

EDP UNIVERSITY OF PUERTO RICO
RECINTO DE HATO REY
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN

IMPLEMENTACIÓN Y VENTAJAS DE UN SISTEMA DE OEE PARA LA INDUSTRIA DE
MANUFACTURA

(por sus siglas en inglés ‘Overall Equipment Effectiveness’)

REQUISITO PARA MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN

MAYO 2021

PREPARADO POR
JOSÉ A RODRÍGUEZ LUGO

©2021 Derechos Reservados. No puede ser reproducida en su totalidad o parcial sin la
autorización del Autor

Sirva la presente para certificar que el estudio de investigación Titulado

IMPLEMENTACIÓN Y VENTAJAS DE UN SISTEMA DE OEE PARA LA INDUSTRIA DE
MANUFACTURA

Preparado por:

José A Rodríguez Lugo

Ha sido aceptado como requisito para el grado de
Maestría en Sistemas de información

Mayo 2021

Aprobado por:



Dr. José A Molina, Director de Tesis



Dr. José R Vega, Director Escuela Graduada

SÍNTESIS

El desconocimiento en la industria de las ventajas que provee las herramientas de medición de la efectividad y calidad de sus máquinas y productos ha sido un obstáculo a la hora de seleccionar un sistema de medición capaz de corregir errores en las líneas de producción. Las industrias encaran muchos retos. La competencia de cual produce un mejor producto y de mejor calidad es el reto principal. Las Industrias deben afrontar las demandas cada vez más exigentes de los clientes adoptando métodos de producción que les permitan ser más competitivas en lo referente a calidad, servicio al cliente y costos más bajos. El no poder detectar fallas ocultas a tiempo es crucial y esto podría resultar en una salida del mercado. La competencia actual obliga a las organizaciones a buscar herramientas de mejora continua que les permitan superar la competencia.

El propósito de este trabajo es brindarle guías y experiencias de estos sistemas instalados en otras industrias a los gerentes que estén dispuestos a tomar decisiones para la mejora de sus procesos. Con la actual crisis económica que atraviesa el país es importante afinar los procesos y hacerlos más confiables. Aquí se presenta las guías de selección de los sistemas de monitoreo de eficiencia y calidad.

Este trabajo incluye desde las primeras experiencias con sistemas de monitoreo de calidad hasta sistemas actuales más complejos. El uso de la tecnología provee factores que interaccionan con estos sistemas para mejorar el manejo del flujo de información. Las actuales condiciones de competencia en el mercado obligan a la organización buscar un mecanismo de mejora continua que permitan marcar la diferencia frente a sus competidores y le facilite mantenerse dentro del negocio con posibilidades de crecimiento y expansión.

Las hipótesis establecidas en este estudio fueron confirmadas con la revisión de literatura presentada a todos los casos presentados al confirmar que la instalación de estos sistemas les produjo más ventajas que desventajas al ser instalados. Las industrias mejoraron sus rendimientos al igual que la calidad de sus productos. El resultado del estudio presenta que es necesario instalar en algún grado un sistema de medición.

Agradecimiento

Agradezco infinitamente a mi esposa. La compilación del presente material no habría sido posible sin la colaboración de mi esposa Amanda, formamos un equipo de trabajo. Gracias al Dr. José A Molina por su paciencia y ayuda. Gracias a Ti, Oh Dios, ¡hemos completado la obra!

Tabla de Contenido

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
Introducción	1
Trasfondo histórico	3
Definición del problema	5
Preguntas de investigación.....	5
Hipótesis	6
Justificación e importancia del estudio	6
Definición de términos.....	8
REVISION DE LITERATURA	22
Introducción	22
OEE.....	23
Indicadores de productividad en las empresas.....	23
Tecnología del OEE.....	25
Mejora de OEE por la implementación de un sistema de TPM.....	25
Implementación de OEE – problemas y desafíos	27
Eficiencia de la máquina y utilización de la mano de obra en las líneas de producción	28
OEE: Uso de los conceptos para medir la eficacia de un equipo de mantenimiento.....	31
Aplicación del coeficiente OEE para la mejora en la confiabilidad de las líneas de manufactura	32

Desarrollo de un sistema de medida OEE.....	33
Una revisión sobre las técnicas de implementación de manufactura tipo lean.....	35
Potencial y límites de OEE en la Gestión Total de la Productividad.....	37
Preguntas y respuestas sobre el OEE	38
Seis grandes pérdidas de un equipo industrial	43
METODOLOGÍA.....	44
Introducción	44
Diseño de la investigación	45
Tipo de investigación.....	46
Marco Metodológico.....	46
Recolección de Datos.....	47
Procedimiento operacional.....	47
Resumen.....	48
RESULTADOS Y ANALISIS	49
Introducción	49
Hallazgos de la investigación.....	49
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
Introducción	54
Conclusiones.....	55
Recomendaciones	58

REFERENCIAS.....	60
Apéndices.....	67
Apéndice A	68
Gráficas de OEE	68

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Introducción

Con el pasar de los años el auge de la tecnología ha sido sorprendente. Toda gira en torno a diversos aparatos que son construidos para tener un mundo más tecnológico, los cambios han sido constantes. No obstante, estos cambios han afectado a diversas generaciones y también han afectado la globalización de los países, La integración mundial ha cobrado velocidad de forma espectacular debido a los avances sin precedentes en la tecnología, las comunicaciones, la ciencia y la industria. Si bien la globalización es a la vez un catalizador y una consecuencia del progreso humano, es también un proceso que requiere ajustes y plantea desafíos para resolver los problemas económicos de los países a nivel mundial.

Cuando se critica los efectos de la globalización, suelen referirse a la integración económica que se produce cuando los países reducen los obstáculos, como los aranceles de importación y abren su economía a la inversión y al comercio con el resto del mundo. Los detractores se quejan de que las disparidades que se producen en el sistema comercial mundial perjudican a los países en desarrollo. Alegan que es una política de apertura indiscriminada de mercados en virtud de la cual se tiende a que todos los países abran sus mercados y compitan en aparente igualdad de condiciones. Para que las compañías puedan beneficiarse de la globalización, esforzándose en crear maneras más económicas de producción.

Según Flores (2020), un mundo globalizado requiere que las operaciones productivas sean cada vez más eficientes. Roghanian & Alipour citados por Flores, afirman que con la globalización se manejan diferentes enfoques y teorías sobre las técnicas productivas y se requiere que las organizaciones encuentren el modelo que les permita mantener ventajas

competitivas en el mercado, por lo cual la identificación de ineficiencias o desperdicios en los procesos productivos se vuelve cada vez más necesaria.

El rol que desempeña la tecnología en el mundo actual es de suma importancia para el hombre y su ambiente de trabajo. El desarrollo de nuevos sistemas, aplicaciones y programas ha facilitado los procesos en general. Se han desarrollado soluciones rápidas a problemas que antes parecían casi imposibles de resolver y han facilitado la ejecución de funciones complejas. La mayoría de las compañías de manufactura aprovechan la combinación de estas nuevas tecnologías para desarrollar aplicaciones o sistemas para crear indicadores que puedan medir la eficiencia de sus líneas de producción.

Es imperativo la utilización correcta de estos indicadores de eficiencia utilizando los métodos científicos de medición ya que una mala implementación producirá resultados erróneos los cuales serán utilizados de manera incorrecta. Todo esto debe ser estudiado y analizado antes de la implementación y utilización de las variables establecidas

Las nuevas aplicaciones o sistemas pueden lograr capturar valores que servirán para poder medir las tres variables más importantes en una máquina. Estas variables son disponibilidad, rendimiento y calidad. Poder atender estas variables brinda la oportunidad de saber el comportamiento, la eficiencia de cada máquina, entender y encontrar las pérdidas ocultas que existen. También se puede medir el desempeño no solo de la máquina sino también del operador u operadores de ésta. Otro resultado posible es el tiempo de retorno de la inversión para así saber si las inversiones realizadas han sido efectivas.

Uno de estos sistemas que utiliza la tecnología moderna es el sistema de OEE “Eficiencia Global de Equipos” (por sus siglas en inglés “Overall Equipment Efficiency”). Este sistema utiliza matemáticas simples para realizar los cálculos basándose en la información obtenida de la

máquina. Pueden ir desde lecturas simples a complejos, según la necesidad y requerimientos del usuario final. Además de sus usos comunes de recolectar data, pueden ayudar a detectar posibles problemas o predecir posibles fallas del equipo al observar las tendencias.

Si se logra predecir y corregir los posibles problemas, se aumentaría la productividad a la vez que se pueden reducir los gastos y poder impedir fallas y paradas innecesarias. Sin duda que estos indicadores de eficiencia proveen las herramientas necesarias para tomar decisiones correctas en la línea de producción.

Este trabajo tiene como propósito presentar a la industria y sus gerentes los beneficios de un sistema de OEE, las diferentes tecnologías existentes, maneras de implementación y ventajas que estos sistemas les puede ofrecer.

Trasfondo histórico

La historia de la medición se remonta al año de 1880 cuando se utilizó para medir la jornada adecuada de trabajo. Cerca del 1900 se realizaron los primeros estudios de métodos, cuyo objetivo fue conseguir los mejores métodos de trabajo. Luego en el 1928 se comenzó con el estudio sobre las relaciones humanas. Desde el comienzo de estos estudios, la gerencia ha tratado de ahorrar en su mano de obra. Los estudios de tiempo y movimiento proveen a la gerencia las herramientas necesarias para mejorar y medir la productividad (Meyer, 2000).

Tras el final de la Segunda Guerra Mundial varios consultores fueron enviados para ayudar a Japón en la recuperación logrando convertirla en la segunda potencia industrial del mundo. Nuevas técnicas fueron desarrolladas y se introdujeron las técnicas llamadas Gráficos de Control y la herramienta SPC “Control Estadístico de Proceso” (por sus siglas en inglés ‘Statistic Process Control’) para controlar la de calidad en producción (Flández, 2016).

Las industrias han invertido millones de dólares en equipos de manufactura. Estos producían para aumentar su eficiencia, pero sin tener nada que midiera sus pérdidas. A través de los años se han creado técnicas no estandarizadas para la medición de pérdidas. Se han realizado estudios de cómo reducir la pérdida y hacer más eficientes los equipos de manufactura. Cada industria tiene necesidades diferentes de otras aun siendo del mismo tipo. Las necesidades varían dependiendo de lo que la gerencia desea o cree más importante. Uno de los sistemas más utilizados en la industria local es el sistema de medición OEE. El sistema de OEE comenzó en el año 1969 en Japón para la industria automotriz, originalmente llamado TPM “Mantenimiento Total Productivo” por sus siglas en inglés ‘Total Productive Maintenance’. Este sistema fue afinado y mejorado durante la siguiente década. Fue adaptado en los Estados Unidos en la mitad de la década de los 80 (Williamson, 2015).

Al finalizar la Segunda Guerra Mundial la condición económica de Estados Unidos, así como la de Japón ayudó al desarrollo de la idea de grupo de mejoras de calidad por motivos y modos diferentes. En Estados Unidos, estaban en la transición de los productos militares a los productos civiles. La demanda por los productos civiles aumento grandemente. La escasez ocurrida a causa de la guerra produjo un crecimiento rápido de la industria (Forneto, H. 2006).

Cada industria adaptó el sistema a sus necesidades a su tipo de producción creando sistemas únicos variando desde sencillos a complejos. Aunque localmente es que se ha visto un incremento en la utilización del OEE en industria de consumo. La competencia ha forzado a estas industrias a buscar sus pérdidas para mejorar su ofrecimiento en el mercado. Industrias como gaseosas y lácteas han comenzado a implementar estos sistemas dejando atrás los sistemas arcaicos de medición. El éxito de estas es medido a través del sistema de OEE, la industria que no implemente estos tipos de sistemas no es competitiva en el mercado al cual pertenece.

Definición del problema

El propósito de esta investigación fue evaluar como añadir nuevas variables a la ecuación de OEE sin afectar los resultados producidos por esta. Toda compañía necesita tener conocimiento sobre su estado de ganancias y situación de pérdidas. Esto para saber cuáles son sus costos de producción. Se presentan varias opciones las cuales una compañía puede escoger. Estas opciones varían desde complejidad de trabajo hasta costo. Muchas compañías invierten miles de dólares en equipos que realmente no llenan su necesidad completa.

La implementación correcta de un sistema de OEE puede ayudar a la toma de decisiones adecuada en lo que concierne a la producción, gastos y consumo. Además, puede añadir nuevas variables como el operador y utilizar el sistema como herramienta de mantenimiento podría asistir a la planta en la pronta recuperación en caso de fallas o prevenir estas. EL OEE es una razón porcentual que sirve para medir el aprovechamiento de la maquinaria. Cada empresa debe tener conocimiento sobre la disponibilidad de sus equipos, cuanto tiempo están en producción, cuanto producen, cuanto se detienen, cuáles son las causas de estas paradas y muy importante cuales son las perdidas.

