



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

OPTIMIZACIÓN DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE UNA
INDUSTRIA COSMÉTICA UTILIZANDO TÉCNICAS DE
ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS PARA LA
OPTIMIZACIÓN DE ALMACÉN DE REFACCIONES Y SU
RELACIÓN CON LA MEJORA DE MANTENIMIENTO
CORRECTIVO Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA

Juan Daniel Sagaceta Mejía

Ciudad Universitaria, CD.MX. 2023





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor: VALDIVIESO MARTINEZ RAUL

VOCAL: Profesor: MUÑOZ HERNANDEZ LUIS MIGUEL

SECRETARIO: Profesor: GONZALEZ GONZALEZ ALFONSO

1er. SUPLENTE: Profesor: VALLES TERRAZAS ARTURO RUBÉN

2° SUPLENTE: Profesor: RANGEL RODRIGUEZ FRANCISCO

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

**FACULTAD DE QUÍMICA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

ASESOR DEL TEMA: Mtro. Alfonso González González

SUSTENTANTE: Juan Daniel Sagaceta Mejía

Contenido

Introducción	4
1. Definición del problema	5
1.1 Objetivo general.....	5
1.2 Objetivos Específicos.....	5
1.3 Alcance.....	5
1.4 Suposiciones y limitaciones	6
Capítulo 1. Eficiencia y árbol de pérdidas	7
Capítulo 2. Técnicas de Lean Manufacturing	10
Capítulo 3. Inventarios	18
3.1 Modelos de optimización.....	20
3.2 Justificación.....	22
3.3 Formulación del modelo y preparación de los datos.....	22
3.4 Variables de entrada y salida, coeficientes tecnológicos, parámetros y/o restricciones.....	23
3.5 Relaciones o funciones matemáticas de las variables de entrada, salida y restricciones.....	24
3.6 Preparación de los datos análisis e interpretación y solución del modelo.....	25
3.7 Solución e interpretación del modelo.....	26
3.8 Análisis de sensibilidad de la solución, aplicación de la pregunta: ¿Qué sucede sí..?.....	29
3.9 Riesgos o recomendaciones finales.	30
Capítulo 4. Mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo	31
Capítulo 5. Desarrollo de mantenimiento autónomo	34
Conclusiones	35
Bibliografía	37

Introducción

La industria cosmética es uno de los sectores de mayor crecimiento anual en la economía industrial mexicana. Esta industria genera beneficios en el mercado mexicano ya que internamente aporta aproximadamente el 0.7% de la industria manufacturera y el 4.2% del PIB de la industria química.

México ocupa el tercer lugar en producción de cosméticos, ya sean químicos o de fuentes naturales y esto se refleja en la generación de alrededor de 250 mil empleos directos e indirectos. [1]

Es por esta razón que, es de suma importancia el abastecimiento de todos los productos que son manufacturados en esta industria para cumplir con las necesidades actuales y las necesidades futuras acordes a su expansión en la participación del PIB de la industria química.

Una forma en que las empresas pueden ser competitivas es mediante el cumplimiento de su plan de producción, a través de la optimización de las líneas de producción, es decir, que la eficiencia aumente y el tiempo en el que está produciendo sea más cercano al objetivo, cumpliendo así, con la actual demanda de la industria cosmética y teniendo como resultado el beneficio de reducción de los costos directos asociados a la compañía tales como la eficiencia, velocidad y reducción de mermas.

Existen diversas técnicas para la optimización de las líneas de producción, sin embargo, después de realizar un análisis del árbol de pérdidas en determinada industria cosmética, se decide realizar esta mejora a través de un análisis de inventarios del almacén de refacciones, con el propósito de mejorar en el mantenimiento correctivo y preventivo para disminuir tanto los micro paros como las averías presentadas, alargando la vida útil de los equipos y previniendo averías frecuentes, repetitivas y duraderas.

Cabe mencionar, que este ejercicio se realizó como piloto en sólo una línea de producción, conocida como HairCare line, sin embargo, la mejora fue significativa dentro de la planta debido a que esta la línea de producción es la línea con el mayor tiempo de ocupación de la planta.

En el presente trabajo, se mostrará la relación de la administración de inventarios con la mejora en mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo dentro de esta línea de producción, y asimismo, se revisará cómo se realiza el empleo de algunas de las herramientas proporcionadas durante el diplomado “Administración Estratégica de las Operaciones en los Procesos Productivos”

1. Definición del problema

Pérdida del plan de producción de línea Haircare por una eficiencia menor al 50% debido a averías prolongadas mayores a 1 hora por falta de mantenimiento correctivo y preventivo debido a una mala gestión del inventario del almacén de refacciones, aumentando las pérdidas por costo directo, eficiencia, velocidad, costos de almacenamiento y aumentando pérdidas de capital.

1.1 Objetivo general

Estudiar las técnicas de administración de inventarios, mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo para su aplicación con la finalidad de disminuir el tiempo de averías presentadas en la línea más crítica de producción de una empresa cosmética.

1.2 Objetivos Específicos

- Aplicación de herramientas y técnicas de la administración estratégica de operaciones para el incremento de la eficiencia de una línea de producción.
- Optimización del almacén de refacciones para eliminación de piezas no utilizadas y disminución de resolución de averías.
- Correcta gestión de mantenimiento correctivo y preventivo para disminuir la presencia de averías.
- Creación de estándares de limpieza y lubricación
- Seguimiento de los ajustes a través de valores nominales.

1.3 Alcance

El alcance del presente trabajo es empezar con un desarrollo para la optimización de inventario de consumibles, empezando con el registro de cada uno de estos (que se

tomará en cuenta el registro en sistema que se cuenta), continuando con un análisis ABC para su clasificación de importancia y encontrar la frecuencia necesaria de pedido y su cantidad para evitar desabasto y saturación del almacén. Con esto, documentar con ayuda del equipo de mantenimiento las piezas que son más frecuentes para empezar con implementación de mantenimiento preventivo y agilizar el mantenimiento correctivo.

1.4 Suposiciones y limitaciones

Desafortunadamente, el almacén de refacciones no cuenta con un sistema semiautomático para el registro de entradas y salidas de almacén, el proceso actual consiste en tomar un material, posteriormente registrar un “vale” de manera manual con el código del producto y la cantidad, finalmente un analista de almacén registra estos vales en el sistema y descuenta la cantidad en el inventario que se tiene en sistema, sin embargo, existen muchas desviaciones por un mal registro del producto o porque el empleado no realiza su vale para la toma del producto.

Por lo que las consideraciones importantes y generales para el desarrollo del análisis son:

- a) El personal realiza en todo momento y con exactitud los vales del material
- b) El registro en el sistema de inventario es exactamente igual al inventario en físico
- c) Existen números de parte únicos e irrepetibles.
- d) La demanda es conocida para los productos y no depende entre sí.
- e) El almacén cuenta con muchos artículos consumibles y refacciones (Mayores de 200), por lo que se presentarán los 20 más importantes y se realizará el análisis sobre estos.

Capítulo 1. Eficiencia y árbol de pérdidas

Las líneas de producción cuentan con diferentes indicadores principales conocidos como “KPI (Key Performance Indicator)”, estos indicadores cuentan con la finalidad de sintetizar la información sobre la productividad de un negocio en particular, teniendo el objetivo de obtener información útil para medir variables y resultados de esa información, con la finalidad de realizar un análisis y tomar las decisiones oportunas. Los principales indicadores de una línea de producción son los relacionados al costo directo, tales como la eficiencia, eficacia y las mermas generadas, sin embargo, el KPI más importante para mejorar el número de piezas producidas por minuto es la eficiencia de la máquina, mejor conocida como OEE (Overall Equipment Efficiency). El OEE es un indicador que permite medir y cuantificar los procesos, con la finalidad de poder medirlo, analizarlo, y posteriormente, mejorarlo.

El primero en utilizarlo fue el japonés Seiichi Nakajima. Él fue el fundador y desarrollador del **TPM** (Total Productive Maintenance) o Mantenimiento Productivo Total. Su afán era poder evaluar los procesos productivos y así poder optimizar el uso de la maquinaria y las líneas de producción [2]

El OEE se calcula de la siguiente manera:

$$OEE = \frac{\text{tiempo nominal}}{\text{tiempo de ocupación}} \dots (1)$$

En donde:

$$\text{Tiempo nominal} = \frac{\text{Piezas producidas}}{\text{Velocidad nominal (objetivo)}} \dots (2)$$

Tiempo ocupación

$$= \text{Esperas} + \text{Averías} + \text{Cambios} + \text{Pérdidas por velocidades de la línea} \\ + \text{Microparos}$$

A continuación, se muestra una imagen en donde se observa de manera más gráfica la representación del OEE.

