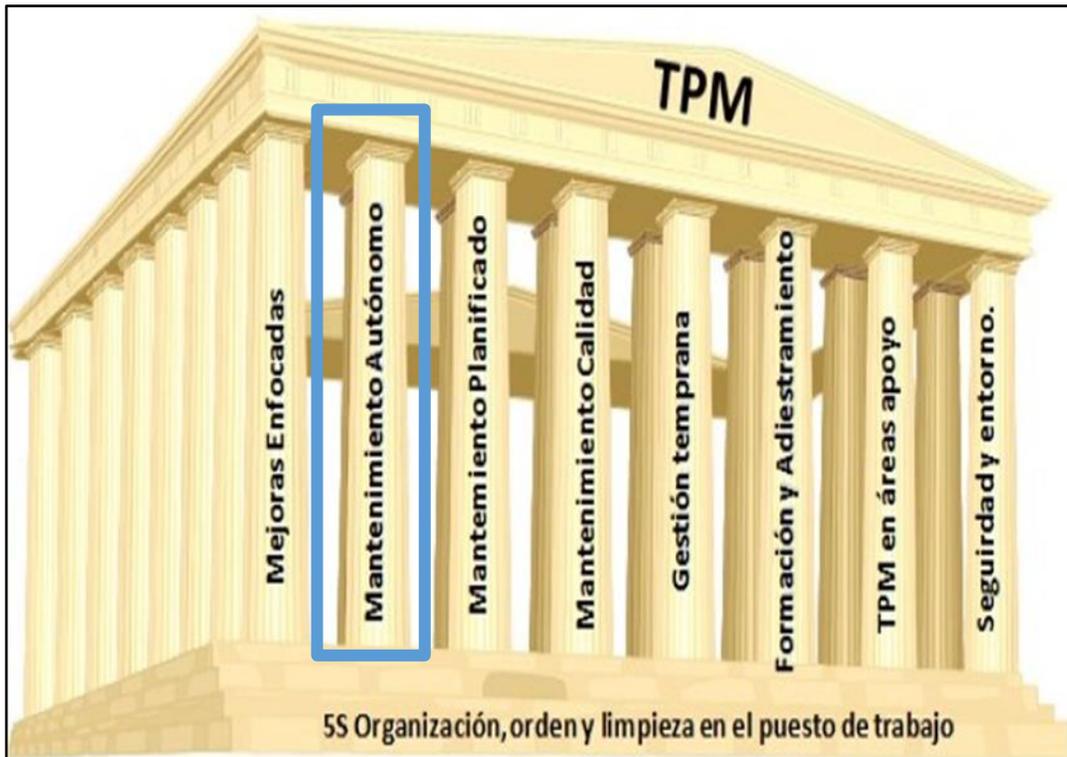
## Buenas Prácticas de Manufactura

En el sistema de fabricación, el sistema de transformación de procesos utilizado es un punto clave para definir las industrias de fabricación. El diccionario de APIC describe el proceso de fabricación como “La serie de operaciones realizadas sobre el material para convertirlo de la materia prima o un estado semiacabado a un estado de finalización adicional” o “Las actividades involucradas en la conversión de insumos en productos terminados”. Por un lado, los procesos de fabricación se pueden organizar en diferentes diseños; diseño del proceso, diseño del producto, diseño celular o diseño de posición fija. El diseño de producción está estrechamente relacionado con la estrategia de producción utilizada por cada industria. Por otro lado, los procesos de fabricación se pueden planificar para admitir diferentes pedidos de clientes: fabricación contra stock, fabricación por pedido, ensamblaje por pedido, etc., según el uso estratégico y la colocación de inventarios. Los pedidos de los clientes están relacionados con las estrategias de interacción con el mercado. Para hacer una clasificación de los procesos de fabricación, se identifican dos sistemas: la fabricación por procesos y la fabricación discreta.

Mientras se discuten las características diferenciales del proceso y la producción discreta, el factor influyente es la continuidad del objeto, que afecta la elección de los procesos y recursos de producción. Se pueden caracterizar diferentes tipos de productos: Productos discretos: Discreto significa distintos materiales sólidos que no cambian fácilmente y que mantienen su forma y forma sólidas con o sin contenedorización. Productos continuos o no discretos Los materiales no discretos son líquidos, pulpas, lodos, gases y polvos que se evaporan, expanda, contraiga, sedimento, absorba la humedad o seque. Estos materiales cambian constantemente y no pueden mantenerse sin contenedorización

CAPÍTULO V: DISEÑO DE SOLUCIÓN

## 5.1 Pilar 2 TPM, Mantenimiento Autónomo



Fuente. Nikunjboraniya.com, Ilustración 17

Permite a los operarios realizar directamente por si mismo trabajos sencillos de mantenimiento para prevenir averías y actuar con mayor rapidez si se ha detectado una falla, además:

- Reduce las pérdidas de rendimiento
- Mejora eficiencia del equipo (OEE)
- Otorga a los operadores una mayor propiedad de sus equipos.
- Identifica los problemas emergentes antes que se conviertan en fallas críticas para la producción.
- Mejora el compromiso, la confianza y fomenta el trabajo en equipo

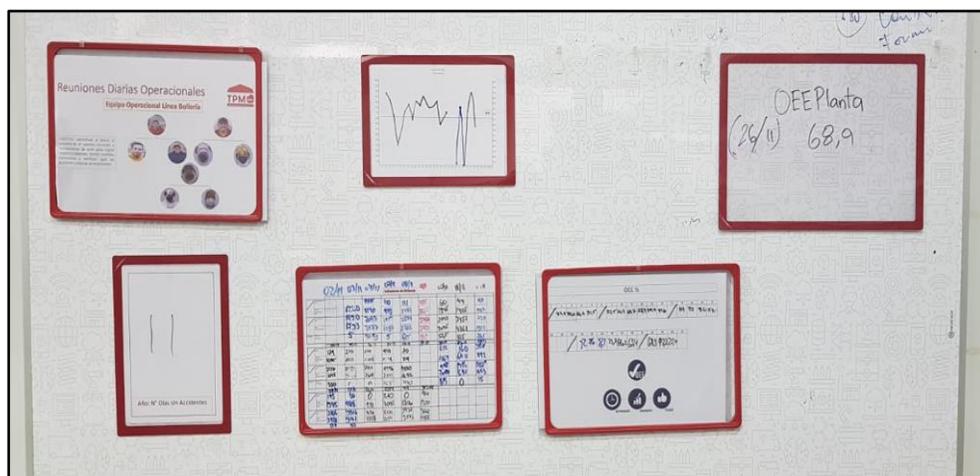
## Siete pasos para la implementación Efectiva