Preguntas de investigación

- ¿Es beneficioso para una empresa tener instalado un sistema de OEE en el momento de tomar decisiones que afecten el rendimiento de una maquinaria o empleado?
- ¿Qué tipo de sistema de OEE se debe implementar en una planta?
- ¿Qué factores se deben tomar en consideración al momento de implementar un sistema de OEE?

Hipótesis

Hi: La instalación de un sistema de OEE en las maquinas incrementa el rendimiento de esta.

Hi: La instalación de un sistema de OEE mejora la productividad de la empresa.

Ho: Los resultados que provee un sistema de OEE no están relacionados con la calidad del producto y productividad del operador de la máquina.

Justificación e importancia del estudio

Este estudio beneficiará la industria en general. Al aplicar los resultados de esta investigación podrán tomar las decisiones correctas al momento de invertir en maquinaria, evaluar la producción, saber sus pérdidas ocultas y al momento de evaluar su personal

Los gerentes necesitan tener un mapa completo de lo que pasa en su empresa para así tomar decisiones correctas en lo que concierne a la perspectiva financiera. Las decisiones no siempre se toman correctamente por no tener las herramientas necesarias. Muchas decisiones tomadas no siempre son reversibles o difícilmente replicables, éstas conllevan al riesgo, sus efectos se ven en el corto y largo plazo dependiendo de estas la subsistencia de la empresa. Estas decisiones pueden afectar su competitividad en el mercado y aumentar sus gastos de consumo.

De acuerdo con Pérez Aguilar (2015), tener la información no es suficiente, hay que saber utilizarla, tener los mecanismos para tratarla y sacar el mayor provecho. Este estudio pretende traer las herramientas necesarias para la buena toma de decisiones por parte de la gerencia a la hora de implementar un sistema de OEE.

Para lograr una mejora en la productividad lo primero que se debe hacer es medir. En los últimos tiempos se está empezando a utilizar en las empresas un indicador para medir las pérdidas de productividad que hacen que nunca seamos capaces de fabricar todo aquello que podríamos. Este indicador se denomina OEE. Para entender el concepto de pérdida, se introduce

el concepto de Máquina Ideal. Las máquinas, equipos o líneas de producción ideales, trabajarían sin averías ni parada, a la velocidad ideal a la que fueron diseñados, sin averías ni paradas y sin problema de calidad, produciendo sólo producto de primera. Se hace imprescindible identificar las pérdidas, que hacen que la producción real siempre sea menor que la capacidad de los equipos instalados (Lucero, 2006).

En la conferencia coloquio, “¿Cómo podemos ser competitivos en nuestros procesos?” la conferenciante Fuster (2014), habla sobre cómo mejorar la productividad, si el producto/servicio atiende a las expectativas de los clientes, significa mejorar la cuenta de resultados tanto en empresas industriales como de servicios. La producción no ha tenido la consideración estratégica que razonablemente le corresponde, debido a que las empresas buscaban la diferenciación en otros campos y no en la eficiencia en la fabricación de sus productos y servicios. Con márgenes más estrechos y mejores competidores, las empresas están teniendo que mirar a las áreas de fabricación para tratar de buscar ventajas que les permitan competir. Se puede asociar el beneficio como los ingresos por ventas menos los costos directos e indirectos del producto disponible para el cliente, es decir, costos de fabricación, gastos generales y amortizaciones.

Hansen (2019), indica que a medida que avanzan las tecnologías y los equipamientos, el objetivo fundamental es optimizar la producción para los fabricantes. La medición en relación con este objetivo requiere un enfoque delineado y la Eficiencia General de Equipamientos (OEE) se ha convertido en uno de los indicadores clave del rendimiento. Según este autor, la razón es entre lo que se produce realmente y lo que se podría haber producido de no existir paros innecesarios.

También Hansen argumenta que el OEE mide tres métricas del proceso de manufactura: disponibilidad (tiempo de inactividad), rendimiento (velocidad de producción) y calidad

(productos dentro de los estándares). Las medidas se traducen en porcentajes y los porcentajes se ponderan para lograr la eficiencia del equipamiento en el entorno de la fabricación.

También opina que, al comprender la capacidad teórica del equipo, se pueden realizar ajustes apropiados para satisfacer las demandas de producción. En caso de que no se satisfagan las demandas de producción, el nivel de OEE también es un indicador de la razón detrás de este déficit; si el OEE es bajo, la eficacia del equipamiento es la causa. Conocer los porcentajes del OEE, dónde caen estos durante el proceso de producción, y lo que eso significa para la producción. Realizar un constante monitoreo y mejorar los porcentajes de OEE puede conducir a cambios simples pero rápidos y rentables en la línea de producción al centrarse en el mantenimiento preventivo, eliminar las ineficiencias, incluida la reducción del tiempo de inactividad requerido y del no planificado, reducir las causas comunes de fallas del equipo.

Definición de términos

Para ayudar en el entendimiento de este trabajo se ofrecen a continuación la definición de términos más relevantes de este trabajo.

OEE - La Efectividad Global los Equipos (OEE por las iniciales en inglés de “*Overall Equipment Effectiveness*”) es una métrica utilizada para representar en un sólo indicador tres parámetros de suma importancia para la mejora en la productividad de industrias de manufactura. Esto puede aplicar a una sola máquina, una línea de producción aislada o una planta completa, (Sejzer, 2016).

Tendencias - Es un patrón de comportamiento de los elementos de un entorno particular durante un periodo de tiempo, simplemente la dirección o rumbo del mercado. En base a los niveles del consumo, aplicación, factibilidad y utilización de estos (Eduardo, 2015).

Abdel (2011), define tendencias, como lo último en tecnología o alguna novedad de esta, que ayuda a la humanidad satisfacer sus necesidades de un modo más rápido, efectivo y eficaz.

La incorporación de bienes y servicios tanto informáticos como telemáticos ofrecen ventajas como también propone desafíos. Alcanza madurez cuando suelen ser viable, porque se adapta al estilo de vida y revoluciona al mercado, dependiendo de hacia donde este orientada la tendencia.

Disponibilidad - Se relaciona el tiempo total que hubo disponible con el que realmente se estuvo produciendo. Aquí aparecen dos tipos de tiempos improductivos: los programados (por mantenimiento, por ejemplo) y los no programados (por cuellos de botella en otra parte del sistema o por averías, por citar algunos casos) (Sejzer, 2016).

Según Jiménez (2011), es la capacidad de un activo o componente para estar en un estado (arriba) para realizar una función requerida bajo condiciones dadas en un instante dado de tiempo o durante un determinado intervalo de tiempo, asumiendo que los recursos externos necesarios se han proporcionado. Y tiene como fórmula:

$$Do = \text{MUT} / (\text{MUT} + \text{MTTR})$$

Donde:

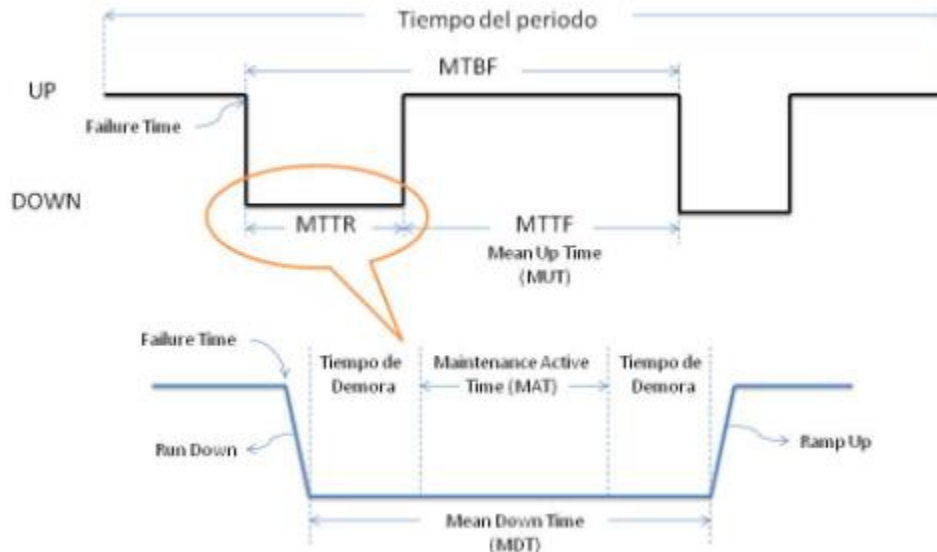
MTTR (Mean Time To Repair): Es el Tiempo Promedio para Reparar

MUT (Mean Up Time): es Tiempo Promedio en Operación (arriba) o Tiempo promedio para fallar (MTTF)

MTBF (Mean Time Between Failures): Es el Tiempo promedio entre Fallas

como lo indica la siguiente figura 1:

Figura 1: Tiempos de Mantenimiento



Rendimiento - Se hace referencia al aprovechamiento de la capacidad de la máquina en el tiempo que estuvo en operación. Las disminuciones del rendimiento son provocadas generalmente por pequeñas paradas o por variaciones de la velocidad, a valores menores que la nominal de la máquina (Sejzer, 2016).

Añadiendo a esta definición según Pérez y Merino (2008), es la proporción que surge entre los medios empleados para obtener algo y el resultado que se consigue. Es un concepto con el que se define el cociente entre el trabajo que una máquina realizada de forma útil durante un determinado periodo de tiempo y el trabajo total que se le ha entregado a aquella durante ese citado tiempo.

Indican también que se encuentra vinculado al de eficiencia o al de efectividad. La eficiencia es la capacidad de lograr un resultado empleando la menor cantidad posible de recursos, mientras que la efectividad se centra directamente en la capacidad de obtener el efecto que se busca. En el

ámbito de las empresas, la noción de rendimiento se refiere al beneficio económico que ofrece cada unidad productiva.

Calidad - Se contempla el porcentaje de productos defectuosos sobre el total de productos fabricados (Sejzer, 2016).

Según Pérez y Merino (2008), se encuentra condicionada por tres puntos básicos:

1. la perspectiva técnica - que abarca los detalles científicos y tecnológicos relacionados al producto
2. la dimensión humana - la cual busca promover un vínculo positivo entre clientes y entidades empresariales
3. la dimensión económica - que busca reducir los costos, tanto para la compañía como para el consumidor

Otros aspectos importantes son la cantidad justa del producto que se comercializa, la agilidad en su distribución y su precio concreto. Para garantizar la calidad de un producto, existen normas o pautas que funcionan como reglas a seguir. Cada empresa cuenta con normas internas, hay otras que son obligatorias de acuerdo con lo estipulado por las leyes (Pérez y Merino, 2008).

SPC (Statistical Process Control) - Es un conjunto de técnicas orientadas a detectar variaciones en un proceso de producción y tomar las acciones correctivas oportunas a fin de conseguir una mejora en la calidad del producto obtenido (Jaramillo, 2005).

Otra definición para control de calidad según Pérez y Gardey (2016), es el proceso que se lleva a cabo con el objetivo de detectar posibles fallas, inconvenientes o errores en alguna cosa. Estos procedimientos son habituales en industrias y empresas para garantizar que los servicios y los productos que se ofrecen a los clientes cumplan con determinados parámetros. En los procesos automatizados para llevar a cabo el control de calidad son relativamente recientes en la

historia de la industria. Hasta hace unos años, este trabajo lo realizaban grupos de personas de forma manual, pero en la actualidad existen sistemas desarrollados específicamente para cada tipo de alimento, que deben realizar una serie de pasos para decidir si la calidad es aceptable. En los últimos tiempos, la maquinaria usada en el control de calidad cuenta con la suficiente inteligencia artificial como para analizar todos los aspectos importantes de los productos y detectar diversas anomalías; por ejemplo, pueden comparar tamaños, advertir imperfecciones y detectar defectos internos, gracias al uso de cámaras de visión infrarroja.

Merma – es la pérdida de valor de existencias consistente en la diferencia entre el stock de estas que aparece reflejado en la contabilidad y las existencias reales que hay en el almacén de la compañía. Por tanto, una merma refleja la diferencia entre las existencias reales de las que dispone una compañía y las existencias teóricas que aparecen en los libros contables (Donoso, 2017).