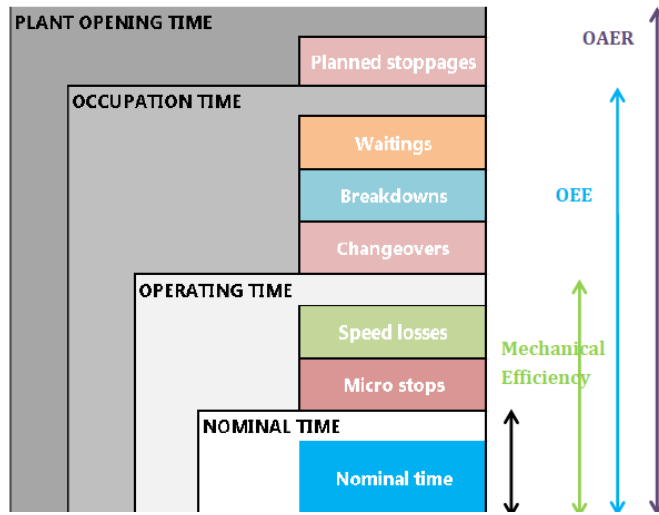


Imagen 1. Representación de OEE

Cada una de las líneas de producción cuenta con un árbol de pérdidas en donde se muestran las principales afectaciones de la línea de producción (conforme a la definición del OEE), al empezar con el análisis, la línea contaba con un OEE de 33%, se muestra la evolución de la línea a través del tiempo en la siguiente imagen y sus principales pérdidas.

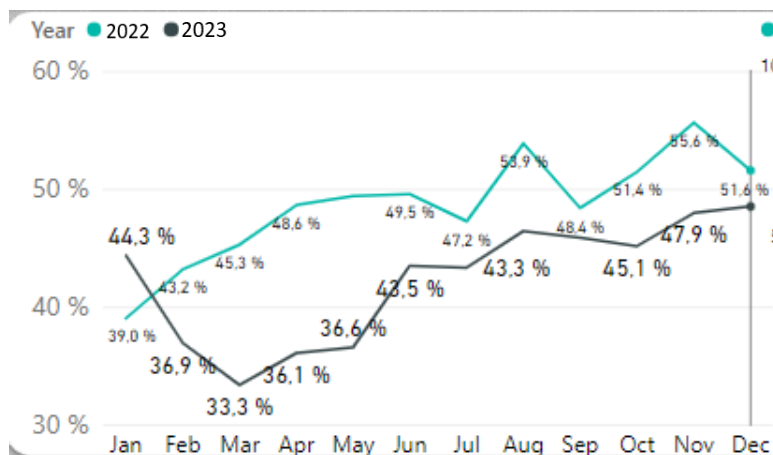


Imagen 2. Evolución de OEE de línea HairCare.

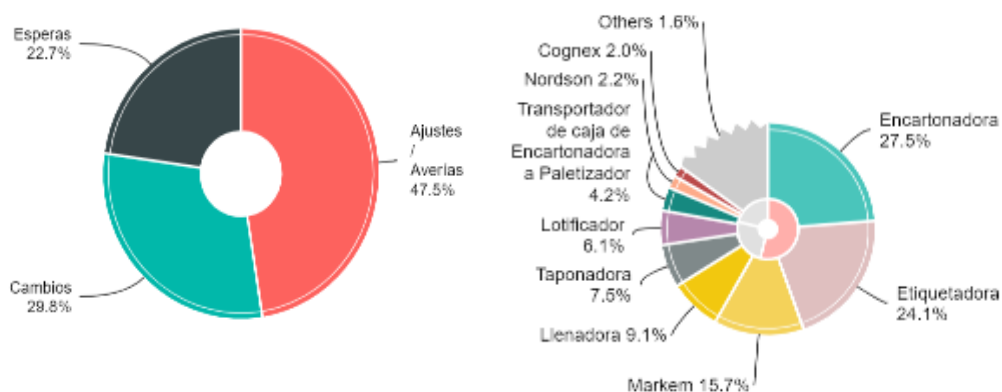


Imagen 3. Principales pérdidas de línea HairCare.

Al observar el gráfico de pastel, se puede observar que se cuentan con tres impactos principales, los cuales son esperas, cambios y averías. Sin embargo, el principal impacto se encuentra dentro de las averías.

El sistema de la línea de producción es un sistema que se encuentra en forma de “U” con un arreglo en serie para reducir el desplazamiento del equipo operativo, automatizado con 5 máquinas, como se muestra en la siguiente imagen.

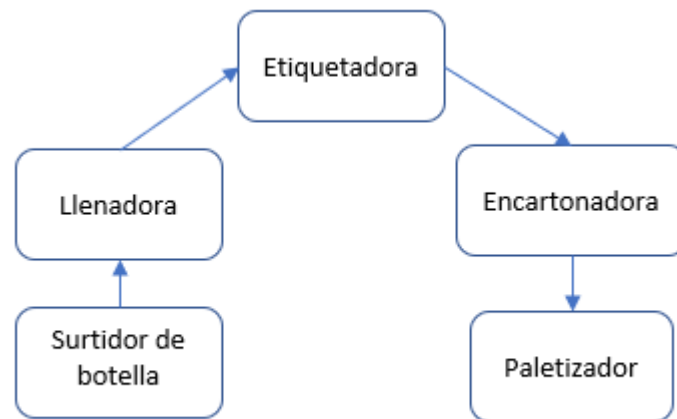


Imagen 4. Sistema de línea de producción

Las principales averías involucradas se encuentran en encartonadora y etiquetadora, por lo que se enfocó principalmente al incremento de rendimiento mecánico de este par de máquinas.

Antes de decidir cómo mejorar la eficiencia de la línea de producción, se estudiaron e implementaron algunas de las herramientas para obtener una operación esbelta con las metodologías de lean manufacturing.

Capítulo 2. Técnicas de Lean Manufacturing

Lean manufacturing es una metodología que se centra en minimizar las pérdidas para conseguir maximizar la productividad, teniendo como principal objetivo, la reducción del desperdicio dentro del proceso. En este caso, se realiza el enfoque de la operación esbelta en el sistema de acondicionamiento o producción.

Un sistema de producción recibe insumos en forma de materiales, personal, capital, servicios e información, y los transforma dentro de un subsistema de conversión en los productos y/o servicios deseados.

Los sistemas productivos generan impuestos, desperdicios, contaminación, empleos, sueldos, y adelantos tecnológicos; estos son algunos ejemplos de productos indirectos de un sistema. Conjuntamente, un subsistema de control debe vigilar el producto resultante para validar que es aceptable en términos de calidad. Un subsistema se refiere a sistemas de rango inferior que componen a los sistemas como se muestra en la imagen 5. [2]

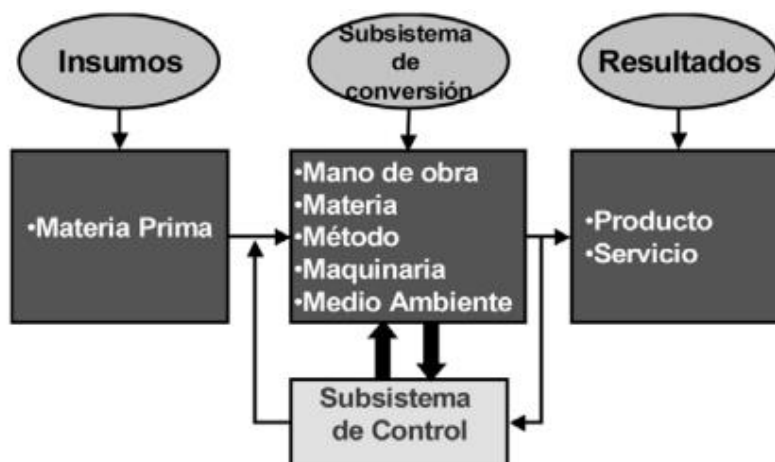


Imagen 5. Modelo de sistema de producción

Algunas de las principales herramientas empleadas para la mejora en un sistema de producción son las que se explican a continuación:

A) Gemba.