1. Aumentar el conocimiento del operador
2. Limpieza e inspección inicial
3. Establecer las causas de contaminación
4. Eliminar las causas de contaminación
5. Realizar inspección y seguimiento
6. Estandarizar la gestión del mantenimiento
7. Establecer la mejora continua

## Tableros indicadores, rutas de inspección y tareas de Operadores



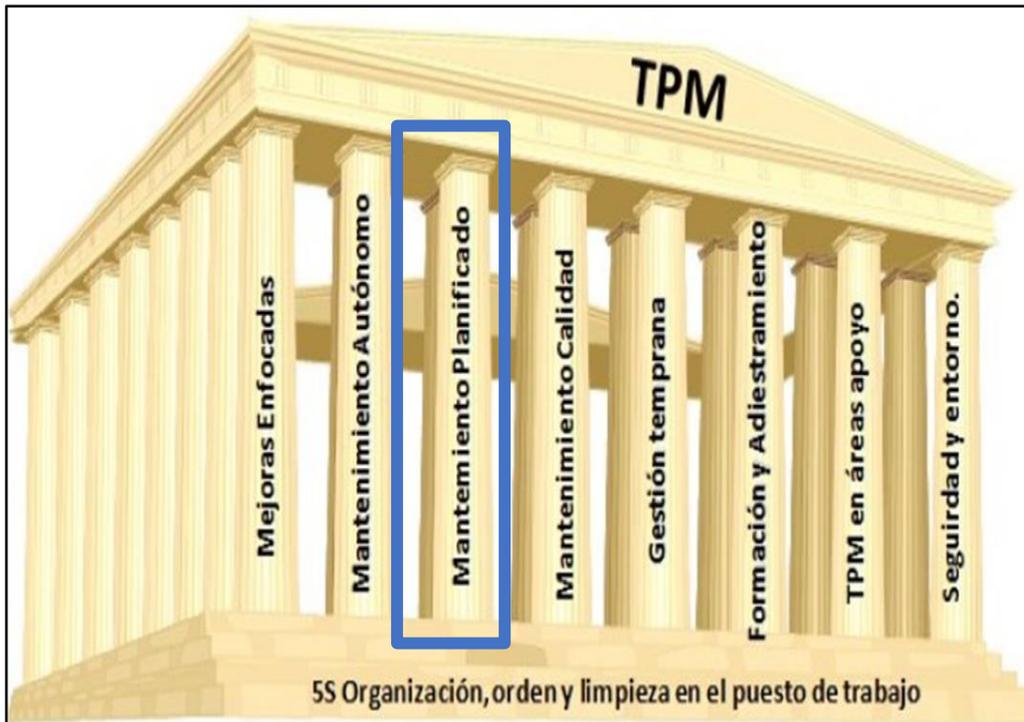
Fuente. Libro Japan Plant Maintenance institute, Figura 18



Fuente. Libro Japan Plant Maintenance institute, Figura 19



## 5.2 Pilar 3 Mantenimiento Planificado



Fuente. Nikunjboraniya.com Figura 20

El propósito del pilar es mejorar la efectividad de los equipos y producir 0 productos defectuosos ya que podemos planificar nuestro cronograma de mantenimiento con la ayuda de índices de falla medidos previamente

- Aumenta del tiempo Productivo
- Reducción de averías con mínimo de defectos
- Reducción de costos del mantenimiento
- Reducción el tiempo de detenciones no planificadas
- Mejora de eficiencia del equipo

Se identifican los componentes para conocer sus características y criticidad, luego generar un programa cronológico de mantenimiento preventivo, cada acción será incorporada en informes finales de acuerdo al cumplimiento de los trabajos, para tener un registro de historial de falla, comprender su comportamiento y pronosticar sus tiempos de falla, además se puede complementar con un software de mantenimiento que almacene la información recopilada.

Tabla Levantamiento de Componentes

Levantamiento de Componentes Torno Debobinador					
Componentes	Codigos	categoria	N° Serie	Ubicación	Prioridad
Bombas de Hidraulicas,	BBH	Hidraulica	101	Ch001V	Alta
Sistema de lubricacion	SSLUB	Hidraulica	102	Ch001V	Alta
Conjunto de rodamientos	CROD	Mecanica	103	Ch001V	Alta
UH Hp1y UH Hp2	UH	Hidraulica	104	Ch001V	Alta
Sistema Electrico	SSELE	Electrica	105	Ch001V	Alta
Cilindros hidraulicosCentradores	CHCN	Hidraulica	106	Ch001V	Alta
Husillo izq	HSIZ	Mecanica	107	Ch001V	Alta
Husillo der	HSDR	Mecanica	108	Ch001V	Alta
Cilindro hidraulico verticales	CHV	Hidraulica	109	Ch001V	Alta
Sistema de neumatico	SSNEU	Neumatica	110	Ch001V	Alta
Fijaciones Claps	FCP	Mecanica	111	Ch001V	Alta
Carro desplazamiento	CDESPL	Mecanica	112	Ch001V	Alta
Motores electricos	MELEC	Electrica	113	Ch001V	Alta
Soplador	SPD	Mecanica	114	Ch001V	Alta
Sensores de avance	SAVA	Electrica	115	Ch001V	Alta
Sensores optimizacion	SOPT	Electrica	116	Ch001V	Alta
Control operación	COP	Control	117	Ch001V	Alta
Tiple	TP	Mecanica	118	Ch001V	Alta
Cilindros hidraulicos horizontales	CHH	Hidraulica	119	Ch001V	Alta