Según definición ABC (2014), se le atribuyen dos usos fundamentales. Por un lado, la usamos especialmente como sinónimo de la palabra disminución y por ende para referir el descenso, la reducción que experimenta una determinada acción. El concepto casi siempre se utiliza para indicar la baja de alguna cuestión en relación con una medición o cifra anterior que mostraba esa cuestión o variable en un estadio superior. Todas aquellas cosas que son plausibles de ser cuantificadas pueden ser evaluadas en cuanto a la merma que puedan sufrir en algún momento, por alguna situación o contexto que las involucra. También es un concepto que puede ser aplicado en las más diversas situaciones y ámbitos para referir la disminución que algo está sufriendo.

Periodización – Es un segmento de tiempo a partir de una unidad, Tiempo cero(T0) a tiempo uno (T1). (Definición ABC, 2017).

Según Roldán (2018), en la página de Economipedia lo define como el proceso contable mediante el cual la empresa imputa o asigna a cada ejercicio económico los ingresos y gastos que le corresponden. Consiste en reconocer el resultado que ha obtenido en cada período económico, independientemente de cuándo se hagan los pagos o cobros. Esto implica imputar o asignar ingresos o gastos a cada período contable, sin tener en cuenta el momento en que estos se hagan efectivos.

Roldán señala que el principio contable básico es el principio de devengo. Este implica que todo lo que ha devengado en un período debe ser asignado a ese mismo período con independencia del momento en que ocurra el pago o cobro. También indica que el objetivo principal de este proceso contable es diferenciar el hecho económico real de la corriente de flujos de dinero. La contabilidad lo utilizó como una herramienta de ajuste contable. Y sus características principales son que:

1. Es un proceso contable.
2. Es el principio básico para seguir es el devengo.
3. En la mayoría de los países es obligatorio.
4. Se recoge dentro de los principios contables generalmente aceptados.
5. Cada ejercicio contable debe reflejar las transacciones que se hicieron en el mismo.

De igual manera añade que los elementos de la periodificación incluyen:

1. Gastos anticipados.
2. Ingresos anticipados.
3. Intereses pagados por anticipado.
4. Intereses cobrados por anticipado.

Cuello de Botella (Producción) - Un cuello de botella en el proceso de producción es una etapa de la cadena de producción que se realiza de manera más lenta que las demás. Estos hacen que el proceso productivo pierda su eficiencia, ya que el proceso general se hace más lento o se aumentan los costos de producción. Aparte de la pérdida de la eficiencia productiva puede provocar que las empresas ganen menos, debido a que se requiere mayor tiempo para el proceso de producción, lo que eleva los costos y en el peor de los casos puede comprometer la satisfacción de los clientes (Quiroa, 2020). Recalca que los factores para generar cuellos de botella son cuando:

1. Existe equipo o material insuficiente o inadecuado
2. El personal no posee la experiencia o conocimiento laboral necesaria
3. Falta espacio para almacenar productos
4. Falta interés de los directivos y responsables del proceso de producción

Los cuellos de botella a pesar de que se producen en una etapa concreta del proceso de producción, al final de cuentas afectan al proceso productivo en su conjunto, haciéndolo ineficiente y costoso.

Según Polo (2019), implica aquellas “situaciones” que hacen a una determinada cadena productiva más lenta de lo esperado. Por “cadena productiva” podemos entender procesos de todo tipo, no solo de creación de bienes o servicios. Este término hace referencia, de manera literal, al cuello de una botella que restringe el flujo de salida del líquido que se encuentra en ella. Y esto ocurre de la misma forma en muchas empresas, en las que determinados puntos críticos reducen el flujo de salida de los productos y/o servicios en sus procesos.

Polo sostiene que todos los procesos en una organización son diferentes y, por lo tanto, las causas de la aparición de cuellos de botella varían en función de las características de estos.

También, en algunas ocasiones la causa de la ralentización de un proceso es la falta de personal o la rotación que puede sufrir una organización. Otra causa puede ser la avería de un equipo o una máquina responsable de llevar a cabo acciones dentro del proceso. Pero no solo puede aparecer por falta de recursos, también puede ser originado por una mala gestión del proceso, problemas que se reflejan en errores como la falta de recursos, excesiva permisividad en los plazos establecidos, mala contratación de proveedores o distribuidores o hasta personal no competente para ejecutar las tareas. Esto siempre provoca retraso o paralización. Lo que incide directamente en un aumento de los costes generales, afectando todo el proceso productivo y de gestión de la organización.

TPM - El Mantenimiento Productivo Total, también conocido como TPM, por sus siglas en inglés (*“Total Productive Maintenance”*), nació en Estados Unidos, es un concepto de mantenimiento preventivo desarrollados en los años cincuenta. El mantenimiento preventivo consiste en actividades de revisión parcial de forma planificada, en las cuales se ejecutan cambios, sustituciones, lubricaciones, entre otras actividades; antes de que se materialicen las fallas. La forma planificada requiere de una programación periódica, teniendo en cuenta las recomendaciones técnicas del fabricante, y el histórico de averías de los equipos. Evolución de la planificación periódica de las actividades de mantenimiento, se incorpora el concepto de mejoramiento de los equipos, con el propósito de evitar fallas, aprovechando el conocimiento del operario. Como resultado nace un plan de mantenimiento relacionado con mejoras incrementales. De este concepto de planificación periódica del mantenimiento relacionado con mejoras incrementales, nace el TPM (Salazar, 2019).

Según Peycheva (2018), TPM y Mantenimiento Industrial: son ejemplos y la definición dice que uno de los principales objetivos es crear una responsabilidad compartida hacia los

equipos al capacitar a los operadores para ayudar en el mantenimiento de las máquinas (empoderamiento). El llamado mantenimiento autónomo puede mejorar drásticamente la productividad a través del aumento del tiempo de corrida. Se esfuerza por lograr un ciclo de producción continuo sin averías y mejorando la integridad.

Al aplicar el concepto del 5S el enfoque de Mantenimiento Productivo Total tiene un gran impacto en la calidad del mantenimiento industrial, en la mejora de las técnicas de fabricación, en la limpieza y el orden de las plantas y en las habilidades y la educación de los empleados de mantenimiento. Las 5S del TPM son:

1. “*Sort*” (Ordenar) - La primera S tiene como objetivo eliminar cualquier cosa que no sea realmente necesaria en el área de trabajo, como por ejemplo materiales y equipos innecesarios
2. “*Straighten, Set*” (Enderezar, establecer) - El objetivo de la segunda S es organizar los elementos restantes con el fin de definir y mantener ubicaciones limpias para las herramientas, máquinas y materiales.
3. “*Shine, Sweep*” (Brillo, barrido) - La tercera S se refiere a la implementación de prácticas regulares de limpieza dividiendo el área de fabricación en diferentes áreas de limpieza y asignando un equipo responsable a cada una
4. “*Standardize*” (estandarizar) - La cuarta S se centra en la creación de estándares para la realización de las tres actividades anteriores.
5. “*Sustain*” (sostenibilidad) - El objetivo de la quinta S es hacer sostenible el sistema garantizando que todas las normas se apliquen regularmente (Peycheva, 2018).

CTQ – “*Critical To Quality*”, literalmente "valores críticos para la calidad". Calidad percibida por el cliente de un producto o servicio. Son la transformación de los problemas en una métrica

medible. Por lo tanto, el CTQ es el elemento clave sobre el que se realizan correcciones para mejorar la calidad del servicio o producto (Zontini, 2021).

Según DeLayne (2016), son las características medibles clave de un producto o proceso cuyos estándares de rendimiento o límites de especificación deben cumplirse para satisfacer a los clientes. Estas salidas representan las características del producto o servicio definidas por el cliente (interno o externo). Pueden incluir los límites de especificación superior e inferior o cualquier otro factor relacionado con el producto o servicio. Debe interpretarse a partir de una declaración cualitativa del cliente a una especificación empresarial cuantitativa procesable. Establecer es vital para que una empresa satisfaga las necesidades de los clientes y se mantenga al día con la competencia.

Lean – Es un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio de excesos, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor al proceso, pero sí costo y trabajo (Socconini, 2019).

Se centra en aumentar el valor del cliente al tiempo que disminuye el desperdicio. Puede aplicarse tanto a las empresas orientadas a productos como a los servicios. Comenzó con las empresas de fabricación, las empresas de servicios todavía a menudo pierden tiempo y materiales. En cualquier contexto, los propietarios de negocios deben buscar maneras de agregar valor al cliente mientras eliminan cualquier cosa que no agregue directa o indirectamente el valor del cliente (Hansson, 2019).

Para Hansson una de las metodologías más comunes es “lean six sigma”. Esto proviene de la idea de lograr la perfección dentro de seis desviaciones estándar. Es decir, sólo habrá defectos en el producto o proceso 99.99966%. Se mezcla en los conceptos gerenciales y orientados al trabajo en equipo. Cuando se hace correctamente, puede aumentar las ganancias y

reducir costos y, al mismo tiempo aumentar la satisfacción del cliente. Los 5 principios del proceso Lean son:

1. Identificar el valor recibido por el cliente final
2. Asignar la secuencia de valores para identificar los pasos del proceso de fabricación o servicio que no agreguen valor.
3. Crear un flujo asegurándose de que los pasos con más valor se producen en secuencia para mover el resultado final al cliente.
4. Asegurarse de que los clientes obtengan valor de cada actividad.
5. Buscar la perfección repitiendo el proceso hasta que no haya desperdicio y valor máximo (Hansson, 2019).

SCADA - El nombre SCADA significa: (Supervisory Control And Data Acquisition, Control Supervisor y Adquisición de datos). Un sistema SCADA es una aplicación o conjunto de aplicaciones software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores de control de producción, con acceso a la planta mediante la comunicación con los instrumentos y actuadores, además contiene una interfaz gráfica de alto nivel con el usuario. La interconexión de los sistemas SCADA también es propia, se realiza una interfaz del PC a la planta centralizada, cerrando el lazo sobre el ordenador principal de supervisión. El sistema permite comunicarse con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, sistemas de dosificación, etc.) para controlar el proceso en forma automática desde la pantalla del ordenador, que es configurada por el usuario y puede ser modificada con facilidad. Además, provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios (Comagosa, Gallegoy Pacheco, 2004).

Según Bauerschmitt (2016), esto son los sistemas de control de la red de monitoreo,

control y optimización de plantas industriales. Son herramientas universales, pero altamente personalizables, que se utilizan en sistemas de tratamiento de agua, en la generación y distribución de energía, en plantas químicas, faenas mineras, plantas de producción, entre otras, para recoger datos, transformarlos en información que luego se despliega de forma didáctica al operador del proceso. De esta forma, éste último está en condiciones de entender las condiciones actuales del proceso y tomar de forma eficaz las decisiones indicadas para que se realice bajo condiciones óptimas de rendimiento y seguridad.

Puma (2006), define sistemas de supervisión, control y adquisición de datos. Y se trata de una aplicación de “software” especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo controladores autónomos, autómatas programables, etc., y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. Además, provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros supervisores dentro de la empresa, control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc. Los programas necesarios, y el hardware adicional que se necesite, se denominan en general sistemas SCADA.

Autómata Programable - es un sistema electrónico programable diseñado para ser utilizado en un entorno industrial, que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario, para implantar unas soluciones específicas tales como funciones lógicas, secuencia, temporización, recuento y funciones aritméticas con el fin de controlar mediante entradas y salidas, digitales y analógicas diversos tipos de máquinas o procesos (Mateos, 2004).

Analógica - Son variables eléctricas que evolucionan en el tiempo en forma análoga a alguna

variable física. Estas variables pueden presentarse en la forma de una corriente, una tensión o una carga eléctrica. Varían en forma continua entre un límite inferior y un límite superior.

Cuando estos límites coinciden con los límites que admite un determinado dispositivo, se dice que la señal está normalizada. La ventaja de trabajar con señales normalizadas es que se provecha mejor la relación señal/ruido del dispositivo (Miyara, 2004).

Digitales - Son variables eléctricas con dos niveles bien diferenciados que se alternan en el tiempo transmitiendo información según un código previamente acordado. Cada nivel eléctrico representa uno de dos símbolos: 0 o 1, Verdadero o Falso, etc. (Miyara, 2004).

HMI - es el punto en el que seres humanos y computadores se ponen en contacto, transmitiéndose mutuamente tanto información, órdenes y datos como sensaciones, intuiciones y nuevas formas de ver las cosas. Por otro lado, la interfaz es también un límite a la comunicación en muchos casos, ya que aquello que no sea posible expresar a través de ella permanecerá fuera de nuestra relación mutua. Es así como en muchos casos la interfaz se convierte en una barrera debido a un pobre diseño y una escasa atención a los detalles de la tarea a realizar, (Rodríguez, 2006)

Hooper (2017), lo define como una interfaz humano-máquina (HMI) diseñada para aplicaciones industriales. Una interfaz hombre-máquina abarca tanto los componentes de hardware como de software necesarios para el intercambio de información entre un operador humano y una máquina, en este caso, un sistema industrial o maquinaria o equipo industrial. Es la principal herramienta en la que se basan los operadores industriales y los supervisores de línea para la coordinación y el control de la fabricación o los procesos industriales, normalmente en un entorno vegetal. HMI industriales.