Es una palabra japonesa que significa el lugar donde suceden las cosas o el lugar real, es decir, se refiere al entorno de trabajo donde se aporta valor al cliente en donde se realizan operaciones de transformación del producto.

La principal finalidad del gemba es estar presente en el lugar en donde suceden los problemas del día a día en el proceso de producción, para identificar cuáles son las causas que no dejan avanzar como se debería y entenderlos de una manera más profunda, es decir, que si realmente se busca entender cómo se realiza determinada tarea, cuál es su función y sus principales problemas, es necesario ir al lugar y comprobar cómo se está ejecutando el trabajo.

Es una filosofía de trabajo dentro de la organización para el desarrollo de la habilidad de ver la realidad en el proceso de producción. Es fundamental mostrar respeto todo el tiempo hacia los operadores para que la comunicación y ayuda sea mejor. Se implementó este ejercicio con un equipo multidisciplinario que abarcaba a producción, mantenimiento y calidad con todos los grupos de operadores para cada turno de la línea de producción.

B) 5 por qué?

Al aplicar la técnica de los 5 Porqués, se busca llegar a la esencia del problema y después solucionarlo a través del cuestionamiento para explorar las relaciones de causa y efecto que generan un problema en particular, sin embargo, el número de "cinco porqués" atribuido a esta técnica no es fijo, ya que el proceso iterativo de la pregunta y respuesta se puede repetir tantas veces como sea necesario para encontrar la causa raíz del problema.

Uno de los factores clave para la implementación exitosa de la técnica es tomar una decisión informada. Esto significa que el proceso de toma de decisiones debe basarse en una comprensión profunda de lo que realmente está sucediendo en el lugar de trabajo (Trabajo logrado a través de la caminata Gemba).

Es importante que para que se conozca la causa raíz, se realice este cuestionamiento con una correlación a la técnica de las 5 M's.

El método de las '5 M' es un sistema de análisis de fallos estructurado y se fija cinco pilares fundamentales alrededor de los cuales giran las posibles causas de un problema.

Las cinco emes representan a maquinaria, método, mano de obra, medio ambiente y materia prima.

- **Máquina.** Para analizar una máquina es importante aislar partes o componentes que no se encuentran con el mejor funcionamiento. Es importante analizar las entradas y salidas que intervienen en el proceso, el funcionamiento de los componentes y la máquina global de principio a fin, y la revisión de los parámetros de configuración y valores nominales.
- **Método.** Consiste en preguntarse el cómo y determinar las circunstancias que pueden variar, así como identificar áreas de oportunidad para eliminar procesos que no son productivos o aportan valor.
- **Mano de obra.** Es el análisis del equipo operativo de trabajo, tanto operadores como mecánicos, si se tiene algún tipo de incidencia por error humano.
- **Medio ambiente.** Se valoran las condiciones externas que pudo haber causado una falla en el sistema, debido a la variabilidad de temperatura ambiente, luz y sus afectaciones, etc.
- **Materia prima.** Es la identificación de que los materiales que sirven para acondicionar no se encuentran en mal estado y no hayan sido la razón de una falla presentada.

Esta técnica es comúnmente empleada para describir una "No conformidad" de un producto después de una reclamación, sin embargo, se utilizó la técnica para llegar al detalle de la razón del por qué la mayor pérdida de la línea de producción era de averías.

A continuación, en las siguientes figuras se muestra el "análisis 5 por qué", que se realizó para la línea de producción después de la caminata gemba.

a) Descripción del principio de funcionamiento

Secuencia estándar / Condiciones Ideales		Secuencia real / Condiciones reales	
1	Línea de producción trabajando a velocidad nominal	1	Línea de producción trabajando a velocidad nominal
2	Línea con estándares de ajustes en documentación y marcaje y/o señalamiento	2	Línea con estándares de ajustes en documentación y marcaje y/o señalamiento
3	Cambio inmediato de refacciones para la presencia de averías	3	El cambio no es inmediato en presencia de averías
4	Restablecimiento no mayor a 30 min	4	Restablecimiento mayor a 30 min

b) Descripción del fenómeno observado con ayuda de 5W

Secuencia fuera de condición estandar 5W (En esta seccion colocar lo que haya sido marcado en rojo en principio de operación)	¿QUÉ? ¿QUÉ COSA O PRODUCTO SE HA VISTO COMO PROBLEMÁTICA?	¿CUÁNDO? ¿Por qué es un problema?-->¿Cómo es el estado del problema comparado con lo óptimo? (estándar)	¿DÓNDE? ¿Dónde se detectó el problema? ¿Dónde ocurrió el problema?	¿QUIÉN? ¿Quién detectó el problema? ¿Quién creó el problema?	¿CUÁL? ¿Por qué es un problema?-->¿Cómo es el estado del problema comparado con lo óptimo? (estándar)
El cambio no es inmediato en presencia de averías	Averías continuas mayores a 1 hora en restablecer	2 veces al día	En línea de producción HairCare	Operador y mecanico	Grande tiempo de restablecimiento

c) Análisis 5 Por qué

No cumplimiento (fenómeno)	Causas potenciales					Causa raíz de la desviación--> Colocar acciones Causa secundaria--> establecer plan de Hipótesis que comprobó no ser válida con la	¿Es una causa raíz?	6 "M"
	¿Por qué? (1)	¿Por qué? (2)	¿Por qué? (3)	¿Por qué? (4)	¿Por qué? (5)			
Fenómeno 1: Averías continuas mayores a 1 hora en restablecer ,2 veces al día ,En línea de producción HairCare ,Operador y mecanico ,Grande tiempo de restablecimiento ,Línea de producción con paro prolongado	Nota: si requieres insertar mas filsa en los porque, copia una fila existente e insertala para mantener formato					Cuentan con estandar de valores nominales y cartas de ajustes	NO	Método
	Porque no saben como realizar los ajustes	Porque no cuentan con un estándar de valores nominales para realizar los ajustes						
Porque operador y mecanico no restablecen rápido las averías	Porque no se realiza el reemplazo de piezas con las que necesita la maquina	Porque realizan adaptaciones de piezas que no encuentran	Porque no cuentan con el refaccionamiento necesario de las máquinas	Porque no hay un control del almacén de refacciones [se agota el stock]	Porque no hay un control del almacén de refacciones [se agota el stock]	SI	Maquinaria	

		Porque todos los ajustes dependen del mecánico	Porque operadores no se involucran más para aprender de los ajustes	Porque no cuentan con la cultura de la mejora continua	Porque no hay un programa de mantenimiento autónomo establecido	Porque no hay un programa de mantenimiento autónomo establecido	Secundaria	Mano de obra
--	--	--	---	--	---	---	------------	--------------

En este análisis, se encuentra que la causa raíz de que el restablecimiento de la línea de producción sea mayor a treinta minutos, es debido a la falta de refacciones de la maquinaria y el tiempo demorado es para realizar adaptaciones de piezas en lugar de solo realizar el cambio de refaccionaria.

C) TPM

El mantenimiento Productivo Total es un enfoque innovador del mantenimiento que requiere involucrar a todos los empleados, en todos los niveles en un programa de mantenimiento productivo. [3] Los principales principios del TPM son:

- Optimizar la efectividad del equipo.
- Se debe establecer un plan de mantenimiento preventivo para el intervalo de la vida del equipo.
- Se debe buscar agresivamente el proceso de manutención del equipo, en particular en la etapa de diseño.
- Se debe evaluar rutinariamente la eficiencia económica del equipo.
- Se debe analizar y eliminar rigurosamente las pérdidas crónicas y las fallas catastróficas.

Los principales objetivos del mantenimiento productivo es contar con cero accidentes laborales, cero averías en los equipos, cero defectos en la producción y cero pérdidas de rendimiento o pérdidas por velocidad. Los pasos para llevar a cabo el Mantenimiento Productivo Total son:

- Ajuste de componentes y tareas de limpieza y lubricación.
- Implantación de medidas para evitar la acumulación de suciedad y polvo.
- Procedimientos estándar de limpieza y lubricación.
- Inspecciones generales.
- Inspecciones autónomas.
- Creación de procedimientos y estándares para las tareas de mantenimiento.

- Desarrollo de una cultura hacia la mejora continua, con el registro de todas las tareas de mantenimiento y fallos.