Fuente Elaboración Propia- Libro Japan Plant Maintenance Institute Figura 21

#### Aspectos para considerar del mantenimiento planificado



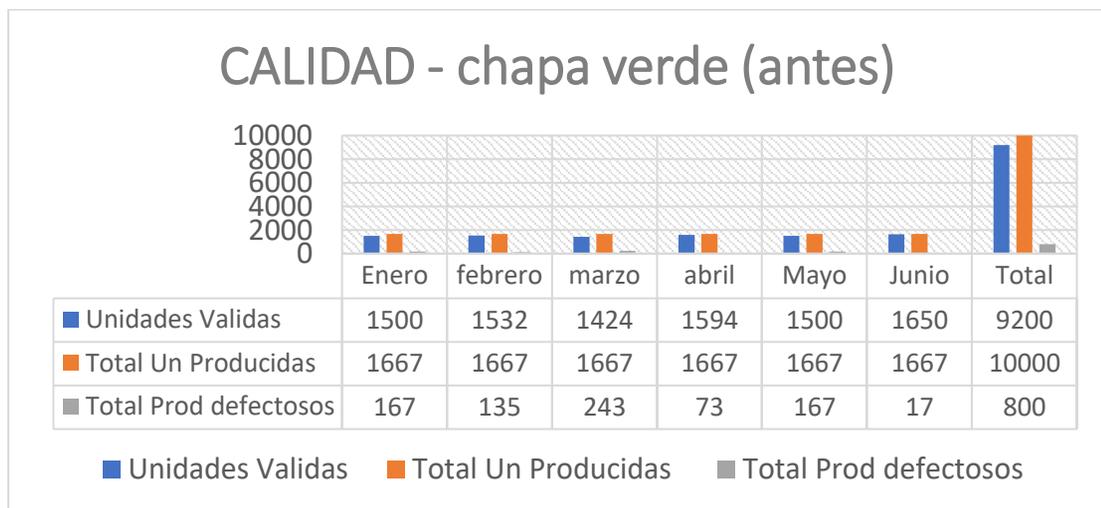
Fuente Libro Japan Plant Maintenance Institute Figura 22



### 5.3 Resultados de indicadores con mejoras M.A & M.P

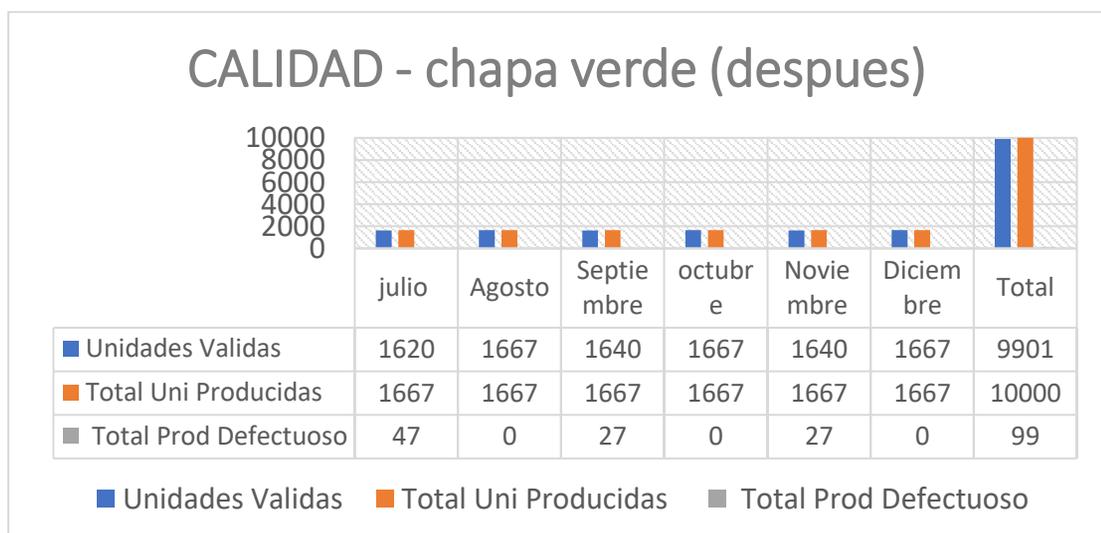
#### CALIDAD

Calidad aumenta un 7 % de acuerdo con la implementación, se realiza rutas de inspecciones antes de iniciar la producción en componentes del torno como, filo cuchillo en caso de picaduras fisuras que afecten el pelado del trozo, carro porta cuchillo, rodillo de respaldo, rodillo estriado, husillos y otros componentes que funcionan en serie con el equipo, estos para obtener producto sin defectos y aceptable a las normas de calidad establecidas.



Fuente, Elaboración propia- lean Manufacturing Tabla 1

#### Calidad, después de la implementación TPM



Fuente, Elaboración propia. lean Manufacturing Tabla 2

Indicadores		Tiempos de Operación	
DISPONIBILIDAD	A	Tiempo Disponible	Averías
	B	Tiempo Operativo	
RENDIMIENTO	C	Productividad Planificada	Veloc.Reducida
	D	Productividad Real	
CALIDAD	E	Piezas Planificadas	Reproceso
	F	Piezas Aceptables	

Antes		
CALIDAD	F / E *100	92%
Despues		
CALIDAD	F / E*100	99%
CALIDAD, aumenta un 7% con la implementación TPM		

Fuente Elaboración Propia- LeanManufacturing, Tabla 3

## DISPONIBILIDAD

La Disponibilidad operacional aumenta un 13 % mediante la implementación, lo cual el equipo mantiene una disponibilidad del 99,8 durante las 3830 horas de producción, además se obtienen otros importantes indicadores que nos sirven de información para la tomar futuras decisiones.