Las HMI también se conocen comúnmente como interfaz de usuario (UI), interfaz hombre-máquina (MMI) o terminal de interfaz de operador (OIT). También puede escuchar los términos panel del operador o terminal del operador utilizados para describir una HMI industrial.

Esencialmente, es un panel de operaciones que permite a los usuarios controlar el funcionamiento del equipo o dispositivo y, normalmente, proporcionar comentarios a los operadores en términos de rendimiento, funciones activas y otras métricas. A medida que las tendencias de automatización industrial siguen creciendo, las HMI bien diseñadas son cada vez más cruciales para el éxito operativo (Hooper, 2017).

CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

Introducción

La revisión de literatura está centrada en la búsqueda de información relacionada en la implementación correcta y modificación de un sistema de OEE en una planta de manufactura. La información recopilada fue dividida en subtemas para el mayor entendimiento del lector. Este tema es muy importante dentro de la manufactura. Ya que los datos recopilados sirven para la realización de estudios futuros.

En toda investigación, la revisión de literatura sustenta lo que estamos trabajando. El trabajo está basado en el desarrollo e implementación del OEE. Las actuales condiciones de competencia en el mercado obligan a las organizaciones a buscar un mecanismo de mejora continua que permitan las posibilidades de crecimiento y expansión. Según Touron (2019), cuando se cuenta con buenos datos de manera automatizada y en tiempo real, no es algo fácil de conseguir, ni es una comodidad, es una parte crucial de cualquier proceso de transformación digital de una industria, sin esta estar fracasando antes de empezar a implementar. Un proceso de mejora comienza en los datos, que nos indican una situación imperfecta que pueda mejorarse. Si no contamos con detalles precisos de las características del error o el fallo, nos resultará imposible abordar una solución exitosa.

El autor sostiene que los datos deben ser aplicados a formulas establecidas para así determinar la eficiencia de lo que se está midiendo. Y son necesarios para tomar decisiones sobre las paradas, las mermas, las averías y los cuellos de botella que están directamente relacionadas con los resultados económicos de la compañía.

OEE

El OEE es una medida importante para evaluar el rendimiento de los equipos. Tres mediciones clave que se incluyen en el OEE son: disponibilidad, tasa de rendimiento y tasa de calidad. Es la relación de la salida real del equipo con su salida máxima teórica. Puede ser visto el tiempo que el equipo necesitaría para funcionar a su máxima velocidad con el fin de lograr la salida real de esa herramienta o máquina. Se puede definir como la medida básica asociada con el mantenimiento productivo total (TPM). Mide tanto la eficiencia (hacer las cosas bien) como la eficacia (hacer las cosas correctas) del equipo. Se incorporan tres indicadores básicos de rendimiento y fiabilidad del equipo. Por lo que OEE es una función de los tres factores:

1. Disponibilidad o tiempo de actividad (tiempo de inactividad: planificado y no planificado, cambios, servicios, cambio de trabajo, etc.)
2. Eficiencia del rendimiento (capacidad real frente a la capacidad de diseño)
3. Tasa de salida de calidad (defectos y reelaboración)

Jain, Bhatti, Singh y Sharma (2012), calculan la relación OEE se calcula como:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Tasa de rendimiento} \times \text{Tasa de calidad}$$

$$\text{así} \quad \text{OEE} = A \times PE \times Q$$

A - Disponibilidad de la máquina. La disponibilidad es la proporción de tiempo que la máquina está realmente disponible menos tiempo que debería estar disponible.

Indicadores de productividad en las empresas

Según Pérez (2019), los indicadores de productividad son una serie de variables que, una vez analizadas de forma conjunta, nos permiten conocer lo productivo que es un

proceso, una persona, una empresa o cualquier entidad. Tomando como ejemplo una persona, si a cada indicador se le asignara un valor entre cero y diez y se hiciese una media aritmética entre todos ellos, el valor de esa media reflejaría cuánto de productiva es esa persona. En el mismo artículo se enumera y explica los indicadores: eficacia, calidad de trabajo realizado, eficiencia y gestión de tiempo. A continuación, la explicación de estas:

1. Eficacia - permite determinar si se ha alcanzado un objetivo dentro de un proyecto o no. Es, por tanto, un indicador cuyas dos respuestas posibles son “sí” o “no”.
2. Calidad del trabajo realizado - complementan a la eficacia, si un objetivo para un proyecto ha obtenido un “sí” en el indicador de eficacia. Es decir, ha logrado ser alcanzado. Pero ¿cómo de bien ha sido alcanzado? ¿Mejor, peor...? Ahí es donde entra la calidad del trabajo realizado. Asignar calificaciones numéricas a los indicadores no dicotómicos es una buena manera de tener bajo un control máximo la productividad en el proyecto.
3. Eficiencia - permite determinar la inversión de recursos que se ha hecho a la hora de alcanzar un objetivo del proyecto. Empleado como uno de los indicadores de productividad numéricos, es decir, asignarle una calificación. No se refiere solo a los costes monetarios. También se debe incluir personal, esfuerzos, emociones y, tiempo.
4. Gestión del tiempo - es uno de los recursos que más se suelen malgastar inconscientemente en la gestión de proyectos. Un indicador numérico y, al igual que con la eficiencia, se le asigna una calificación de cero a diez en función de

cuánto se ha gastado e independientemente de si el objetivo ha sido alcanzado o no. En este sentido, se deben valorar aspectos como:

- a. Actividades que consumen más tiempo del que deberían
- b. Distracciones
- c. Reuniones, tanto si se avanza en ellas como si no
- d. Ladrones de tiempo

Tecnología del OEE

A lo largo de los años se han desarrollado un sinnúmero de técnicas de gestión para manejar la manufactura. La pérdida de tiempo, energía, dinero y personal a sobrecargado de trabajo, son problemas a los que se enfrentan las empresas. El OEE es una técnica para medir una máquina o línea y reducir los problemas de producción complejos en una presentación simple de la información. Ayuda a analizar sistemáticamente el proceso e identificar las posibles áreas problemáticas que afectan a la utilización de la maquinaria. En este trabajo, el “software” y el “hardware” están preparados para ayudar a medir la eficacia general de los equipos de una línea y automatizar el proceso de su cálculo e identificar las pérdidas asociadas con la eficacia del equipo (Ranteshwar, Dhaval, Ashish y Milesh, 2013).

Mejora de OEE por la implementación de un sistema de TPM

Para el mantenimiento Industrial se ha vuelto más difícil en el entorno empresarial dinámico actual. Y se considera una de las decisiones estratégicas importantes en la gestión de operaciones Heizer y Render (2009), Krawjeski y Ritzman, (2002) y Russell y Taylor (2009). Sostienen que los sistemas de manufactura generalmente funcionan a

menos de su capacidad completa, con baja productividad y con un alto costo de producción.

Mobley (1990), muestra que entre el 25 y el 30% del costo total de producción se atribuye a las actividades de mantenimiento en la fábrica. La importancia de las funciones de mantenimiento ha aumentado debido a su papel en el mantenimiento y de la disponibilidad del equipo. La cantidad de productos, los requisitos de seguridad, y los costos de mantenimiento constituyen una parte importante del presupuesto operativo de las empresas manufactureras (Al-Najjar y Alsyouf 2003). En respuesta a los problemas de mantenimiento encontrados en el entorno de fabricación se introdujeron el concepto de TPM.

Para Swanson (2001), es una estrategia agresiva enfocada en mejorar la función y el diseño de los equipos de producción.

TPM es un programa de mantenimiento de equipos a través de un sistema integral de de mantenimiento productivo y cubre toda la vida útil del equipo e involucra a los empleados, desde los departamentos de producción y mantenimiento hasta la alta gerencia" (McKone, Schroeder, et al. 1999).

TPM es un programa de mantenimiento productivo el cual se enfoca en:

1. Maximizar la eficacia general del equipo.
2. Establecer un sistema planificado de Mantenimiento Preventivo (PM) por la vida útil del equipo.
3. Involucra a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los trabajadores del piso.
4. Promueve que los empleados inicien actividades correctivas.

5. Incluye prevención de mantenimiento (MP) y la mejora de la capacidad de mantenimiento (MI), así como PM. esto se refiere al diseño "libre de mantenimiento" a través de la incorporación de características de fiabilidad, mantenimiento y capacidad de apoyo en el diseño del equipo

Después de la implementación exitosa de TPM, se puede determinar que la eficacia general del equipo se incrementa, hoy TPM puede ser lo único que se interpone entre el éxito y el fracaso total para algunas empresas (Kumar y Garg, 2012).

Implementación de OEE – problemas y desafíos

Sohal, Olhager, O'Neill y Prajogo (2010), argumentaron que las dificultades, barreras o escollos más comunes durante la fase de aplicación suelen ser las culturas resistentes, específicamente aquellas que no desafiaban las ideas existentes o las nuevas formas ejecutar. Una preocupación al instalar el OEE, es la entrada de datos y la visualización por el retraso que podría resultar, y esto a menudo conduce a una motivación reducida y por lo tanto amenazó el éxito de los proyectos. Los factores críticos de éxito para la sostenibilidad de OEE en plantas enfocadas en dos áreas; en primer lugar, en la simplicidad de la captura de datos, almacenamiento, visualización y evaluación comparativa, en segundo lugar, es el papel propicio que la gestión debe desempeñar en el sistema. Las implicaciones de estos desafíos, sugiere que su función debe pasar a la habilitación de simplicidad (tal vez a través de la automatización) para garantizar la continuidad del sistema. Los principales beneficios o resultados se centran en los aspectos tangibles de las métricas de rendimiento, como las mejoras en los CTQ, finanzas, rendimiento y la reducción de desperdicios de material. además de una mejora secundaria del dominio de los recursos humanos, empoderamiento, compromiso y moral.

Las implicaciones de esta perspectiva, es que, aunque se informa sobre los resultados tangibles del OEE, es el dominio intangible que en última instancia debe ser alimentado al sistema.

Sohal1, Olhager, O'Neill, y Prajogo, (2010), concluyen que la implementación de un sistema de OEE se basa en la motivación de usar este como una medida de referencia para analizar la utilización de los recursos en la planta. Esto para empresas con múltiples facilidades. Sin embargo, a medida que pasa el tiempo, el uso de OEE se transforma en un sistema para analizar datos de producción para identificar áreas potenciales de mejora y apoyar iniciativas lean. Por lo tanto, característicamente, OEE es una medida para mejorar la eficiencia como propósito inicial además de ser una herramienta de identificación y eliminación de residuos de productos.

Eficiencia de la máquina y utilización de la mano de obra en las líneas de producción

Según Subramaniam, Husin, Yusop y Hamidon (2007), la eficiencia de las líneas de producción industrial es crucial, ya que se traduce en una mejora de la producción y utilización de los recursos disponibles. Los factores que contribuyen a la eficiencia de la línea de producción son la utilización de la mano de obra y la eficiencia de la máquina. Medir la eficiencia de la máquina y la utilización de la potencia del hombre debe ser un proceso on-line, preciso y veraz. La dirección debe ser capaz de buscar datos de producción relevantes e interpretar con precisión estos datos con el fin de identificar las diversas fallas a nivel de producción y tomar inmediatamente medidas para mejorar la eficiencia. Sin embargo, los errores se repiten y los informes se modifican con

información inexacta. Un sistema de gestión de datos preciso y en línea puede garantizar que estos problemas se superen.

Los Autores definen los factores que afectan las líneas de producción y como la eficiencia de la máquina, utilización de la mano de obra y mantenimiento.