Debido a la causa que se encontró como principal problema en la línea de producción, se abordará el desarrollo de mantenimiento autónomo y mantenimiento preventivo de acuerdo con las actividades más importantes del TPM que se muestran en la siguiente tabla.

Actividades de desarrollo mas importantes del TPM	Proceso social	Producción	Mantenimiento
Incrementar efectividad del equipo		X	
Entrenar a operadores para realizar un mantenimiento autonomo	X		
Mejorar el sub-proceso de planeación de mantenimiento			X
Actualizar el mantenimiento y las habilidades del operador	X		
Garantizar el mantenimiento del equipo nuevo por medio de actividades de mantenimiento preventivo			X

Tabla 1. Actividades principales del desarrollo del TPM que requieren cambio además de los procesos de mantenimiento.

En los siguientes capítulos, se abordará el avance que se cuenta con el desarrollo de mantenimiento productivo, después de la optimización del inventario del almacén de refacciones.

D) PDCA.

El nombre del Ciclo PDCA (o PHVA) viene de las siglas Planificar, Hacer, Verificar y Actuar, en inglés “Plan, Do, Check, Act”, es conocido como el círculo de mejora continua o Círculo de Deming. Esta metodología describe los cuatro pasos esenciales

que se deben llevar a cabo de forma sistemática para lograr la mejora continua, entendiéndose como tal al mejoramiento continuado de la calidad (disminución de fallos, aumento de la eficacia y eficiencia, solución de problemas, previsión y eliminación de riesgos potenciales). El círculo de Deming lo componen 4 etapas cíclicas, de forma que una vez acabada la etapa final se debe volver a la primera y repetir el ciclo de nuevo, de forma que las actividades son reevaluadas periódicamente para incorporar nuevas mejoras. La aplicación de esta metodología está enfocada principalmente para poder ser usada en empresas y organizaciones. Las etapas del ciclo de Deming se muestran en la siguiente tabla:

Planificar [Plan]	Hacer [Do]	Control o Verificar [Check]	Actuar [Act]
Actividades de mejora y se establecen objetivos a alcanzar	Realizar cambios para implantar la mejora propuesta	Periodo de prueba para verificar su funcionamiento	Implantar la mejora si los resultados son satisfactorios
Formar grupo de trabajo, escuchar las opiniones de los trabajadores, buscar nuevas tecnologías	Prueba piloto antes de realizar cambios a grande escala	Modificación si no cumple con las expectativas iniciales	Realizar cambios para ajustar si los resultados no son satisfactorios

Tabla 2. Etapas del Ciclo de Deming

E) 5's

Uno de los fundamentos de la implementación de TPM, es la metodología de las 5's, el cual es un sistema para organizar los espacios de manera que el trabajo se pueda realizar de forma eficiente, efectiva y segura tanto para los equipos como para la maquinaria. Es una herramienta de gestión visual fundamental dentro de Lean Manufacturing y es empleada para la mejora de eficiencia a través del orden y limpieza del área de trabajo. Este sistema se centra en poner todo en su sitio y mantener el lugar de trabajo limpio, lo que facilita a las personas hacer su trabajo sin perder tiempo o arriesgarse a sufrir lesiones. Se basa en el principio de que cada cosa debe de tener su lugar y debe de existir un lugar para cada cosa.

La herramienta implica evaluar todo lo presente en un espacio, eliminar lo innecesario, organizar las cosas lógicamente, realizar tareas de limpieza, y mantener

este ciclo en marcha. Con la implementación de esta metodología se logra mejorar la productividad del proceso y aumentar la calidad.

- 1) Seiri: Seleccionar.
Se revisan todas las herramientas, mobiliario, materiales y equipos en el área de trabajo para determinar lo que debe estar presente y lo que puede ser eliminado.
- 2) Seiton: Ordenar.
Una vez que desaparece el desorden adicional, los grupos de trabajo pueden idear sus propias estrategias para clasificar los objetos restantes. Durante esta fase, todos deben determinar qué arreglos son los más lógicos. Eso requerirá pensar en las tareas, la frecuencia de esas tareas, los recorridos de la gente a través del espacio, etc
- 3) Seiso: Limpiar
La fase de limpieza de las 5S se centra en la superficie de trabajo, lo que significa barrer, fregar, quitar el polvo, limpiar las superficies, guardar las herramientas y los materiales y también contar con un mantenimiento regular a los equipos y la maquinaria. Los involucrados asumen la responsabilidad de limpiar su área de trabajo de manera diaria.
- 4) Seiketsu: Estandarizar
La estandarización sistematiza todo lo que acaba de suceder y convierte los esfuerzos de una sola vez en hábitos. Es importante que se asignen tareas regulares, creando horarios con instrucciones para que estas actividades se conviertan en rutinas. También, crea procedimientos operativos estándar para que el orden no se pierda.
- 5) Shitsuke: Sostener
Una vez que se haya implementado los cuatro pasos anteriores, la empresa debe de realizar el trabajo continuo de mantener los procedimientos y actualizarlos si es necesario.

Gracias a las metodologías de Lean Manufacturing fue que se pudo llegar a la causa raíz del principal problema de la línea de acondicionamiento de HairCare del impacto mayor de las averías, el cual se centró en la mala administración de inventarios y la inadecuada gestión

de las refacciones necesarias de las líneas de acondicionamiento. En el siguiente capítulo se alberga la importancia de los inventarios, los principales métodos y la implementación de la mejora del almacén de refacciones.

Capítulo 3. Inventarios

Los inventarios son bienes tangibles de una compañía que se tienen para su venta o para ser utilizados durante la producción de otros bienes y servicios que posteriormente serán comercializados.

También se define como un amortiguador entre dos procesos: el abastecimiento y la demanda, donde el proceso de abastecimiento contribuye con bienes al inventario, mientras que la demanda consume el mismo inventario.

El control de inventarios tiene como objetivo llevar el control de las existencias, tanto reales como en proceso de producción y su comparación con las necesidades presentes y futuras para poder establecer los niveles de existencias y adquisiciones para satisfacer la demanda.

Cuando se tienen altos niveles de inventario para asegurar las ventas, se tiende a incurrir en excesos de materiales para la venta y se producen altos costos de almacenamiento, aumento de la merma y la disminución de la calidad en perecederos, lo que lleva a una menor calidad de los productos ofrecidos, por el otro lado, cuando el inventario es insuficiente, se corre el riesgo de perder la venta y al cliente.

Esto es algo que requiere de mucho cuidado, ya que no tener productos y el stock suficiente afecta la concepción que el cliente tiene de la empresa, provocando que el consumidor recurra a otro proveedor.

El descontrol de inventarios se presta al robo, siendo usual que sean los mismos empleados (o aun los clientes) quienes lo lleven a cabo, este tipo de robo se conoce generalmente como el robo hormiga, que origina un incremento de costos. La pérdida o reducción de materiales aumenta considerablemente los costos de ventas, pudiendo causar un fuerte impacto sobre las utilidades.

La determinación de niveles de inventarios que debe mantener una empresa se asocia a la manera en que realiza la gestión de flujos físicos, el tipo de contrato con proveedores y distribuidores y los costos aceptados para cumplir niveles de servicio a la producción y a los clientes. Una ruptura del inventario tiene un costo que es deseable evitar por lo que es necesario un adecuado balance entre la necesidad de inventarios y el costo de mantenerlos.

Tener un adecuado control de inventarios, habla de una empresa eficiente. Entre los principales beneficios se encuentran la exactitud de la información que dará pauta a un buen aprovisionamiento de productos sin excesos y faltantes, el ahorro y reducción de tiempo y costos durante el proceso de aprovisionamiento, planeación del aprovisionamiento de acuerdo con la planificación de producción y ventas y gestión y eliminación de los materiales obsoletos o con pocos movimientos.

Los diferentes tipos de inventario dentro de una organización son de Materia Prima, Inventario en proceso, MRO [Mantenimiento, Reparación y Operación] y producto terminado.

La gestión de inventarios es un tema muy estudiado por la Gestión de Operaciones. El inventario es uno de los activos más caros de muchas compañías y representa hasta el 50% del capital total invertido.

Un mal inventario puede generar el aumento de los costos de operación, clientes insatisfechos, paro de producción en caso de falta de materias primas, incoherencias en el inventario real con respecto al sistema, retrabajos, no satisfacer la demanda del consumidor, mercado o usuario, un mal servicio al cliente, productos caducados y generación de merma y aumento de costos de inventarios en caso de tener más de lo requerido, así como también, saturación del almacén.