Fuente Elaboración Propia- LeanManufacturing, Tabla 4

Calculo Disponibilidad

Antes		
DISPONIBILIDAD	B / A	86%
Despues		
DISPONIBILIDAD	B / A	99%
DISPONIBILIDAD, aumenta un 13% con la implementación TPM		

Fuente Elaboración Propia- LeanManufacturing Tabla 5

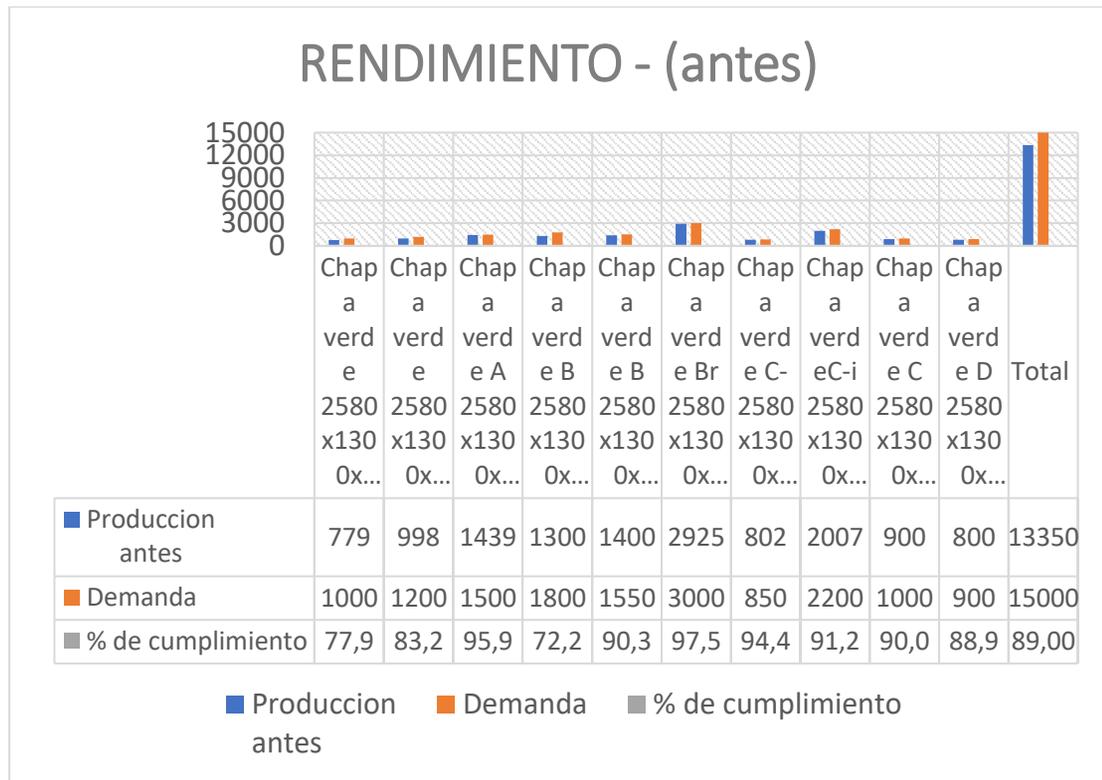
Después de la implementación podemos observar los nuevos indicadores mejorado.

DESPUES	DISPONIBILIDAD	
Datos		
180 dias		
3 turnos		
24 hrs	4320	Horas Dispon T
<b>T Operación</b>	<b>3830</b>	<b>horas</b>
Horas stan By Ajuste Oper cambio de formatos	490 horas	
6 detenciones para Mtto Program	120 horas	
3 detenciones por Mtto No	50 horas	
MTBF	1277 horas	
MTTR	17 horas	
MTBM	426 horas	
MTM	8 horas	
<b>Disponibilidad Final</b>	<b>99,8%</b>	
DISP. $MTBF / (MTBF * MTTR)$		

Fuente elaboración Propia- LeanManufacturing Tabla 6

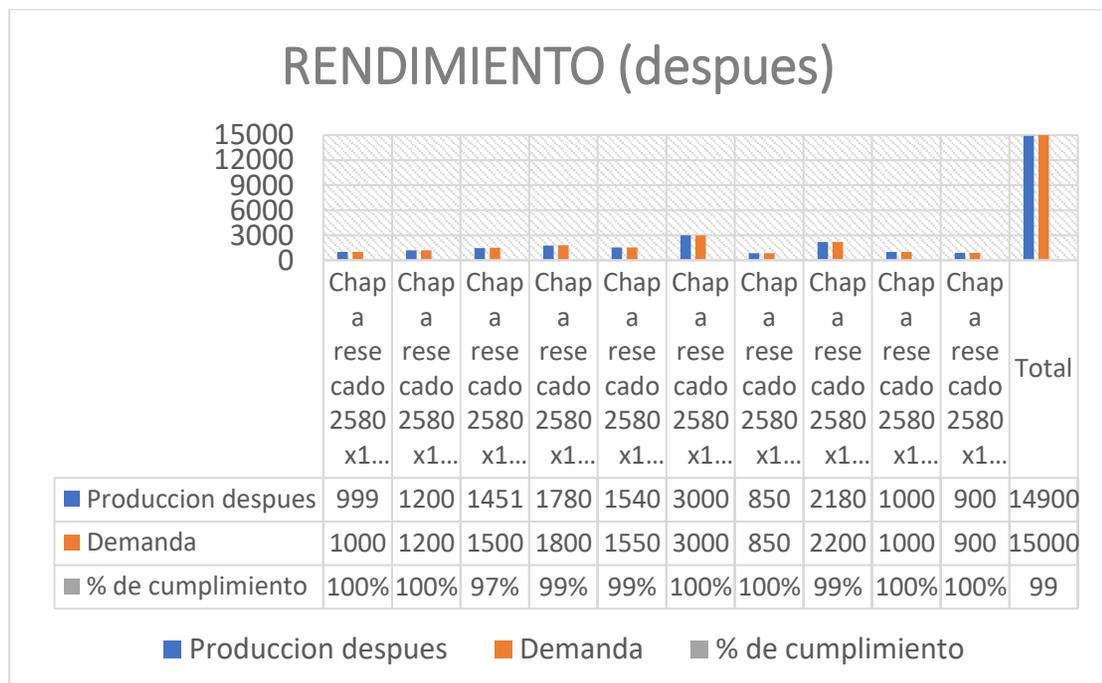
## RENDIMIENTO

Rendimiento aumenta 10 %, la velocidad del equipo para producir chapa verde evitando perder continuidad del proceso.