1. La eficiencia de la máquina es uno de los factores que con frecuencia es pasado por alto y esto puede conducir a pérdidas que reduce el rendimiento. El mantenimiento inadecuado dará lugar a bajos estándares de producción. En algunas circunstancias las máquinas pueden ser menos productivas debido a un mantenimiento preventivo inadecuado. Cuando se trata de proceso de fabricación, las máquinas son una palabra muy común en la industria, especialmente para obtener una mayor producción. Dado que la inversión en máquinas es alta, las industrias tratan de maximizar su uso en el menor tiempo posible. Incluso la gestión se esfuerza en optimizar la maquinaria, pero esto no les preocupa cuando se cumplen los objetivos. Se descuida el conocimiento de los datos sobre la eficiencia de la máquina y esto resulta en compras no deseadas de máquinas.
2. Con la utilización de la mano de obra los empleados juegan un papel importante en el taller industrial, especialmente cuando se trata de cumplir objetivos. Se pueden dividir en dos categorías que son operadores en la línea de producción y los trabajadores en el departamento de mantenimiento.
3. Tener un buen departamento de mantenimiento se capitaliza la mayor parte del proceso en las industrias, desde la gestión hasta los operadores. Cuando se trata de metas insatisfechas, también debe señalar al departamento de apoyo, que también

contribuye en este asunto. Los departamentos de mantenimiento desempeñan su papel al mantener el ritmo constante de trabajo en el taller industrial.

Los autores también especificaron que OEE es una práctica necesaria para monitorear y mejorar la eficiencia de los procesos de fabricación. OEE es simple, práctico y una poderosa herramienta de cálculo. Toma las fuentes más comunes de pérdidas de productividad de fabricación y las coloca en tres categorías comprensibles que son disponibilidad, rendimiento y calidad. Al hacerlo, produce datos de producción complejos en métricas simples comprensibles que proporcionan un medidor de la verdadera eficiencia de fabricación. También constituye la base de herramientas que ayudan a mejorar la productividad.

Basado a lo antes escrito los autores concluyeron que los datos de producción relevantes y valiosos ayudan a supervisar eficientemente a los trabajadores. La información sobre el desempeño del empleado puede optimizar su capacidad. La concienciación de OEE es esencial para las industrias cuando se trata de la toma de decisiones. Las métricas simples de la OEE sacan a la luz toda la valiosa información requerida. Los datos de producción deben interpretarse muy bien y utilizarse plenamente para optimizar los recursos disponibles. Esto reducirá el desperdicio y aumentará el rendimiento de producción. Al tomar estas medidas necesarias las industrias pueden mejorar y mantener líneas de producción más eficientes.

Landryova y Zolotova (2007), analizaron los aspectos técnicos de la implementación como modelo de informático, lo que ofrece una visión general de las limitaciones relativas a problemas de software y hardware. El método utilizado para la adquisición y evaluación automática de datos parece ser adecuado para el registro objetivo de todos los

tiempos de inactividad dada la longitud y el tipo precisos. Para Landryova y Zolotova la supervisión en tiempo real permite registrar las causas de varios tipos de tiempos de inactividad, que pueden ocurrir con una diferencia de tiempo muy pequeña y en diferentes partes de la tecnología de producción y/o áreas de la planta, por lo tanto, muestra las causas exactas del tiempo de inactividad. Sostiene que una ventaja de este método es que los operadores no necesitan registrar los datos manualmente en sus libros operativos y luego copiar los datos más adelante con el fin de utilizar herramientas analíticas que calculan la eficacia total del equipo de los equipos de producción, que puede ser en muchos casos parte de un sistema separado. El enfoque señalado elimina los errores humanos y otros tipos de desviaciones. Y de esta manera, el sistema configurado para la supervisión, la adquisición de datos, la visualización y el análisis de datos puede informar a los operadores sobre el tiempo de inactividad con la ayuda de una interfaz humano-máquina. El método de adquisición automática de datos se puede utilizar sistemas de producción, que no estén, totalmente automatizados.

OEE: Uso de los conceptos para medir la eficacia de un equipo de mantenimiento

El propósito es presentar la implementación de OTE, contribuyendo a la incorporación de una cultura estratégica, basada en la formulación de indicadores que, de alguna manera, contribuyen a identificar el valor de los recursos humanos. En el enfoque de productividad más grande de este proceso, los recursos humanos que, a través de unas nuevas lenguaje de medición, expresada por valores numéricos puede cuantificar su eficacia. La ausencia de un indicador estratégico para definir claramente la situación del equipo de mantenimiento, que puede ser un parámetro para la medición de su desempeño (Lima y Hamzagic, 2015).

Aplicación del coeficiente OEE para la mejora en la confiabilidad de las líneas de manufactura

Gola y Nieoczym (2017) sostienen que para lograr una productividad cada máquina debe caracterizarse por un índice de fiabilidad operativa específico. Este parámetro también es conocido como tiempo entre reparaciones o como tiempo de recuperación. Menor fiabilidad y una eficiencia reducida del sistema de producción puede ser el resultado de errores de producción de la máquina, errores de funcionamiento e incumplimiento de los requisitos.

Según Gola y Nieoczym dado que la fiabilidad de una sola máquina afecta a la fiabilidad de todo el sistema y tiene un impacto directo en la productividad, es necesario utilizar una medida que permita identificar las máquinas que generan disturbios en el funcionamiento del sistema. Una de esas medidas es OEE. OEE se utiliza para medir la fiabilidad de los equipos en función de tres métricas importantes: Disponibilidad (A), Rendimiento (P) y Calidad (Q). El valor de la OEE se utiliza para sacar conclusiones sobre las causas de la disminución de la fiabilidad de una línea de producción, así como para formular medidas preventivas. OEE tiene un valor numérico, que no es sólo un punto de referencia para controlar y monitorear el rendimiento de los equipos de producción, sino también un indicador que determina la dirección de los cambios cualitativos en el sistema de producción y los cambios dirigidos al aumento de la eficiencia. Es similar a la evaluación de un proceso utilizando índice de capacidad de proceso. También se toman medidas correctivas basadas en OEE para mejorar la organización del trabajo y la gestión de los recursos humanos.

Gola y Nieoczym concluyeron que OEE es una de las métricas más importantes para describir el rendimiento de los equipos utilizados en una empresa. Una clasificación OEE proporciona una base para la creación de estrategias para la mejora de los procesos. Permite a los gerentes de producción identificar "cuellos de botella", problemas técnicos y organizacionales. También se puede utilizar para evaluar mejoras implementadas, calcular los beneficios de las mejoras del proceso y la eliminación de los problemas individuales.

Desarrollo de un sistema de medida OEE

Según Nakajima (1994), la primera de las seis grandes pérdidas son las averías. Las pérdidas incluidas en las averías son pérdidas de tiempo y residuos de productos defectuosos causados por averías esporádicas más larga. Este autor, también indica que las pérdidas de configuración se derivan del tiempo de parada y de los defectos que se producen cuando la máquina se ajusta para un nuevo producto. Según él, la configuración se puede reducir significativamente, con las paradas menores, que son paradas cortas que se pueden resolver rápida y fácilmente. Se separan de averías debido a la diferencia en la forma en que los operadores las manejan. Las paradas menores tienen un efecto importante en el rendimiento, pero es difícil de rastrear.

Nakajima afirma que cuando la velocidad de diseño para el equipo es mayor que la velocidad de funcionamiento, hay una pérdida constante de eficiencia. La razón de la baja velocidad de producción se origina en otros problemas en la producción. La velocidad reducida tiene su causa en materia prima mala, piezas desgastadas de la máquina o averías previas de alta velocidad. En consecuencia, las operaciones deben estar aseguradas para poder aumentar la velocidad de producción. La velocidad de diseño

no se logrará antes de que se hayan resuelto otros problemas en la operación. Los defectos que requieren la reelaboración o reciclaje es una de las peores pérdidas. Los productos desperdiciados están utilizando tiempo y costos a través del proceso, pero no producen ningún valor. Más inspecciones de calidad reducen el riesgo de que los productos malos utilicen más recursos, pero las inspecciones son costosas. Un mejor enfoque es encontrar y eliminar la fuente de los problemas de calidad. Los problemas de calidad suelen tener su origen en un proceso inestable con muchas paradas. Al asegurar y eliminar problemas en la operación, la calidad aumentará junto con el rendimiento.

Asegura que pérdidas que se producen desde la puesta en marcha como productos desechados, productos de prueba y productos que sufren procesos inestables en la fase de puesta en marcha son mayores de lo esperado en muchos casos. Las pérdidas son muchas veces, descuidadas como inevitables. Las pérdidas tienen un gran potencial para reducirse y hacer que los procesos obtengan una buena eficiencia

Para encontrar una manera de resumir las pérdidas, Nakajima propuso usar OEE. Ya que es una multiplicación de la disponibilidad, el rendimiento y la calidad de los tres componentes. Los tres componentes son mutuamente excluyentes y ofrecen tres valores importantes para el proceso medido. Pero Scott y Pisa (1998) afirmaron que se debe mirar más allá del rendimiento a nivel de equipos y observar el panorama general a nivel de fábrica. Es importante conocer los límites de las mediciones y utilizarlo para el propósito previsto.

Una revisión sobre las técnicas de implementación de manufactura tipo lean

Según Sundar, Balaji, y Satheesh (2014), el esfuerzo perfecto del sistema de fabricación se puede lograr a través de la implementación exitosa de elementos lean. La mayoría de la encuesta sobre elementos lean se centra en solo uno o dos elementos o combinación de dos o tres elementos. Para una implementación exitosa de lean, prácticamente necesita la incorporación de todos los elementos lean y la secuenciación de la tarea de implementación.

Indicaron que algunos de estos elementos son;

1. Programación - Definiendo un plan de producción claro, cualquier organización puede comenzar a inicializar la implementación del sistema de fabricación. El plan de producción generado por la programación decide el pedido de servicio, la asignación de recursos y administra las solicitudes de servicio.
2. Percepciones de los empleados - encuesta sobre la percepción de los empleados ayuda a identificar los factores que influyen en la percepción de los empleados para transiciones ajustadas exitosas. Sugieren que la organización debe entender el nuevo entorno de trabajo de la planta y analizar el cambio cultural de los trabajadores en la vida cotidiana.
3. Value Stream Mapping (VSM) se define como "el conjunto de todas las acciones específicas necesarias para llevar un producto específico a través de las tres tareas de administración críticas de cualquier negocio: Resolución de problemas, Gestión de información y Transformación Física. Es el proceso de mapeo de los flujos de material e información

necesarios para coordinar las actividades realizadas por fabricantes, proveedores y distribuidores para entregar productos a los clientes.

4. Tiempo de takt - se refiere a la frecuencia de una pieza o componente debe producirse para satisfacer la demanda de los clientes.
5. Proceso de cuello de botella - se identifica determinando el tiempo máximo de ciclo en la línea. La capacidad de la línea/ planta se decide por este tiempo de ciclo de cuello de botella. La capacidad de línea es el producto del tiempo que pasa en el ciclo de cuello de botella y el tiempo total disponible. Si el cuello de botella es menor que el tiempo de la línea, entonces la demanda del cliente se cumplió. Si el cuello de botella es mayor que la frecuencia de una pieza o componente debe producirse para satisfacer la demanda de los clientes en cierto tiempo, la demanda del cliente no se satisface.
6. Tecnología de grupo - la implementación exitosa del sistema de fabricación flexible necesita agrupar piezas utilizando la similitud entre el atributo de diseño y fabricación que hacen que el plan de producción y el proceso de fabricación sean flexibles.
7. Fabricación celular (CM) es la agrupación de varios equipos para fabricar la familia de piezas, proporciona el mapa de ruta para cada familia de piezas.
8. Línea – U - en su visión general, la entrada y la salida de la línea U se colocan en la misma posición. Normalmente se forma una forma en U bastante estrecha, ya que ambos extremos de la línea se encuentran juntos.

Las líneas en forma de U reduce el número de estaciones de trabajo, mejora el equilibrio de líneas, visibilidad, comunicación, calidad, flexibilidad y la manipulación de materiales

9. Balance de líneas - la variabilidad del tiempo de tarea se debe a factores humanos o diversas interrupciones que conducen a un problema de equilibrio de la línea U. La variabilidad del tiempo de tarea se debe principalmente a la inestabilidad de los seres humanos con respecto a la tasa de trabajo, habilidad y motivación, así como la sensibilidad al fracaso de procesos complejos.
10. Fabricación de flujo - el principio es producir un artículo a la vez a una velocidad igual al tiempo de ciclo, la implementación exitosa de la fabricación de flujo necesita un diseño de línea U, operador con múltiples habilidades, tiempo de ciclo estandarizado, diseño del trabajo del operador como de pie y marcha y el equipo / máquina debe ser estándar y menos costoso fácil de usar

Potencial y límites de OEE en la Gestión Total de la Productividad

Los indicadores claves del rendimiento supervisados por la gerencia de la empresa, incluyen los indicadores de productividad y procesamiento de valor agregado. Las empresas se ven obligadas a prestar la máxima atención a todos los procesos y a todo el sistema de producción con de la necesidad de aumentar continuamente la productividad. La productividad significa la relación entre las salidas producidas (el esfuerzo por maximizarlas) y las entradas necesarias para implementarlas (el esfuerzo de minimizarlas). Con el factor común es el tiempo. El esfuerzo lógico de la gerencia de la

empresa es buscar la forma de minimizar los costos y acortar los tiempos de la producción (Šajdlerová, Schindlerová, y Kratochvíl, 2020).