Los modelos de inventario tradicionales generalmente trataban la optimización de inventarios para una organización individual, pero recientemente ha comenzado a imponerse en la gestión empresarial el concepto de "cadena de suministro", donde la satisfacción de las necesidades del cliente final se logra mediante el flujo de materiales, de información y financiero, que se establecen desde los proveedores originales hasta el

último consumidor, requiriendo esto de un determinado nivel de cooperación e integración entre los participantes en la cadena.

El problema presente estudiado radica en el desbalance que se tiene en el almacén de consumibles de una empresa cosmética, generando mucho desbalance en productos necesarios, pero al mismo tiempo creando una saturación de materiales, creando desabasto y al mismo tiempo aumentando los costos de almacén por material no ocupado. Creando una pérdida de dinero por costos de inventario con materiales sin ser consumidos y pérdida en producción por las averías ocasionadas por una serie de múltiples adecuaciones a refacciones simples en la maquinaria, que no se tienen en el almacén

3.1 Modelos de optimización

Los modelos que se utilizarán como primer acercamiento a la optimización del almacén son los siguientes:

Modelo ABC.

Divide el inventario disponible en base a su valor anual en 3 categorías: A para un alto valor, B para un valor medio y C para un valor bajo, se realiza la suposición de que el inventario permanece de igual manera mes con mes para hacer el ejercicio con una demanda independiente, es decir, que la demanda de cada uno de los artículos no depende de la demanda de otro artículo de este inventario. Este modelo es clave para la identificación de refaccionamiento más utilizado y permite organizar las distintas mercancías dentro del almacén a partir de su relevancia.

Exactitud en los registros.

Actualmente el inventario no cuenta con un registro semi automático que permita conocer con exactitud los movimientos de entrada y salida del inventario, por lo que se supone que el inventario está totalmente cuadrado y en orden, sin embargo, se realiza el ejercicio del levantamiento, conteo y clasificación de cada refacción de mantenimiento, asimismo, se dedica un recurso exclusivo para el control de entradas y salidas de refacciones a través de registro de vales con autorización de supervisor.

Conteo cíclico.

Los artículos son contados y se registran de manera actualizada sobre una base de datos, es ventajoso ocuparlo con el análisis ABC, y permite eliminar paros e interrupciones, ajuste anual de inventario y la identificación de errores de sistema en comparación con lo real. Se hace la suposición de que un mes cuenta con 20 días laborales.

Modelo EOQ.

La cantidad económica de pedido calcula la cantidad óptima de unidades a pedir para minimizar los costos por mantenimiento del producto. Las consideraciones para este método es que la demanda es conocida, constante e independiente, el tiempo de entrega es conocido y los descuentos por cantidad no son posibles. Solo se consideran los costos variables, como el de preparación (o pedir) y el de mantenimiento. La disponibilidad es inmediata y completa a la recepción de material.

Modelos de Descuento por Cantidad

La reducción en los precios está disponible cuando se compran cantidades más grandes. El balance esta entre la reducción del costo del producto y el incremento en el costo de mantenimiento.

Los modelos previamente mencionados, se utilizan cuando la demanda es conocida, en el caso de las refacciones, la demanda se conoce debido a que se tiene la disponibilidad de saber el número de máquinas y componentes que contiene cada una de estas.

A continuación, se enlistan los modelos probabilísticos cuando la demanda no es exactamente conocida, éstos no se utilizarán para el desarrollo del problema sin embargo se mencionarán porque son parte importante para un buen análisis y optimización de inventarios.

Modelo probabilístico

Un modelo de inventario probabilístico hace uso de una distribución de probabilidad para especificar el valor de la demanda o de otra variable desconocida, generalmente se presenta cuando la demanda o tiempo de entrega son

desconocidos o aleatorios. Responde a cuanto ordenar y cuando ordenar el producto seleccionado. El punto de reorden es el que dicta cuando ordenar y EOQ cuanto ordenar, el tiempo de entrega es el tiempo entre colocar y recibir una orden y se utilizan stock de seguridad para lograr un nivel de servicio deseado y evitar faltantes.

3.2 Justificación

Uno de los activos más importantes de una organización es el inventario y es necesario tener un buen control de este para ofrecer el mejor servicio al cliente. Un buen manejo permitirá a la empresa saber de manera confiable cantidades y niveles, cuáles productos son los que tienen mayor rotación, cuándo es necesario reabastecer, el valor de la mercancía, la reducción de costos con la disminución de stock, la continuidad de la producción y el cumplimiento de la demanda del consumidor con los tiempos de entrega.

Los desabastecimientos son oportunidades perdidas, si el inventario queda sin productos es una mala señal para los clientes, ya que no se puede contar con una dependencia, lo cual podría ocasionar que busquen a otro proveedor. Los almacenes saturados son inversiones que le cuestan a la empresa, impactando directamente al costo de almacenamiento y aumentando la probabilidad de contar con material no útil.

Actualmente, el almacén de refacciones estudiado está saturado y cuenta con muchos artículos viejos o no útiles y, al mismo tiempo, tiene un desabasto en los artículos o refacciones que son más empleados para las necesidades de producción, por lo que se estudia este problema para detallar cuáles son los artículos que se tienen que colocar como prioridad en el almacén para mitigar o disminuir el desabasto de éstos y saber cuál es su cantidad óptima para ordenar, para evitar tener un sobre almacenamiento y generar mayores costos.

3.3 Formulación del modelo y preparación de los datos

Una planta de producción de cosméticos ubicada en Xochimilco requiere de ciertas refacciones para el equipo de mantenimiento y operativo tales como pistones, mangueras de calentamiento, baleros, racores, difusores, empaques, vasos, retenes,

entre otras. Se requiere determinar que refacciones mecánicas son los que más se utilizan, conforme a la metodología ABC y cuántas se deben de pedir, así mismo, como determinar un control en su registro, este caso de estudio será empleado para realizar un ejercicio de optimización de este inventario de refacciones.

Con base al análisis realizado de afectación de las principales pérdidas de eficiencia mecánica de la línea de producción estudiada, se focaliza en primera instancia en realizar el análisis ABC.

3.4 Variables de entrada y salida, coeficientes tecnológicos, parámetros y/o restricciones

A continuación, se muestra en la tabla 3 el inventario de refacciones de encartonadora, para términos prácticos solo se ocuparán 15 códigos de parte del almacén y se realizará su análisis.

Código	Volumen Mensual	Precio Unitario	Descripción
C22G	2	1380	SERVOMOTOR DE BANDAS
C18G	20	540	RACOR RAPIDO QS-1 4-6 FESTO
C23G	35	450	SENSOR FOTO ELECTRICO DE ACUMULACIÓN
C104G	9	320	KIT DE EMPAQUES PARA PISTON MOD. 8803-04
C107G	10	200	PISTON FESTO
C13G	10	150	SPROKET 3- UL 10
C11G	20	45	RESORTE DE EXTENSIÓN
C102G	25	125	RONDANA PLANA PARA TORNILLO M8
C17G	5	100	MORDAZAS DE CABEZAL
C106G	5	75	MANGUERA SERIE BLUE 12 FT.
C103G	9	25	VALVULA ANTIRETORNO HB-M5-QS-4
C19G	20	22	TABLILLA 880 TK 325
C101G	4	35	BANDAS FORMADORAS DE CAJA
C105G	10	10	BOQUILLAS PARA PEGAMENTO
C14G	8	5	RACOR RAPIDO QS-1 4-6 FESTO
C100G	8	3	VENTOSA 9161 HULE SILICON BLANCO

Tabla 3. Precio y volumen de productos consumibles de la empresa cosmética

3.5 Relaciones o funciones matemáticas de las variables de entrada, salida y restricciones

Para el empleo del análisis ABC, se ocupan las siguientes formulas:

$$\text{Costo total} = (\text{Costo unitario})(\text{Volumen})$$

$$\text{Contribución de producto "i"} = \frac{\text{Costo de producto "i"}}{\text{Costo de total de los productos}}$$