Fuente Elaboración Propia. Lean Manufacturing Tabla 7

Luego de la Implementación se Observa:



Fuente, Elaboración Propia- lean Manufacturing Tabla 8

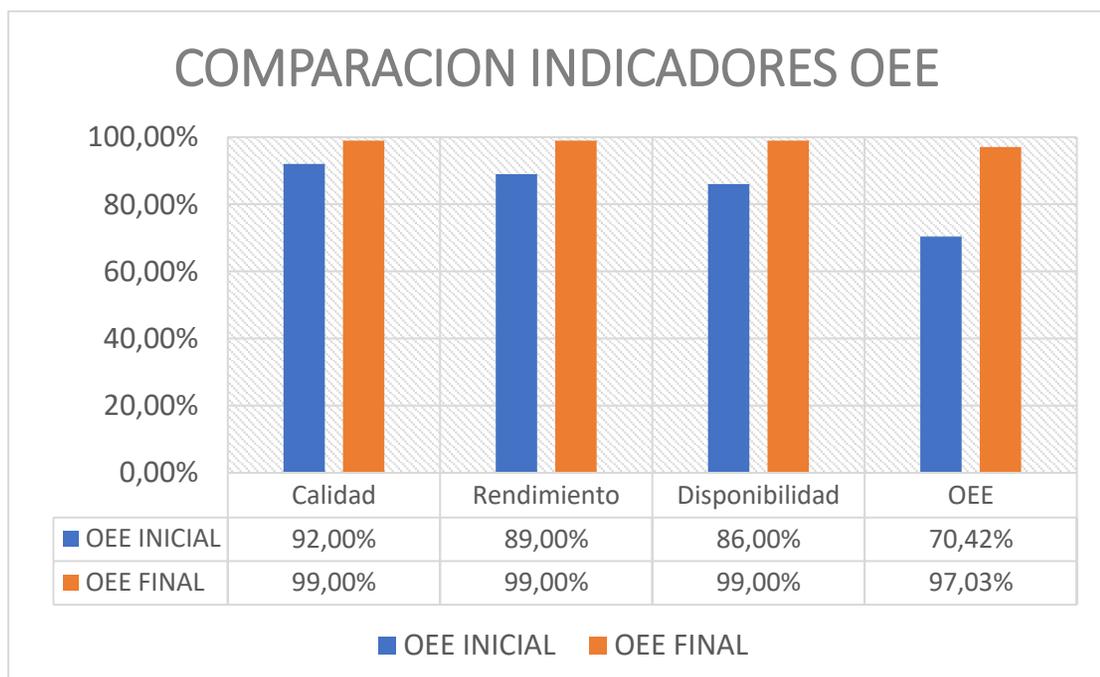
Indicadores		Tiempos de Operación	
DISPONIBILIDAD	A	Tiempo Disponible	Averias
	B	Tiempo Operativo	
RENDIMIENTO	C	Productividad Planificada	Veloc.Reducida
	D	Productividad Real	
CALIDAD	E	Piezas Planificadas	Reproceso
	F	Piezas Aceptables	

Antes		
RENDIMIENTO	D / C*100	89%
Despues		
RENDIMIENTO	D / C*100	99%
RENDIMIENTO, aumenta un 10% con la implementación TPM		

Fuente Elaboración Propia- LeanManufacturing, Tabla 9

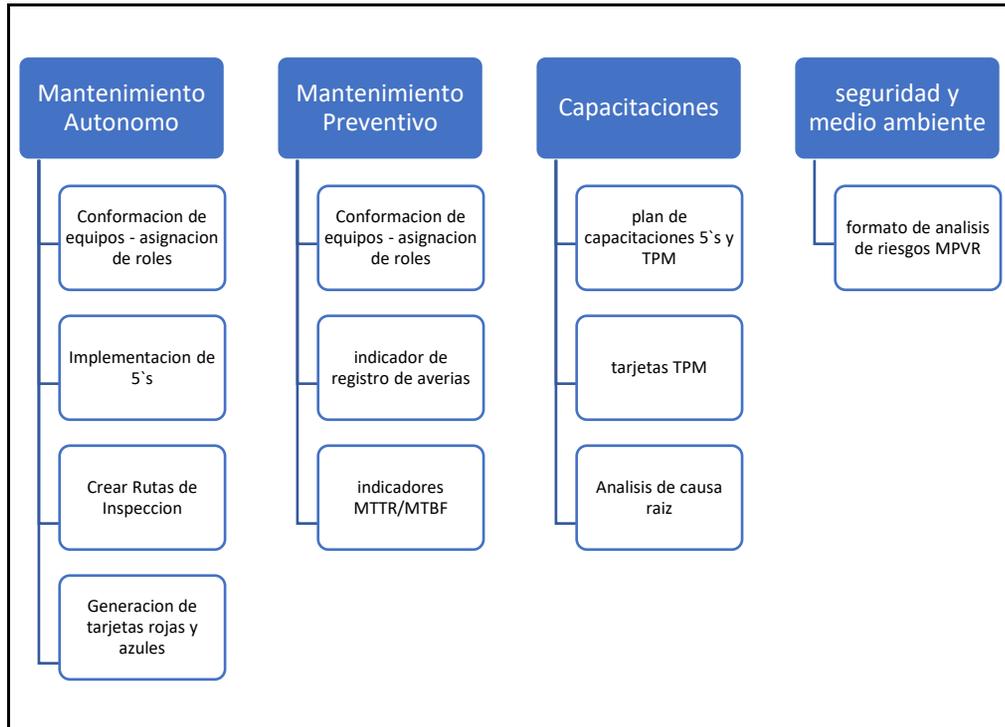
### OEE Mejorado

De acuerdo a los nuevos indicadores obtenido durante la implementación TPM pilar 2y 3, se logra aumentar un 27 % de eficiencia del equipo respecto al OEE anterior, esto en cuanto a la velocidad de producción es decir de 100 productos, el equipo, está produciendo un 97 % de productos aceptable, y tan solo un 3 % de perdida obteniendo buenos resultados económico y una excelente competitividad de clase mundial.