Según los autores, el equipo y su funcionamiento son el factor principal del valor añadido durante el proceso de fabricación, es necesario prestar atención a esta área. El indicador de rendimiento de efectividad general del equipo (OEE) se puede utilizar para realizar un seguimiento de la célula de producción o el ciclo de producción de la línea. El monitoreo se centra en la identificación y cuantificación de pérdidas, particularmente al examinar los cuellos de botella en el flujo de producción en tres direcciones principales, disponibilidad, rendimiento y calidad.

También indicaron que el indicador OEE puede ser significativo no sólo en relación con el propio TPM, pero también en términos de planificación y gestión de la producción con respecto a los tres Indicaciones.

Preguntas y respuestas sobre el OEE

Berganzo (2020) cuestionó diez factores con sus respectivas respuestas acerca del sistema OEE. A continuación, las preguntas y respuestas de Berganzo:

1. Si el rendimiento y la productividad se calcula, ¿cómo se calcularía la eficiencia de una máquina?

OEE, emplea el término de rendimiento, no el término de productividad. El término productividad tiene una connotación económica. En el cálculo del OEE, se puede dar una connotación económica a las averías, los cambios, etc. y se puede calcular el costo que implica cada una de estas pérdidas. Además, si se tienen en cuenta los recursos asignados en la producción total, se podría calcular

cuál es el coste total de producción. Sin embargo, para el cálculo del OEE en sí, se debe centrar en el rendimiento, no mezclaría los dos conceptos.

2. ¿Cuáles son los principales obstáculos a la hora de implementar un sistema OEE, tanto técnicos como humanos?

Los operarios de producción directos suelen tener una sensación de que el OEE actuara como un policía, y es verdad, el sistema permitirá conocer su comportamiento. Si se utiliza para controlar el funcionamiento y a partir de ahí tomar ciertas medidas, existieran problemas. Por otro lado, puede ser usado para, con su ayuda, ver dónde está funcionando peor y ayudarles a entender mejor el funcionamiento de la máquina.

También, suele haber problemas desde el punto de vista de la imputación. Una de las tareas más importantes es el tener claro cómo se debe imputar cada cosa, ya que es una barrera el no haber definido unos criterios claros de cálculo de esas pérdidas de imputación, en sí, de cálculo del OEE.

3. ¿El OEE es un indicador válido para cualquier industria? ¿Cuáles le sacarían mayor partido?

Las experiencias con el uso del OEE en cualquier tipo de industria, incluso en la industria de los servicios, son bastante frecuentes. Si es cierto que, por cómo se definió el OEE en su momento, las empresas más idóneas para su utilización son aquellas que tienen una producción repetitiva.

4. El cálculo cambiaría en caso de que sean múltiples lotes (diferentes formatos de producción). ¿Cómo sería el cálculo del rendimiento y la calidad?

El cálculo del rendimiento de múltiples lotes con distintos ciclos de producción es muy sencillo. Lo que se hará es sumar cada producción parcial por el ciclo parcial del ciclo de cada producto, siempre que se utiliza el mismo tiempo de operación.

Con la calidad puede pasar lo mismo. En algunas experiencias, lo que se debe realizar es separar la calidad por producto. Sin embargo, no se puede sumar las calidades de cada producto.

5. ¿Es posible abordarlo sin tener la metodología TPM o Lean implantada en la cultura de la empresa?

Aunque va en contra de los principios de las “5 eses”, conocer es importante. Lo primero es conocer, y conseguir obtener una radiografía perfecta del equipo, que refleje la realidad, se observarán dientes de sierra en las gráficas, variabilidades absolutas, veremos muchos errores que ayudarán a mejorar. La metodología TPM no tienes que estar implantada para empezar a trabajar con estas herramientas.

6. ¿Qué diferencia a las empresas que se manejan a diario con el OEE de aquellas que no lo hacen?

La diferencia depende de qué se haga con los datos que se registran y calculan. Si sólo se utiliza el OEE para monitorizarlo e informar a los gestores o las empresas matrices, se necesita algo que simplifique su cálculo para que no quite mucho tiempo, ya que esto aporta muy poco valor. Aquellas empresas que emplean el OEE como un punto de referencia para ver dónde están, a dónde quieren ir y para ayudar a la gente a proponer mejoras tiene un valor agregado, ya que disponen de

indicador infalible en el comportamiento del equipo para ver a dónde van y qué están consiguiendo. Sin embargo, los que se quedan sólo en registrarlo y calcularlo no tendrán ninguna diferencia con respecto a empresas que no lo calculen más que un dato más que reportar.

7. ¿Qué clase de mejoras se observan de manera concreta en empresas que tienen implementado un sistema OEE?

Cuando un producto tiene peor calidad que otro, y se separa un OEE por producto en calidad, se pueden realizar mejoras para reducir esas ineficiencias sobre el proceso de producción y que están conduciendo a esos problemas de calidad, o se puede analizar internamente por qué existe un problema de calidad. Entonces la calidad mejorará y por tanto, el OEE mejorará.

Hay muchas acciones que tienen que ver con el tema del rendimiento, la asignación de operarios y la relación con la productividad. Cuando se acepta un tipo de rendimiento, se puede realizar cambios con la reasignación de operarios o reducir algunas ineficiencias y paradas pequeñas para mejorar el ciclo y por lo tanto, mejorar el rendimiento.

En disponibilidad, todo lo que tenga que ver con temas de mantenimiento. Se ha visto que mejorando el preventivo se consigue tener más tiempo para fabricar y, por lo tanto, fabricar más productos. El OEE muestra que ha mejorado, haciendo estas paradas para poder realizar tareas de mantenimiento preventivo.

8. En una línea, serie dependiente de varias máquinas, ¿cómo se afronta el OEE agregado de la línea?

Hay dos posibilidades. Una de ellas es que se podrá fijar el OEE en un recurso principal, lo que sería el cuello de botella, es decir, centraren el cuello de botella para registrar el OEE, ya que interesa el funcionamiento de la línea en su conjunto. Si se intenta sacar parciales de cada ciclo será para ver cómo funciona ese equipo. Sin embargo, si el interés es sacar el global de la línea, se centrará en el recurso que marca el ciclo y, si no hay ninguno que lo marque, es decir, si todos tienen el mismo ciclo, entonces en principio se elegiría el más crítico, el que más problemas nos pueda dar o el que más retrasos pueda tener para que tengamos controlado ese proceso

9. ¿Cómo se incorporan actividades manuales dentro de la medición del OEE combinadas con actividades de la máquina?

Hay actividades manuales en colaboración con la máquina y éstas se realizan posteriormente, una de las dos va a fijar el ciclo, es decir, esto sería en el caso de los sustitutos de las máquinas dependientes. Si no es así y son operaciones simultáneas, es decir, relaciones máquina-operario, hay que observar la máquina, si el ciclo del operario es muy largo, la máquina va a tener un rendimiento un poco más bajo, lo que se busca es productividad y no velocidad.

10. ¿Qué pasa con los tiempos de refrigerios y el mantenimiento planificado, así como con el tiempo de las capacitaciones? ¿Cómo afecta esto a la disponibilidad? Esto no afecta a la disponibilidad, según el planteamiento del OEE, los tiempos de descanso, los tiempos de mantenimiento preventivo planificado, son tiempos que

están fuera de la gráfica de trabajo. Se trata de paradas programadas, que se restan antes de calcular el OEE, por lo que no afectaría a la disponibilidad. Sólo afectaría en caso de calcular la utilización del equipo.

Seis grandes pérdidas de un equipo industrial

Según Del Solar (2021), la pandemia mundial COVID-19 y la situación económica, están obligando a las empresas a acelerar los procesos de digitalización y a ser cada vez más competitivas, para adaptarse al entorno de la mejor manera posible en tiempo más corto posible. Para ello, deben alcanzar los siguientes objetivos:

1. Mejorar los indicadores de productividad y, al mismo tiempo, aumentar la flexibilidad.
2. Aumentar la eficiencia de los procesos productivos.
3. Aumentar y asegurar la calidad, no sólo del producto sino también del proceso.
4. Optimizar los costes asociados y acortar los ciclos de vida de los productos.

La importancia de ser competitivo no sólo es esencial, sino también necesario, y por eso, hay que encontrar las fallas o problemas ocultos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

Introducción

Dentro de la investigación, Fuentes (2012) establece que en todo trabajo investigativo se debe asegurar que los hechos y relaciones que se establecen, más los resultados y nuevos conocimientos obtenidos, tengan la mayor exactitud y validez posible. Todo objetivo puede ser logrado mediante una planificación adecuada y un establecimiento apropiado en teorías y conclusiones.

El desarrollo de esta investigación surge de la necesidad de la industria poder medir variables que influyen en la eficiencia de sus líneas de producción y establecer programas de mejoras continua en su operación. Además, se propone presentar información sobre la importancia que puede ofrecer un sistema de OEE.

Además de presentar información sobre otras variables posibles a medir que no son consideradas en los sistemas de OEE normales, tales con los departamentos de mantenimiento y operarios de máquinas. Cabe mencionar que con la información recopilada se podrá contribuir en los procesos de evaluación de personal.

Esta Investigación se basa ante la cantidad de compañías que desperdician cantidades de producto sin que exista ningún tipo de medición, además de métodos arcaicos de evaluaciones de personal. El objetivo fue demostrar que la falta de un sistema de OEE causa pérdidas económicas a estas. El proceso utilizado es de análisis, conclusión y recomendaciones.

Diseño de la investigación

Berrios (2020) utilizó una metodología con enfoque cualitativo basado en la teoría emergente como la describen Glaser & Strauss según citado en Salgado-Levano, (2007). El planteamiento básico de los autores es que las proposiciones teóricas surgen de los datos obtenidos en la investigación, más que de los estudios previos. Es el procedimiento el que genera el entendimiento de un fenómeno educativo, psicológico, comunicativo o cualquier otro que sea concreto. Berrios sostiene que los métodos cualitativos acentúan las diversas formas en las que podemos situarnos para dar respuesta adecuada a las situaciones concretas que se irán demarcando en el proceso investigativo. También indica que refieren a la investigación que produce datos descriptivos e interpretativos mediante la cual las personas hablan o escriben con sus propias palabras el comportamiento observado.

La teoría fundamentada (Grounded Theory) es especialmente útil cuando las teorías disponibles no explican el fenómeno planteado del problema, o bien cuando no cubren a los participantes o muestra de interés (Creswell, 2005). La teoría fundamentada va más allá de los estudios previos y los marcos conceptuales preconcebidos, en búsqueda de nuevas formas de entender los procesos sociales que tienen lugar en ambientes naturales (Salgado-Levano, 2007).

En tal sentido, el uso de esta perspectiva metodológica inductiva en el estudio como instrumento primordial de recopilación y análisis de datos. Mediante la exploración del tema se contestarán diversas preguntas e interrogantes donde se incluye y no se limita a temas como el cálculo de la OEE, medición de tiempo y efectividad de productividad dentro de dichas industrias.

Tipo de investigación

Uno de los componentes más importante es el tipo de investigación. En esta investigación se utilizó el enfoque exploratorio, analítico y post-positivista, en el cual requirió realizar un proceso de levantamiento y recolección de información para poder identificar otras variables de medición no aplicadas del OEE. Aparte es de tipo analítica ya que, con la información recolectada de los fabricantes, libros, estudios, artículos y diferentes fuentes se evalúan las características del sistema de OEE, para posteriormente presentar las recomendaciones a otras compañías.

Marco Metodológico

Se tomaron en consideración las siguientes fases para el trabajo investigativo:

Fase 1: Levantamiento de información. En esta fase se realizó la exploración de información a nivel general del tema. Se buscó y se validaron artículos, bases de datos, estudios e información recopilada. Luego se pasó a realizar limpieza de los datos consultados y se trabajó sobre los documentos que aplicaron en el estudio.

Fase 2: Análisis. Se realizó el análisis de la información recopilada para la identificación de otras variables de medición.

Fase 3: Ejecución. Durante el desarrollo de la investigación se las nuevas variables de medición, se elaboró y se definieron las recomendaciones de utilización de estas variables

Fase 4: Cierre. Una vez finalizado cada una de las fases de la investigación y se logró cumplir con el objetivo principal del estudio.

Recolección de Datos

La recolección de data se realizó estudiando varios casos donde el OEE fue instalado y analizando las conclusiones de estos trabajos, como los incluidos en la revisión de la literatura fuera recuperada del Internet incluyendo estudios de caso, papeles publicados y “blogs”.