Para definir el conteo cíclico:

$$\text{Total de artículos} = \text{Artículos A} + \text{Artículos B} + \text{Artículos C}$$

$$\# \text{ Artículos}_A \text{ contados por día} = \frac{\text{Artículos A}}{20}$$

$$\# \text{ Artículos}_B \text{ contados por día} = \frac{\text{Artículos B}}{60}$$

$$\# \text{ Artículos}_C \text{ contados por día} = \frac{\text{Artículos C}}{120}$$

Para el modelo de EOQ, las siguientes formulas son empleadas:

Tamaño óptimo del lote:

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

Donde:

D=Demanda anual

S= Costo unitario de ordenar

H= Costo de mantener

Número de ordenes en el año:

$$N = \frac{D}{Q}$$

Costo de mantenimiento [CM]:

$$CM = \frac{Q}{2}H$$

Costo de ordenar [CO]:

$$CO = \frac{D}{Q}S$$

$$CT = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H = \text{Costo de ordenar} + \text{Costo de Mantenimiento}$$

Los cálculos se realizaron con ayuda de la herramienta vista en clase "EXCEL OM"

3.6 Preparación de los datos análisis e interpretación y solución del modelo

MODELO ABC

Dollar Volume Rank	Item	Volume	Unit Cost	Dollar Volume	Percent of Dollar Volume	Cum Percent of Dollar Volume	Category
1	C23G	35	450	\$ 15,750.00	37.90%	37.90%	A
2	C18G	20	540	\$ 10,800.00	25.99%	63.89%	A
3	C102G	25	125	\$ 3,125.00	07.52%	71.40%	A
4	C104G	9	320	\$ 2,880.00	06.93%	78.33%	A
5	C22G	2	1380	\$ 2,760.00	06.64%	84.98%	B
6	C107G	10	200	\$ 2,000.00	04.81%	89.79%	B
7	C13G	10	150	\$ 1,500.00	03.61%	93.40%	B
8	C11G	20	45	\$ 900.00	02.17%	95.56%	C
9	C17G	5	100	\$ 500.00	01.20%	96.77%	C
10	C19G	20	22	\$ 440.00	01.06%	97.82%	C
11	C106G	5	75	\$ 375.00	00.90%	98.73%	C
12	C103G	9	25	\$ 225.00	00.54%	99.27%	C
13	C101G	4	35	\$ 140.00	00.34%	99.61%	C
14	C105G	10	10	\$ 100.00	00.24%	99.85%	C
15	C14G	8	5	\$ 40.00	00.10%	99.94%	C
16	C100G	8	3	\$ 24.00	00.06%	100.00%	C

Tabla 4. Análisis ABC de inventario de refacciones

3.7 Solución e interpretación del modelo

De acuerdo con el ejercicio empleado de ABC, las refacciones más prioritarias con clasificación A son cuatro, continúan tres de clasificación B y finalmente 9 son los productos con clasificación C. Con esto, se tiene una mejor visibilidad de cuáles son los productos más utilizados dentro del almacén de refacciones y se observa que el inventario debe estar abastecido más allá de la mitad con los productos C23 G, C18G y C102G, ya que juntos, tienen una contribución del 71%.

A continuación, sigue el producto C104G con una contribución del 6.9% y finalmente C22G con una contribución del 6.6%. Es de suma importancia colocar la mayor parte de la atención en estos productos, para contar con los productos más demandados en la línea de producción y no saturar o desabastecer el inventario.

CONTEO CÍCLICO.

Conforme los resultados obtenidos de la clasificación ABC, se determina el conteo cíclico para cada una de las clasificaciones, con la finalidad de saber el tiempo ideal para contar los artículos y registrarlos de manera actualizada sobre la base de datos.

Los resultados se muestran en la Tabla 5.

Clase de artículo	Cantidad	Política de conteo cíclico	Días	Número de artículos contados por día
A	89	Cada mes	20	5
B	22	Cada trimestre	60	1
C	89	Cada semestre	120	1

Tabla 5. Conteo cíclico de cada clase de artículo

Para un correcto conteo de los artículos y manejo del almacén, es necesario realizar 5 conteos por día de artículos A, 1 conteo de artículos B y 1 conteo de artículos C, se puede observar que, aunque la mayor cantidad de volumen de inventario no se centra en artículos A, estos son los más importantes, lo cual visualiza lo fundamental que es el precio y el volumen empleado necesario en el inventario, para esta

clasificación, ya que si no se tiene en consideración esto, se pueden enfocar esfuerzos de manera incorrecta en los productos con mayor cantidad de volumen, y no la mayor cantidad de contribución.

MODELO EOQ

Ya se conoce cuales artículos son los más críticos para tener en almacén y cuantos artículos son necesarios contar por día para tener un buen registro de inventarios y evitar información desactualizada, ahora se calcula el tamaño de lote óptimo de los artículos.

Se ejemplifica el procedimiento para el artículo más solicitado [C23G].

$$D_{anual} = D_{mensual} * 12 = 35 * 12 = 420$$

$$S = \text{Costo unitario ordenar} [\text{Consideración } 100 \text{ por orden}]$$

$$H = \text{Costo mantenimiento por unidad de año} [\text{Consideración de } \$4 \text{ por unidad}]$$

Para el costo de mantenimiento, se toma en consideración los costos de edificios [6%], costos por manejo de materiales [3%], costos de mano de obra [3%], costos de inversión [11%], espacio y obsolescencia [3%] con un total de 26% de valor del inventario de acuerdo con las consideraciones que se vieron durante el curso.

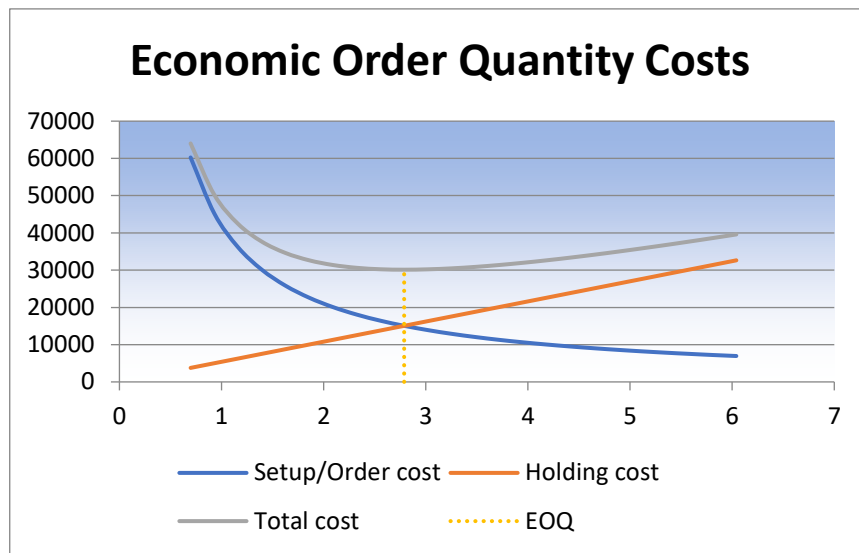
$$CM = 0.26 * 41,559 = 10,805.34$$

$$CM = 0.26 * [\text{Total de costo de volumen}] (\text{Obtenido de Tabla 4}) = 10,805.34$$

Order Quantity Data

Annual Demand Rate, D	420
Setup/Ordering Cost, S	100
Holding/Carrying Cost per Unit per Year, H	\$ 10,805.34
Unit price, P	450

Tabla 6. Datos de entrada para calcular el tamaño óptimo del lote



Grafica 1. Tamaño óptimo del lote para artículo C23G

En la gráfica 1 se puede observar que, a mayor inventario, es mayor el costo por almacenar siguiendo una tendencia lineal (línea naranja), debido a que se utiliza más espacio dentro del almacén incrementando a su vez los costos, asimismo, se identifica que el costo por ordenar disminuye de manera exponencial al pedir mayor cantidad de producto dentro de una misma orden (línea azul), es por eso por lo que es muy importante siempre buscar el descuento en precios por volumen de compra.

El costo total (línea gris) toma en consideración el costo por ordenar de manera anual, tomando en cuenta la demanda y el precio unitario de la refacción analizada y el costo de almacenamiento del producto.

A continuación, se muestran los resultados en la Tabla 7.

Optimum Order Quantity, Q^* (EOQ)	2.79
Maximum Inventory, Q^*	2.79
Average Inventory, $Q^*/2$	1.39
Number of Orders, D/Q^*	150.64
Annual Holding Cost, $HQ^*/2$	\$15,063.60
Annual Order Cost, DS/Q^*	\$15,063.60
Annual Unit Costs, PD	\$189,000.00
Total Annual Cost, T_c	\$219,127.21

Tabla 7. Resultados del modelo EOQ.