Fuente Elaboracion Propia- LeanManufacturing, Tabla 10

Estructuración estratégica:



Fuente Elaboración Propia Figura 23

### Grupos de trabajo y asignación de roles área piloto

Las actividades delegadas a personas como se muestra en la tabla a continuación y monitoreadas semanalmente por los gerentes; estos seguimientos se realizan de manera informal a través de comentarios verbales, y los asuntos pendientes se registran para que el presidente de la junta los publique en la cartelera de TPM. Los supervisores regionales y puntos de contacto de Torno utilizan mecanismos de presión y seguimiento de asuntos pendientes a través de memorandos personales

## Supervisión y Auditoria control de implementación

ROL EN EL PROYECTO	CARGO EN LA EMPRESA
Vigilar el cumplimiento de todas las actividades propuestas	Sub-Gerencia de mantenimiento (1)
Capacitar, entrenar y monitorear todas las actividades	Planificador mantenimiento (1)
Dirigir, vigilar, designar responsabilidades de las actividades	Supervisor de mecánico (1)
Dirigir, vigilar, designar responsabilidades de las actividades eléctricas y electrónicas	Supervisor eléctrico (1)
Apoyo en el proceso de implementación	Planificador Operaciones (1)
Ejecutar y hacer seguimiento de los pasos realizados en el área de producción	Operario y ayudantes (3)
Ejecutar y hacer seguimiento de los pasos realizados en el área de mecánica	Mecánico (2)

Fuente Elaboración Propia- LeanManufacturing, Tabla 11

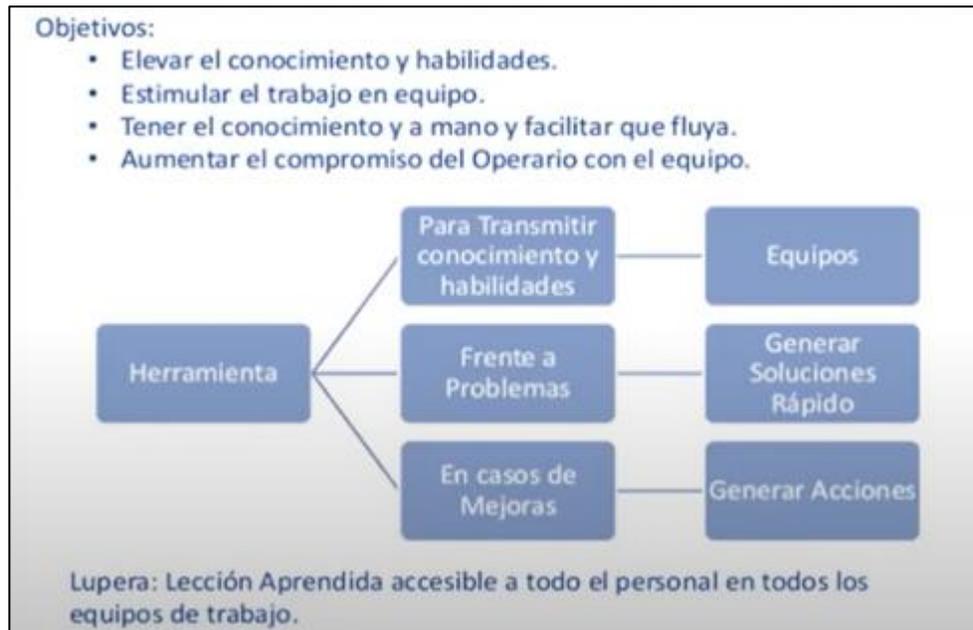
### Formación y Entrenamiento

La capacitación del personal es responsabilidad del patrocinador del proyecto. La primera sesión de capacitación es completamente teórica y se basa en las herramientas que se utilizarán durante la implementación de TPM en general y el programa TPM. Después de dirigirse al grupo de trabajo, comenzaran las formación teórica - práctica. El método de formación teórica-práctica en el área de prueba consiste en una introducción al tema, seguida de una indicación de cómo se llevará a cabo cada operación.

Criterios de éxito: para medir el éxito de los pasos implementados se tendrán en cuenta:

- Rendimiento y calidad de la ejecución de las actividades propuestas en cada reunión.
- Nivel de aceptación y entendimiento de las capacitaciones realizadas durante la implementación del proyecto.

## Entrenamiento



Fuente LeanManufacturing, Figura 24

Mejoras en los indicadores de gestión del área de torno debobinador.

Metas del plan: las metas del plan de implementación del proyecto en la empresa son:

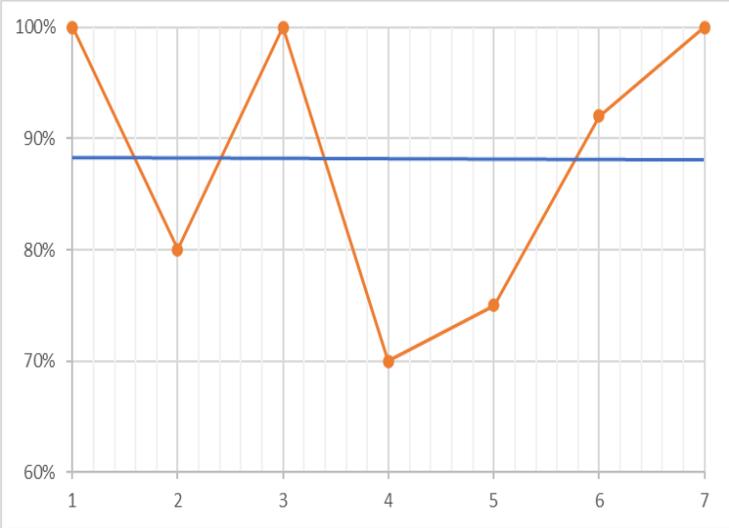
Disminuir la cantidad de desperdicio de residuos de madera en la zona: actualmente en la zona de Torno, se considera desperdicio a la primera capa que es de la fase de cilindrado, donde la primera capa es rebanada pero pasa a ser residuos o basura ya que no se puede usar para la obtención de la Chapa y es almacenada en la parte de debajo de la banda transportadora. Se puede observar que el desorden el desperdicio acumulado ha disminuido considerablemente desde que comenzó el proyecto debido al trabajo de los mecánicos y de los operarios en pro de aumentar la calidad de la zona.

Incrementar la calidad del producto: durante la ejecución del proyecto se tomaron los datos de los defectos en la zona para medir la calidad.