El sistema de OEE provee información crítica y confidencial para las compañías, la data no es accesible a personal externo. Esto forzó a analizar y revisar los casos encontrados en Internet. Así en base a ese análisis se pudieron contestar las preguntas de investigación y validar las hipótesis presentadas en esta investigación

Procedimiento operacional

La idea de este estudio de investigación surge por la necesidad y desconocimiento que existe en muchas empresas de manufactura, la falta de herramientas de medición en sus procesos. El motivo fue identificar como un sistema de OEE le es beneficioso en su empresa y las ventajas que este puede producir. Este investigador después de varios años y visitar varias compañías de manufactura pudo percatarse del desperdicio de materiales y la ineficiencia de sus procesos.

Este trabajo pretende bridle las herramientas necesarias a la hora de tomar la decisión de implementar un sistema de OEE y las posibles variables a medir en su empresa. También concientizar sobre la importancia de un sistema de OEE en la empresa. El propósito es proveer una guía de evaluación de qué tipo de sistema de debe instalar.

El procedimiento operacional de este estudio fue el análisis y estudios de data y trabajos recopilados. Con esta información se pudo establecer ciertas las hipótesis y

contestar las preguntas de investigación. La utilización de fuentes adicionales ayudó analizar el porqué de la necesidad y el desconocimiento de la industria

Se establecieron dos hipótesis, la primera expone que: la instalación de un sistema de OEE en las máquinas incrementa el rendimiento de esta; la segunda expone que: la instalación de un sistema de OEE mejora la productividad de la empresa. Para el desarrollo del proceso operacional fue basado en la recopilación de información en el Internet. En el desarrollo de la investigación se incluyeron tres preguntas de investigación dirigidas a la toma de decisiones y beneficios al momento de implementar un sistema de OEE.

Resumen

En este capítulo se presentó la metodología utilizada para realizar la investigación. El diseño de la investigación fue uno de carácter cualitativo descriptivo con un enfoque inductivo que nos permitió analizar los datos y enfocarnos en los efectos que causa el fenómeno estudiado. En el próximo capítulo se presenta el análisis y la interpretación de los datos obtenidos a través de esta investigación.

Capítulo IV

RESULTADOS Y ANALISIS

Introducción

El diseño de procesos manufactureros es la forma de implementación para lograr cambios empresariales. Una forma de observar como las empresas evolucionan y tienen éxito es mediante su ejecución. La vida consta de ganar o perder y mediante este proceso se conoce si los servicios o productos ofrecidos por la empresa son viables dentro del mundo de los negocios.

Ciertamente debemos saber que cada empresa necesita lograr metas, objetivos y resultados de determinado producto o servicio que tiene a bien ofrecer. El objetivo de esta investigación fue demostrar cuan necesario es un sistema de OEE y las ventajas que este trae a la planta. Este trabajo se presentó varias publicaciones en diferentes plantas y sus resultados.

En este estudio se establecieron dos hipótesis, la primera propone que: la instalación de un sistema de OEE en las maquinas incrementa rendimiento de esta; La segunda: la instalación de un sistema de OEE mejora la productividad de la empresa

Ante estas circunstancias, se desarrolló este trabajo que pretende validar o anular estas dos hipótesis. A través de los documentos presentados se estudió la eficacia del OEE Y el valor que estos aportan a la organización.

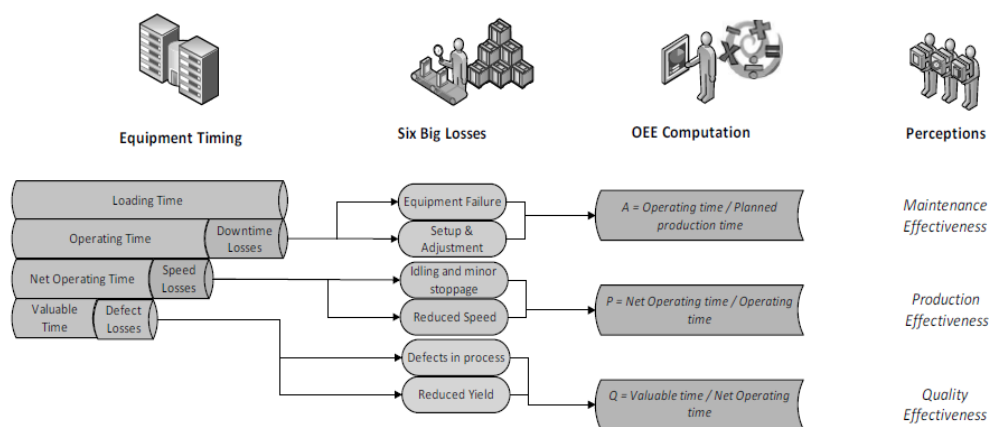
Hallazgos de la investigación

El propósito de la investigación fue comprobar cuan efectivo es un sistema de OEE para la empresa (Sohall, Olhager, O'Neill y Prajogo, 2010). OEE por lo general, es la base para medir la eficiencia, ya que el propósito inicial, es ser una herramienta para

mejorar la eficacia para analizar los datos la identificación y eliminación de pérdidas. Esto es la base del estudio.

Mahmood, Otto, Shevtshenko y Karaulova, (2016) evaluaron el rendimiento mediante el uso de OEE. Utilizaron una herramienta de análisis; identificaron cuales eran las seis grandes pérdidas en una compañía de manufactura. Esto se describe en la figura 2 a continuación:

Figura 2: Seis Grandes pérdidas en una compañía de manufactura



A esta figura la llamaron el mecanismo de evaluación del OEE, concluyendo que su desarrollo y aplicación en la industria es un valioso indicador que ofrece información sobre las causas de la pérdida de tiempo y producción y ayuda a identificar las causas y obstáculos, aumentando el rendimiento y calidad de una máquina.

En un papel publicado por Gola y Nieoczym (2017) describen cómo utilizar el índice OEE para analizar la fiabilidad y eficiencia de la línea de producción. Realizaron una encuesta que proporcione indicaciones de las máquinas que generan perturbaciones en el funcionamiento del sistema y se basó en los tres parámetros: disponibilidad, rendimiento y calidad. Concluyeron que un sistema de OEE es una de las métricas más importantes que describen el rendimiento de los equipos utilizados en una empresa de

manufactura. Esta clasificación OEE, proporciona una base para crear estrategias para la mejora de los procesos de producción. Permite a los gerentes de producción identificar cuellos de botella y problemas técnicos y organizativos en la empresa. También se puede utilizar para evaluar mejoras ya implementadas y calcular los beneficios de la mejora del proceso y la eliminación de los problemas individuales de los equipos. Otros hallazgos fueron los siguientes:

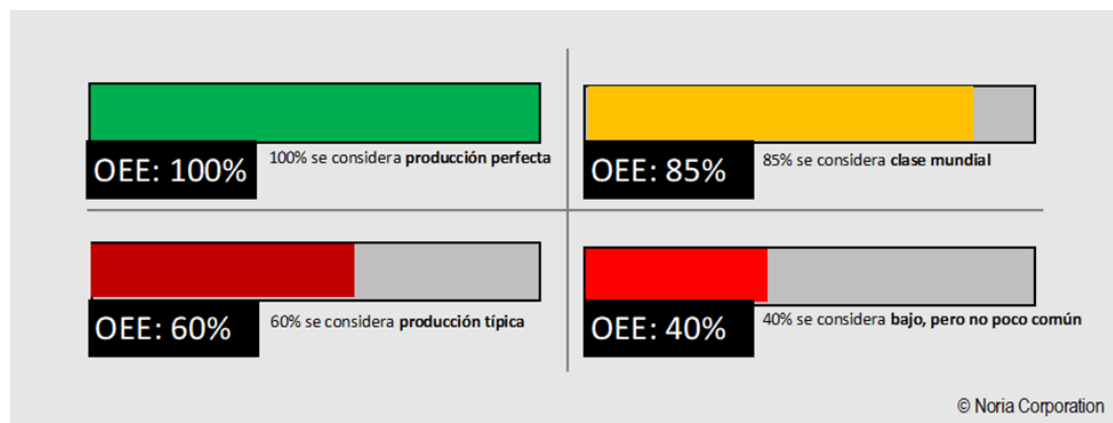
1. Sólo lo que se mide se puede gestionar y mejorar. Es la base de un Programa de Mejora Continua.
2. Se reducen los tiempos en los que las máquinas están paradas.
3. Se identifican las causas por las que hay pérdidas de rendimiento (cuellos de botella y velocidades reducidas)
4. Aumenta el índice de calidad del producto, minimizando reprocesos y pérdidas ocasionadas por elaboración de producto defectuoso.
5. Muestra información fiable en tiempo real del proceso.
6. Aumenta significativamente la eficiencia y competencia de los empleados, y facilita su trabajo.
7. Facilita la selección de mejoras específicas necesarias.
8. Muestra las prioridades de un modo muy claro.
9. Valida los resultados de las acciones de mejora emprendidas.
10. Es un indicador simple y fácil de entender para todos los implicados.
11. Permite el registro del operador por la línea de producción.
12. Registra un historial de los productos envasados por la línea de producción.
13. Provee data histórica en cualquier época del año para reportes.

14. Ayuda a crear reportes de un operador de manera automática.
15. Provee para la automatización de la alimentación de inventarios a otros programas.
16. Visibilidad para los gerentes y supervisores en tiempo real a través de computadora o dispositivos móviles.

Trout (2019) manifiesta que el OEE se utiliza como punto de referencia para comparar cualquier producción dada con los estándares de la industria. Los puntos de referencia estándar de OEE son los siguientes:

- Una puntuación OEE del 100% se considera producción perfecta, lo que significa que solo está fabricando piezas de calidad lo más rápido posible sin tiempo de inactividad.
- Un puntaje OEE del 85% se considera de clase mundial para fabricantes discretos y es un objetivo a largo plazo muy solicitado.
- Un puntaje OEE del 60% es típico de los fabricantes discretos y muestra que hay un margen considerable para mejorar.
- Una puntuación OEE del 40% se considera baja, pero no es inusual para los fabricantes que recién comienzan a rastrear y mejorar el desempeño. En la mayoría de los casos, una puntuación baja se puede mejorar fácilmente a través de medidas fáciles de aplicar.

Figura 3: Puntuación del OEE



Según la compañía Emerson Process Management (2012), la OEE se calcula al multiplicar tres factores: disponibilidad, productividad y calidad. Los valores usados pueden reflejar una completa planta de procesos, una línea de proceso, o un elemento de equipo individual. Para los equipos individuales, el rendimiento es comparado con valores anteriores del mismo equipo o de otros elementos. Los cambios que ocurren en la OEE o en sus elementos son rastreados y se calculan las tendencias en el tiempo. La OEE para una línea de proceso trata a toda la línea como una sola unidad, sin importar cuánto equipo incluya.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Introducción

En esta investigación se ha observado como la “Efectividad global de los equipos” mejor conocida en este trabajo OEE, ayudado a las diversas industrias manufactureras a poder lograr con el cumplimiento de sus objetivos y metas a lo largo de su producción y el tiempo de su establecimiento. Su medición se basa en la efectividad de las máquinas y líneas en un porcentaje. Según Alonzo (2009), el OEE analiza y califica los diferentes tipos de pérdidas que pueden producirse en un proceso productivo. Esta clasificación proviene de la misma manera del TPM, en el que se definen “Seis Grandes Pérdidas”. Estas pérdidas hacen reducir el tiempo efectivo de proceso y la producción óptima a alcanzar. El TPM es una herramienta fundamental para elevar los indicadores de la planta, porque compromete a todos los líderes y colaboradores a mejorar, la implementación y va capacitando al personal en temas como el mantenimiento autónomo y manteniendo programado, esto hace que el operario este a la capacidad de resolver problemas menores porque tiene conocimiento del funcionamiento de su máquina previniendo así daños mayores en su funcionamiento (Calderón & González, 2019).

Entre los factores que más contribuyen a la productividad, se encuentran la investigación y el desarrollo tecnológico, la mejor organización de los procesos productivos, y el desarrollo de las habilidades físicas y mentales de la fuerza de trabajo por medio de la capacitación y el adiestramiento (Servitje, 2006).

En muchas empresas urge la necesidad de implementar OEE para su efectividad y eficiencia dentro del área de la producción. Dada la imperiosa necesidad de las empresas

de mejorar su competitividad, las empresas deben hacer sus mejores esfuerzos para replantear y rediseñar sus sistemas productivos para de esta manera afrontar los retos de los mercados actuales. Una de las maneras de lograr este propósito es empleando técnicas prácticas que den soporte al rediseño de estos sistemas productivos (Algarra, 2018).