Para el producto C23G la cantidad a ordenar óptima es realizarlo cada que finalicen las 3 refacciones que se tengan disponibles (aparentemente se muestra poco, sin embargo, se habla solamente de un equipo de una línea de producción) y se tienen que realizar 150 pedidos de 3 unidades al año para poder cubrir la demanda de 450 piezas.

Traduciendo los resultados por mes, se deben de realizar 36 pedidos aproximadamente.

El costo total de inventario para esta refacción es de \$ 219,127.

Si se realiza la consideración de que un año cuenta con 360 días hábiles de trabajo, y en el almacén se cuenta con un inventario de seguridad de 1 pieza para esta refacción, con un tiempo de entrega de 30 días desde que se realiza el pedido hasta que es recibido en planta, se tendrían que reordenar cuando solo se cuenten en stock con 36 piezas, como se muestra en la tabla 8.

Reorder Point Data (optional)	
Days per year or ...	360
...Daily demand rate, d	1.166666667
Lead time in days, L	30
Safety stock, ss	1
Reorder Point, dL+ss	36

Tabla 8. Resultados punto de reorden.

3.8 Análisis de sensibilidad de la solución, aplicación de la pregunta: ¿Qué sucede sí..?

Método ABC

¿Qué pasa si la demanda no es conocida?

Si la demanda no es conocida, no se podría aplicar el método ABC, ya que existirían diversas fluctuaciones y variaciones del inventario y no permitiría realizar un análisis detallado de cuales artículos son los más necesarios durante un año. Es importante saber que el modelo se aplica para demanda conocida y sin mucha variación para poder determinar correctamente los productos más críticos del inventario.

¿Qué pasa si saturamos el almacén con artículos B y C?

Si se cuentan con mayor cantidad de artículos B y C que artículos A, es necesario realizar una modificación en el inventario, ya que es muy probable que exista un desabasto en los artículos más necesarios y un sobre inventario con artículos con muy poca rotación.

Conteo cíclico

¿Qué pasa si no se realiza frecuentemente?

Si el conteo cíclico no se hace con frecuencia, es muy probable que el inventario que se encuentre en sistema sea diferente al inventario real en físico, además, conlleva a un descontrol de inventario en donde pueden ocurrir con facilidad robos o extravíos y se pueden aumentar las mermas al no conocer que es lo que realmente se tiene.

¿Qué pasa si no se cuenta con un sistema semi automático de registro?

Es muy probable que el inventario en sistema nunca tenga coincidencia con el físico, ya que, a cualquier desfase de registro o un mal registro, se pierde la veracidad de la información.

Modelo EOQ

¿Qué pasa si no se cuenta con la demanda?

Si no se tiene la demanda anual de determinado producto, se tiene que realizar un modelo probabilístico para conocer la demanda, cuando exista mucha variación en la demanda será necesario ocupar otro modelo empleando la estadística.

¿Qué pasa si cambian los costos de mantenimiento y pedido?

El modelo EOQ depende mucho del costo por mantener y costo por pedir, por lo que, si se requiere disminuir el tamaño óptimo del lote para decrementar los costos, es necesario disminuir el costo de ordenar y costo de mantener.

3.9 Riesgos o recomendaciones finales.

Considero que, para realizar un correcto análisis de inventario, es fundamental contar con una metodología semi automática para el registro en modo de “contenedores” de inventario, para que se tenga contabilización exacta de las entradas y salidas. Sin tener este paso ejecutado correctamente, considero que el análisis ABC, el modelo EOQ y el punto de reorden no funcionarían debido a que se estaría trabajando sobre datos inciertos.

También es muy importante saber si la demanda es dependiente o independiente entre artículos entre sí, y si es conocida o no, ya que esto dará la pauta a utilizar un modelo probabilístico o no probabilístico, y en general, es importante tener en claro los datos solicitados para la resolución de los modelos, ya que si no se tiene claridad sobre el volumen promedio requerido para cada producto, el costo de ordenar por pieza o costo promedio y el costo por mantener, el análisis ABC se alejaría un poco de la realidad y sería difícil implementarlo con éxito.

Capítulo 4. Mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo

Una vez que se sabe cómo realizar y ejecutar el análisis ABC para cada una de las refacciones más críticas del equipo que contiene más fallas en la línea de producción estudiada (encartonadora), se puede realizar de mejor manera el mantenimiento preventivo, ya que, muchas veces en las grandes industrias, se puede recorrer el cronograma de mantenimiento debido a un problema imprevisto, es decir, se adelantan los mantenimientos, y en muchas ocasiones, no se cuentan con las refacciones adecuadas para poder realizar la intervención deseada y el impacto en la línea de producción incrementa.

Existen principalmente dos tipos de mantenimiento para las máquinas en donde participan los mecánicos, que son; el mantenimiento correctivo y el mantenimiento preventivo. Para cada uno de estos, juega un papel muy importante contar con las piezas a cambiar de cada uno de los equipos.

El mantenimiento correctivo es la actuación que realizan los técnicos en respuesta a avisos sobre el mal funcionamiento de algún equipo, activo o proceso. Comprende un grupo de tareas cuyo propósito es corregir los fallos que sobrevienen en el funcionamiento de la maquinaria.

Estas actuaciones pueden llegar a ser solicitadas de forma inesperada. No forman parte de un plan de mantenimiento programado, y podría incluso pasar mucho tiempo sin resolución de la avería, usualmente cuando se quiebra o rompe una pieza, o cuando ocurren este tipo de incidencias, suele darse una situación crítica en las empresas y cuando hay una máquina que no está funcionando como debiera, la situación adquiere tintes de urgencia con facilidad.




Este tipo de situaciones crea un ambiente reactivo y estresante en la empresa, debido a que tienen que contar con la refacción y en dado caso que no la tuvieran, tienen que realizar el maquinado de la pieza en específico y posteriormente esperar fecha de entrega de proveedor, sin embargo, todo es tiempo de espera tiene impacto en la eficiencia de la línea de producción y el cumplimiento de plan de producción de la compañía.

El mantenimiento preventivo o mantenimiento planificado se enmarca en una estrategia de mantenimiento proactivo en la que la inspección debe llevarse a cabo antes de que se produzcan averías o fallos importantes. El mantenimiento planificado sigue calendarios significativos basados en la observación y la investigación, mientras que el mantenimiento preventivo puede realizarse diariamente.

Es importante que, durante el mantenimiento preventivo, se ejecute el cambio de piezas más críticas que se tiene que tomar en cuenta con las recomendaciones de proveedor, ya sea de manera semanal, mensual, semestral y anual, y, asimismo, se haga el cambio de las piezas que han presentado más desgaste durante su utilización y se abra la investigación del propio desgaste a través de un análisis de causa raíz.

De manera estratégica y antes de realizar cada mantenimiento preventivo, es importante que se tenga una rutina de lubricación y ajustes con los mecánicos para evitar rupturas o averías.

Un ejemplo de formato de mantenimiento es el siguiente:

		Plan de mantenimiento preventivo			
		Case packer, case sealer y case erector			
		Fecha:	XXXXXXXXXX		
Equipo/ Máquina	Case packer, case sealer, case erector				
TAG					
Criticidad					
Componente					
Marca					
Modelo					
No de Serie					
de Mantenimiento					
Frecuencia	Semanal/quincenal				
<p>Advertencias: Previo a la intervención de la máquina o equipo el técnico de mantenimiento en conjunto con el operador deberán cerciorarse de que esté en paro normal de operación o según lo marque el análisis de prevención de riesgos.</p>					
Operación		Tempo de ejecución:			
Frecuencia	Semestral	Estado: TÉCNICO ELECTROMECAÁN	Mano de Obra:		
Riesgos	Partes Específicas	Parte	Descripción de actividades	Refacción €	Cantidad
			Examine la banda en V de las transmisiones de los ventiladores.		