Para evaluar el éxito de la transferencia de conocimientos a lo largo del proceso de desarrollo del proyecto, realizamos una serie de exámenes que cubrieron los conceptos centrales del proyecto, La evaluación se centrará en dos temas principales, a saber, las herramientas TPM, y formatos de puntos LUPS, autocuidado y mejora específica.

Los resultados del análisis se muestran a continuación:

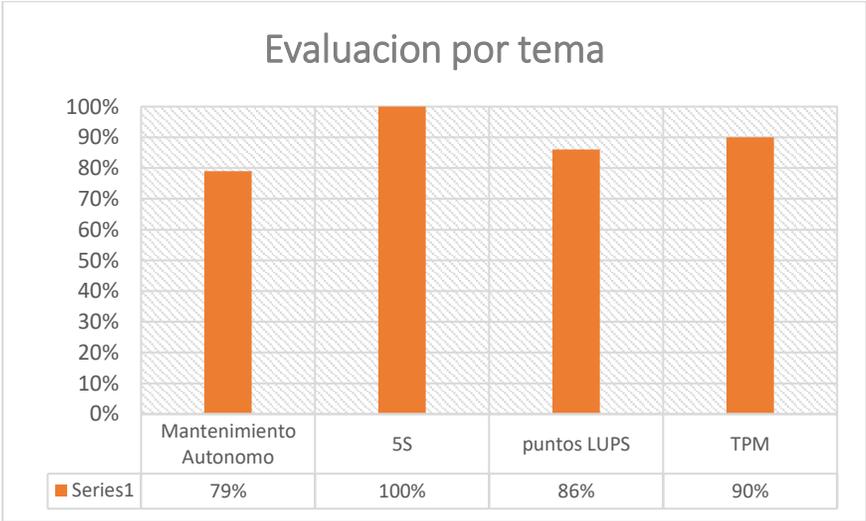
Capacitaciones



Fuente, Elaboración Propia- LeanManufacturing

Grafico 1

Como se puede observar en el gráfico anterior, el nivel de absorción del conocimiento transferido durante el proyecto es alto. En promedio, todo el equipo obtuvo un 88 %; esto nos permite decir que el entrenamiento es muy efectivo.



Fuente, Elaboración Propia- LeanManufacturing Tabla 12

## Seguridad y Medio Ambiente.

Con la ayuda del departamento de riesgos laborales de la empresa, se puede recopilar toda la información relacionada con el ámbito de la seguridad laboral. Obtenga guías de seguridad para operadores, mecánicos y electricistas de la zona.

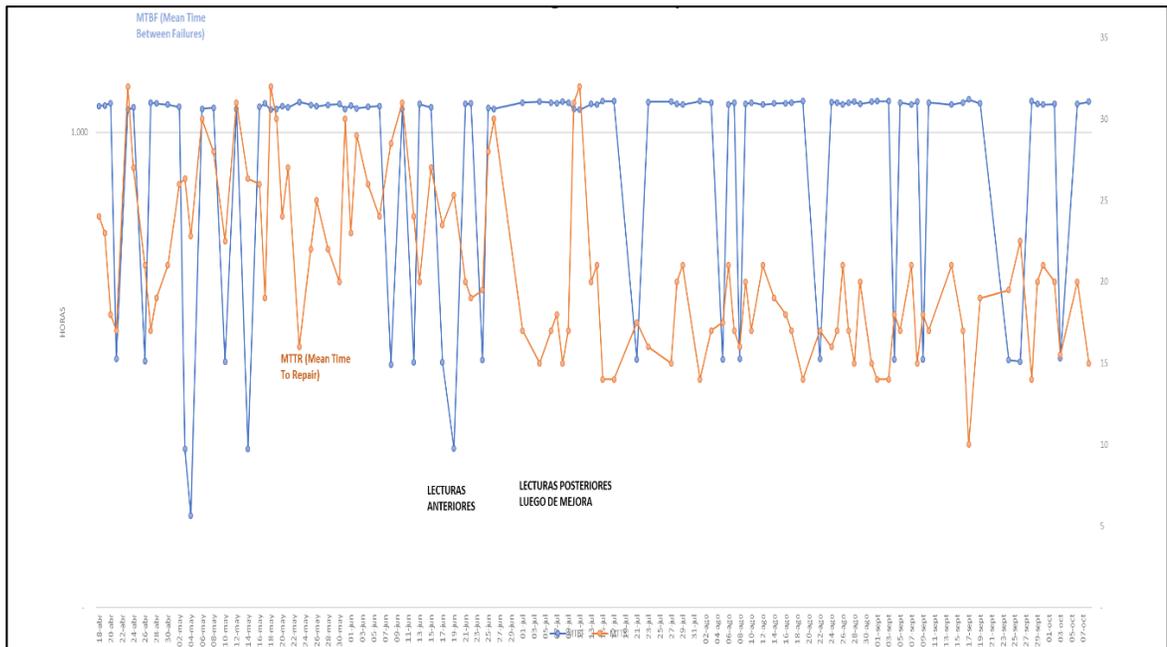
Toda esta información es parte del TPM y su implementación, porque la seguridad es una parte muy importante del trabajo en herramientas y empresas. Actualmente, las medidas de seguridad son rudimentarias. Esta métrica solo mide el tiempo de un evento al siguiente o la cantidad de días en que la instalación no tiene eventos. Durante los meses de ejecución del proyecto, el área de inspección no ha recibido reportes de incidencias. Reconociendo que la seguridad es un factor muy importante para la empresa, se han mejorado las actividades de altura en el área del debobinador.

A iniciativa del equipo de debobinador, se habilitó una instalación para dotar estos puestos de trabajo, por lo que se ha avanzado significativamente en las pruebas de los elementos de seguridad de la zona. En el pasado, las paletas se usaban en montacargas para llevar a las personas a donde debían realizar el trabajo, hoy en día, las jaulas fabricadas por los miembros del equipo piloto están adaptadas para trabajos en altura

También se observa la mejora dentro de los indicadores de disponibilidad MTBF (tiempo que transcurre entre averías) y el MTTR (tiempo medio de las reparaciones) y se puede observar en el siguiente gráfico:

Lo que indica mayor tiempo de disponibilidad por día, es decir se ve reflejada la mejora en la disponibilidad y el MTTR que es el tiempo promedio de duracion de las falla.

## REGISTROS MTBF & MTTR



Fuente Elaboración Propia- LeanManufacturing Grafico 2

Gracias a la implementación de los formularios y tarjetas TPM, se puede visualizar mejoras en el aumento del MTBF y la reducción del MTTR de duración de las fallas, porque al tener las descripciones de las fallas comunes y saber cómo actuar ante ellas el tiempo de demora para solucionarlas se reduce significativamente con la implementación TPM.

CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA

## 6.1 Análisis de costos

Las evaluaciones de proyectos son de suma importancia, por que facilitan conocer de forma más detallada la relación costo-beneficio de un proyecto, de este modo se permite determinar si es viable o no invertir en dicho proyecto, esta puede incluir la evaluación del mercado, la cual incluye un análisis de la competencia y su posicionamiento; el impacto que tendrá la inversión en la empresa, así como los trámites administrativos y aspectos legales, así como las leyes o reglamentos que regulen la actividad o el producto que resulte de dicho proyecto. Para esta ocasión se demuestra que la implementación TPM es totalmente factible para su puesta en marcha, ya que según los resultados obtenidos proyecta flujos positivos a corto plazo. Se considera las bases para la correcta implementación, como se observa en la siguiente tabla con sus costos totales de inversión

Inversion del Proyecto	Costo Total
Capacitación MA & MP	\$ 380.000
Entrenamiento MA & MP	\$ 380.000
Sala de Reuniones TPM	\$ 280.000
Auditorias	\$ 180.000
Espacio área Piloto	\$ 160.000
Total	\$ 1.380.000

Fuente Elaboración Propia, Tabla 13

Materiales	Costo total
Demarcaciones y señalizacion	\$ 70.500
Pintura	\$ 100.000
Panel de indicadores	\$ 50.000
Formatos de tarjetas	\$ 45.000
Buzones	\$ 50.000
Estandarizacion del equipo	\$ 100.000
Estandarizacion de herramientas	\$ 50.000
Formatos para inspecciones LUPS	\$ 25.000
Total	\$ 490.500

Fuente Elaboración Propia Tabla 14

## 6.2 Cálculos de Factibilidad

Se realiza el estudio de factibilidad para observar los valores adecuados para la implementación dada las características de la inversión podemos demostrar que la inversión genera flujos positivos de los buenos resultados

Flujos de inversión proyectado en seis meses

Meses	0	1	2	3	4	5
Flujos Netos	-\$1.870.500	\$655.538	\$655.538	\$655.538	\$655.538	\$655.538
Costos del Proyecto	-\$1.870.500	\$595.944	\$541.767	\$492.515	\$447.741	\$407.038
Ingresos del Proyecto	-\$1.870.500	-\$1.274.556	-\$732.789	-\$240.274	\$207.467	\$614.505
Tasa desct	10%					
VNA	\$2.485.005					
VAN	\$614.505					
TIR	22%					
Periodo de Recupero PR	3,49					

Fuente, Elaboración Propia Tabla 15

La inversión se recuperación un excedente de \$ 614.505 pesos.

La TIR es un 22 % superior a la tasa de descuento.

El periodo de recuperación se obtiene al cuarto mes de la implementación.

## CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Considerando los alcances y objetivos planteados para la implementación de la propuesta de TPM pilar 2 Mantenimiento Autónomo y pilar 3 Mantenimiento Planificado apoyándose en los análisis técnico y económico realizados se puede establecer que es totalmente factible su implementación y desarrollo, ya que esta metodología que resulta esencial y es uno de los elementos más importantes para tener una competitividad dentro del sector manufactura y distintas organizaciones s han sumado a esta iniciativa.

Con la metodología, como estrategia para mejorar la productividad de la empresa se incrementa la eficiencia global de los equipos, se logra desarrollar equipos de colaboradores más preparados capacitados y entrenados con nuevas habilidades para el análisis de problemas y creación de un nuevo pensamiento sobre el trabajo, la operación correcta y verificación permanente de acuerdo a los estándares establecidos en la metodología, que permiten evitar el deterioro del equipo, mejorar su funcionamiento, incrementar la disponibilidad, el rendimiento y la calidad del equipo, y mantener las condiciones necesarias para que funcione sin averías, además de mejorar la seguridad en el trabajo

Se recomienda seguir con la creación de equipos de alto rendimiento con el fin de mantener en operación la metodología del mantenimiento autónomo, buscando que los equipos de trabajo sean auto dirigidos, evalúen su desempeño y mejoren las practicas establecidas, se propone el establecimiento de un sistema para la creación de ideas de mejora por parte del personal operativo logrando la participación en actividades puntuales de mejoras, además se debe continuar con la capacitación y avance con los siguientes pilares del TPM para mejorar el control y administración del lugar de trabajo. Además

Se comprueba la factibilidad positiva del proyecto mediante el análisis técnico y económico generando rentabilidad para la compañía

Se mejora la eficiencia del equipo, se optimiza la gestión del mantenimiento, la prevención de averías y pérdidas por defectos.

TPM capacita, mejora la moral del personal y crea un auténtico sentido de pertenencia, además se participa como agentes de cambio dentro de la organización. Y se logra posicionar al mantenimiento como un aliado estratégico para la compañía

Se extiende el ciclo de vida útil del equipo, se reducen los costos totales de operación mediante las técnicas de mantenimiento preventivos y las acciones anticipadas del mantenimiento autónomo.

## Bibliografía

<https://predictiva21.com/>

<https://islss.com/>

<https://bibliotecadigital-usm-cl.usm.idm.oclc.org/>

<https://www.nikunjboraniya.com/>

<https://leanmanufacturing.online/hoshin-kanri/>

<https://www.ceroaverias.com/japan.html>

Libro Mantenimiento productivo total, Seiichi Nakajima, Japan Institute for plant Maintenance

Enrique Dounce Villanueva (2014), La productividad del mantenimiento 3° edición

Leandro Daniel Torres (2005), Mantenimiento su implementación y Gestión, 2° edición.

Lourival Augusto Tabares (2018), Administración moderna del Mantenimiento

Luis Alberto Mora (2009), Mantenimiento, Planeación, Ejecución y Control.