Aprobaciones				
Ing. de Proyectos	Mantenimiento Planeado	Jefe de Mantenimiento	EHS	Jefe de Proyectos

Imagen 1. Formato de mantenimiento preventivo

Line	Días	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Linea	Disponibles L-D	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	Festivos												
	Mtto			3		3			4				
	Proyectos												
	Calidad/Otros												
Manos Obra													

Imagen 2. Cronograma de mantenimiento

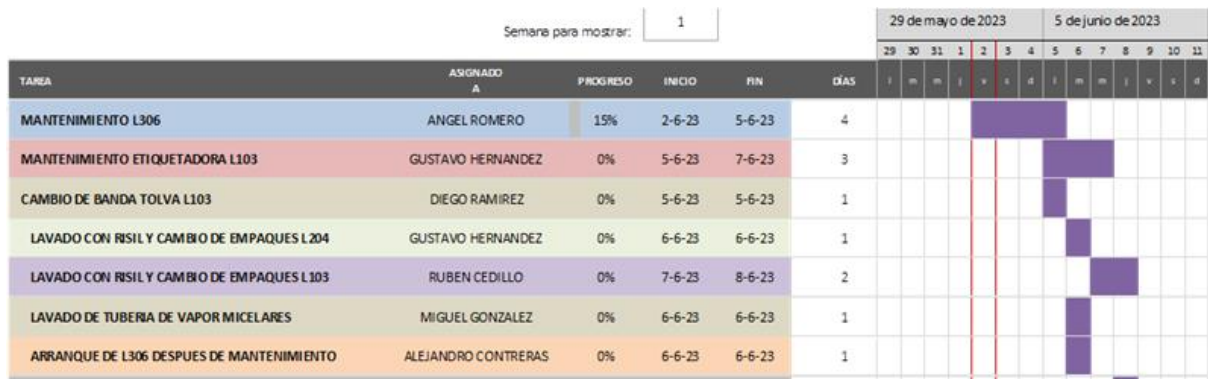


Imagen 3. Gantt de actividades de mantenimiento

Con anterioridad no existía un plan definido de actividades para mantenimiento programado debido a que usualmente se intervenía la maquina cuando el grado de deterioro era muy grande y no era sostenible mantener para operación. Gracias al análisis que se realizó en la encartonadora del inventario de refaccionamiento, se mejoró considerablemente la planeación de actividades para la maquina debido a la disponibilidad de refacciones que existían en almacén.

Capítulo 5. Desarrollo de mantenimiento autónomo.

El mantenimiento autónomo es un enfoque de mantenimiento que tiene como principal objetivo realizar mantenimiento preventivo desde el equipo de operadores, esto con la finalidad de que, a través de la limpieza y la inspección, se detecten anomalías en los equipos y sean reportados al equipo de mantenimiento, para que, a través de técnicas de lubricación o ajuste, se pueda evitar una posible avería por deterioro forzado, y así, alargar la vida útil de los equipos, básicamente, ayuda a reducir los tiempos de inactividad no planificados, aumenta la eficiencia de la producción y mejora la calidad del producto. Al involucrar a los operadores en el mantenimiento de sus máquinas, se puede aprovechar su conocimiento y experiencia para detectar problemas menores antes de que se conviertan en problemas mayores.

Es muy importante la capacitación y el empoderamiento que se le brinda a los operadores para contar con éxito en el mantenimiento autónomo para que desarrolle un mejor crecimiento hacia la mejora continua, a través de identificación y solución de problemas.

El objetivo es realizar un cambio cultural con todo el equipo operacional, uno de los principios fundamentales que debe tener el mantenimiento autónomo, es la creación de estándares para que se empiece a medir el progreso y se tengan Indicadores de Desempeño Operativos, para que sea medido el avance por operador y por línea.

A continuación, se muestra un ejemplo de un estándar de limpieza que se desarrolló:

#	Sub-sistema	Encartonadora	Elementos a Inspeccionar	Seguridad			Estado de la máquina	Material	Método de Limpieza	Método de Inspección	Qué vamos a inspeccionar	Lubricación		Ajuste		Frecuencia							
				Riesgos	Controles	Defensas						Lubricante	método y cantidad de lubricante	Herramienta	método de reapriete o ajuste	Fin de turno	Diario	Limpieza Cambio de OPC	Semanal	Quincenal	Mensual		
1	Formadora de Caja	1.1	Carretillas y rielles				Materia prima	1. Limpiar con cepillo todo el polvo atrapado en carretillas y rielles de corrugado. 2. Barrer la parte baja de la encartonadora para remover corrugados y residuos generados durante la operación.		1. Inspeccionar que las carretillas y rielles tengan libre movimiento, que no se encuentren hojas o que no presenten desgastes y/o rugosa. 2. Inspeccionar que los rodamientos no estén dañados.													
2	Sistema de sensores	1.2	Sensores				Materia prima	1. Limpiar el exceso de polvo con papel en los sensores. Revisar funcionamiento de sensor para disparo de pagamento.		1. Inspeccionar que no haya polvo o residuos en los sensores y que tengan en correcto funcionamiento. Inspeccionar que la base se encuentre dentro de posición recta y el disparo se encuentre sincronizado.													
3	Sistema de pegamento	1.3	Boquillas de Inyección de Adhesivo				Materia prima	1. Limpiar con papel, desengrasante y/o windex tanto la banda como los rodillos metálicos de transporte de caja. 2. Con papel y cepillo remover los restos de corrugado presentes en la base de la zona de rodillos.		1. Inspeccionar que no haya polvo o residuos de cartón en las guías y en cadenas de distribución de corrugado (sistema de tracción).													

Imagen 4. Desarrollo de estándar de Limpieza e Inspección.

Conclusiones.

La manufactura esbelta es un modelo muy importante dentro de la industria para la mejora y optimización de procesos, ya que, las herramientas empleadas ayudan a disminuir y minimizar las pérdidas producidas en cualquier proceso, identificando los principales desperdicios y minimizando los recursos disponibles, asimismo, antes de desarrollar cualquier método de mejora, es fundamental conocer el árbol de pérdidas de las líneas de producción para enfocar los recursos de manera adecuada.

Para la toma de decisiones de mejora de una línea de producción, es necesario siempre consultar a mecánicos y operadores, ya que ellos son los más involucrados dentro de la línea de producción y son los que tienen mayor conocimiento sobre el proceso, asimismo, las

ideas que surjan para la mejora continua, es importante comunicarlo a todo el equipo transversal involucrado para que se tenga alineación de las decisiones tomadas, por lo que la correcta comunicación con cada área, es indispensable.

Considero que las metodologías empleadas más importantes son el “Gemba walk” y “cinco por qué” debido a que ambos brindan una mejor orientación para la identificación y posibles soluciones de los problemas presentados.

La administración del inventario es de suma importancia, como se ha desarrollado en el presente trabajo, contar con un inventario en sistema que sea coherente con el real no es tarea fácil, sin embargo, es fundamental para poder optimizar los procesos productivos y eliminar alguno de los principales desperdicios de las industrias manufactureras tales como el inventario, los defectos y esperas.

Las técnicas empleadas tienen mucha utilidad para la optimización del inventario y son una gran herramienta para la disminución de costos de una empresa, ya que se observó una mejora en el costo de inventario por la reducción de costos por almacenaje y eliminación de códigos o productos que no tenían utilidad dentro de la empresa, asimismo, con la mejora de inventario se logró subir el performance de una línea de producción crítica, contando con grandes disminuciones de pérdidas a través del aumento de eficiencia.

Sin duda alguna, el inventario es pieza clave en cualquier organización y es un área en la que se debe de colocar mucha atención, es fundamental para determinar el crecimiento o declive de una empresa y, en lo personal, considero que muchas empresas no ponen el debido enfoque en esta área, ya que es muy común que en fábricas se tengan paros prolongados por desabasto de materiales en los procesos de producción y/o saturación de almacenes.

Un correcto inventario de refacciones brinda oportunidades para ejecutar de mejor manera el mantenimiento preventivo y mantenimiento autónomo, permite realizar una planeación adecuada de los paros en la línea de producción y enfocar recursos de manera enfocada.

Bibliografía

- Padilla-Camberos E, Flores-Valdes MA, García-Fajardo JA, et al. Cosméticos y Cosmecéuticos en México. Sal Jal. 2022;2(2):89-95. [1]
- Tejeda, A. S. (2011, 1 junio). Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos. Lean Manufacturing. <https://repositoriobiblioteca.intec.edu.do/handle/123456789/1364> [2]
- Miguel Angel Hortiales Rendon. (Diciembre 1997.). IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL. Universidad Autónoma de Nuevo León. <http://eprints.uanl.mx/496/1/1020128430.PDF> [3]