Otro ejemplo puede ser en una fábrica, si el trabajador no sabe usar todos los componentes de una máquina, puede que no dé el máximo rendimiento y esto genere costos y atrasos en la producción, en cambio una persona capacitada para manejar la maquinaria es eficiente y esto eleva la productividad de la empresa.

La tarea de reducir costos, o, dicho de otra manera, la de aumentar continuamente la productividad, es un imperativo primordial del empresario. Las posibilidades reales de mantener los precios, de subir los salarios y las utilidades, y de ampliar el mercado están afincadas en la capacidad de las empresas de incrementar de manera sistemática su productividad. Esto es el resultado de una mejor ejercitación de las funciones gerenciales; es una de las medidas más certeras para apreciar la eficiencia de la administración de una empresa.

Conclusiones

Después de analizar la información recopilada puedo concluir, que entender lo es un sistema de OEE y cómo funciona es crucial para establecer objetivos alcanzables y maximizar la utilización de los equipos y el personal que interviene con estos.

Se presentaron tres preguntas de investigación formuladas como parte de este proyecto, en relación con el beneficioso que representa para la empresa tener instalado un sistema de OEE en el momento de tomar decisiones que afecten el rendimiento de una maquinaria o empleado. Del estudio realizado se puede concluir que es necesario tener la

data correcta de eficiencia y calidad para así saber cuáles decisiones a tomar al momento de comprar nuevos equipos o premiar un empleado.

La segunda pregunta de investigación sobre qué tipo de sistema de OEE se debe implementar en una planta. A través de la documentación prestada se puede concluir que dependerá de cuan exitosa y competitiva desea ser la empresa. Cuánto dinero desea invertir en un sistema de OEE que lo sitúe sobre la competencia.

La tercera pregunta de investigación es sobre los factores que se deben tomar en consideración al momento de implementar un sistema de OEE. Podemos concluir que el factor más importante es la calidad del producto. Algunos otros factores importantes a considerar son las fallas en la maquinaria, tardanza en las entregas, paradas de equipos y configuraciones de equipos

Contestando la primera hipótesis sobre si la instalación de un sistema de OEE en las máquinas incrementa el rendimiento de esta. La eficiencia de los equipos sólo puede mejorarse y controlarse correctamente si se utiliza el sistema de medición del rendimiento correcto. Cuando la medición es automatizada, los errores y la manipulación de la data es descartada. Es un sistema probado, con amplios recursos disponibles en el mercado, y una metodología útil que se puede aplicar desde la operación más pequeña hasta la organización más grande. Este sistema contiene sofisticadas herramientas de software y sistemas automatizados de adquisición de datos.

La segunda hipótesis sostiene que la instalación de un sistema de OEE mejora la productividad de la empresa. El conocer el sistema y los resultados que se obtienen aumentará los niveles de concienciación y la toma de decisiones correctas. El sistema es el producto de tres variables relacionadas entre ellas. Cualquier problema operativo puede

afectar los resultados y puede conducir al deterioro del producto final. Es un indicador principal que puede apuntar en la dirección donde se necesita mejora. Reduciendo las paradas de equipo y aumentando la capacidad de producción utilizando el sistema es la clave al éxito.

En resumen, las conclusiones de este estudio son que:

1. La instalación de un sistema de OEE representa beneficioso para la empresa al momento de tomar decisiones que afecten el rendimiento de una maquinaria o empleado.
2. Dependerá de la compañía cuan exitosa desea ser, eso dependerá el sistema de OEE que instale en sus facilidades.
3. Hay varios factores a tomar a la hora de instalar un sistema de OE, tomado como el principal la calidad el producto
4. La instalación de un sistema de OEE en las maquinas incrementa el rendimiento de esta.
5. La instalación de un sistema de OEE mejora la productividad de la empresa.

La tercera hipótesis sostiene que los resultados que provee un sistema de OEE no están relacionados con la calidad del producto y productividad del operador de la máquina. Todo lo demostrado en esta investigación rechaza esta hipótesis; ya que la otras dos hipótesis anteriores son aceptadas.

Recomendaciones

Muchos estudios se realizan en la Industria para la mejora de sus procesos. A través de este trabajo se pretendió presentar unas ideas de cómo ser un sistema ideal de OEE para la empresa. Basado en la información recopilada, en este trabajo se recomienda:

1. Implementar un sistema de OEE en las líneas de producción dependiendo el éxito y que desee alcanzar la empresa. Esto dependerá del presupuesto asignado para la instalación
2. Tomar al menos cuatro (4) muestras de data en la línea para los conteos de producción. Para comparar las pérdidas de producto entre máquinas de la línea
3. Calcular todos los datos a ser ejecutados, por autómatas programables para que los datos queden protegidos y los cálculos sean correctos, evitando el error humano.
4. Seleccionar el motivo de la parada de un listado de opciones predefinidas. Ya que los motivos de parada deben estar en listas desplegables para así ahorrar tiempo.
5. Utilizar la data del sistema para evaluaciones de los operadores de línea, personal de mantenimiento y supervisores. La productividad el empleado para las evaluaciones de personal debe salir del sistema
6. Medir tiempo de paradas por problemas mecánicos. Toda parada del sistema debe ser medida, incluyendo problemas mecánicos y debe ser cargado al mecánico.
7. Presentar en tiempo real los OEE de la máquina, operador y mantenimiento. La data de OEE debe ser presentada en tiempo real, en pantallas visibles alrededor de la planta, así el operador podrá saber su OEE y esforzarse si este está bajo.

8. Corregir las partes de la línea que produzca restricciones o cuellos de botella y trabajar para elevar eso. Eliminar cualquier problema que produzca restricciones.
9. Usar la data para comprobar y ver si está haciendo las cosas correctas en los sistemas. La data del OEE se puede analizar para ver que errores se estan cometiendo en la línea o maquinas
10. Instalar en forma de U las líneas en las plantas nuevas para minimizar el personal. Ya que para reducir la cantidad de personal de operación el modelo en U es el más conveniente
11. No permitir el acceso a la data por personal no autorizado. Ya que la data no debe ser manipulada por personal no autorizado, porque se presta a cambios indebidos de data.

REFERENCIAS

- Abdel Edward. (2011). TENDENCIAS Y TECNOLOGÍAS EMERGENTES. Recuperado el 16 de may. de 21, de Blogspot Sitio web:
<http://advancedtechnology10.blogspot.mx/2011/10/tendencias-y-tecnologias-emergentes.html>
- Al-Najjar, B. and Alsayouf, I. (2003). “Selecting the most efficient maintenance approach using fuzzy multiple criteria decisions making”, International Journal of Production Economics, 84(1):85-100.
- Alonzo, H., (2009). Una herramienta de mejora, la OEE. Recuperado el 3 de mayo del 2021, de:
<https://www.eumed.net/ce/2009b/hlag.zip>
- Amit, K.G and Garg, R.K. (2012) International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research (IJIEASR) ISSN: 2319-4413, OEE Improvement by TPM Implementation: A Case Study
- Bauerschmitt, R., (2016), Electro Industria, ¿Qué son y para qué sirven los sistemas SCADA?, recuperado el 1 de mayo del 2021 de:
<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2716&ni=que-son-y-para-que-sirven-los-sistemas-scada>
- Berganzo, J. (2020) Preguntas y respuestas sobre el OEE, Recuperado el 16 de mayo del 2021 de:
<https://www.sistemasoe.com/22-preguntas-y-respuestas-sobre-el-oe/>
- Berrios Rivera, R. (2000): La modalidad de la historia de vida en la metodología cualitativa. Paidea Puertorriqueña, 2(1), 1-17.
- Calderón, I. & González, J. (2019). Implementación de las Herramientas del TPM para mejorar la OEE en la Producción de tapas en una Empresa Manufacturera Lima, 2019. Recuperado de:
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/49144/Calderon_CIS-Gonzales_RJG-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Comagosa, J., Gallego, D.Y Pacheco, R. (25 de mayo del 2004) MINIPROYECTO AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL Recuperado el 24 de abril del 2021 de:
http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2013-08-04_08-34-0840201-3452.pdf
- Creswell, J. (2005). Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research. Upper Saddle River: Pearson Education.

- Del Solar, M. (2021), Las seis grandes pérdidas de un equipo industrial, recuperado el 16 de mayo de 2021 de:
<https://www.sistemasoe.com/las-seis-grandes-perdidas-de-un-equipo-industrial/>
- Donoso, A. (05 de septiembre de 2017) Economipedia. Recuperado el 2 de febrero del 2021 de:
<https://economipedia.com/definiciones/merma.html>
- Eduardo. (2015). Tendencias y tecnología. Recuperado el 16 de mayo de 2021, de Blospot Sitio web: <http://tendenciasytecnologiasdeti.blogspot.mx/2011/10/tendencias-tecnologicas.html>
- Emerson Process Management (2012). Introducción a la efectividad general del equipo (OEE). Recuperado el 1 de mayo del 2021 de:
<https://www.emerson.com/documents/automation/training-bussch-oe-101es-es-41722.pdf>
- Flández, C. (07 de noviembre de 2016). La Mejora Continua – KAIZEN™. Recuperado el 2 de febrero de 2021 de:
<https://mx.kaizen.com/blog/post/2016/11/07/la-mejora-continua--kaizen.html>
- Flores, C. (mayo, 2020). Uso del OEE y Lean para el incremento de la eficiencia en operaciones productivas. Recuperado el 10 de mayo del 2021 de:
https://www.researchgate.net/publication/341540658_Uso_del_OEE_y_Lean_para_el_incremento_de_la_eficiencia_en_operaciones_productivas
- Forneto, H. (2006). Manual de Entrenamiento para Equipos de Mejora Continua (1ra ed.). Publicación electrónica. Recuperado el 2 de febrero de 2021 de
<http://www.somuca.es/ServletDocument?document=133>
- Fuster, Y. (10 de abril de 2014). ¿Cómo podemos ser competitivos en nuestros procesos? Círculo, la Cátedra Prosegur de la UA y el COITIA. Recuperado el 9 de febrero de 2021 en <http://www.circuloeconomiaalicante.com/actualidad/lo-que-no-se-mide-no-se-conoce-el-indicador-oe/>
- Glaser, B. & Strauss, A. (1967). The discovery of grounded theory. Chicago: Aldine Press.
 Gola, A., Nieozym, A. (2017), Application of OEE Coefficient for Manufacturing Lines Reliability Improvement Recuperado el 26 de Abril de 2021 de Advances in Economics, Business and Management Research <https://www.atlantispress.com/proceedings/msmi-17/25881518>
- Hansen, Scott. (13 de agosto de 2019). Cómo los convertidores de tisú usan la OEE para mejorar la producción y la rentabilidad. Recuperado el 9 de febrero de 2021 en <https://northamerica.fabioperini.com/es/blog/cómo-los-convertidores-de-tissue-usan-la-oe-para-mejorar-la-producción-y-la-rentabilidad>

Hooper, T., (2017), What is Industrial HMI? How an Industrial Human-Machine Interface (HMI) Works, Examples and Uses, and Best Practices for HMI Design Recuperado el 1 de mayo del 2021 de:

<https://www.pannam.com/blog/what-is-industrial-hmi/>

Jaramillo, J. (1 de septiembre de 2005). Definición de SPC Statistical Process Control, Gestipolis. Recuperado el 23 de febrero de 2021 en

<https://www.gestipolis.com/definicion-de-spc-statistical-process-control/>

Jiménez, A. (24 de octubre del 2011), Mantenimiento LA, Recuperado el 1 de mayo del 2021 de:

<https://mantenancela.blogspot.com/2011/10/confiabilidad-disponibilidad-y.html>

Hansson, H., (9 de agosto del 2019), Lean Methodology, Recuperado el 1 de mayo del 2021 de:

<https://www.dockethq.com/resources/lean-methodology/>

Heizer, J. and Render, B. (2009), “Operations Management Flexible Edition”, 9th ed., Pearson Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.

Jain, A., Bhatti, R., Singh, H.Y Sharma, S. (2012) Implementation of TPM for Enhancing OEE of Small Scale Industry, Recuperado el 25 de abril de 2021 de:

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.403.9394&rep=rep1&type=pdf>

Krawjeski, L.J. and Ritzman, L.P. (2002), “Operations Management: Strategy and Analysis”, 6th ed., Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.

Landryová L., Zolotová I. (2007) OEE Monitoring for Production Processes Based on SCADA/HMI Platform. In: Olhager J., Persson F. (eds) Advances in Production Management Systems. IFIP — The International Federation for Information Processing, vol 246. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-0-387-74157-4_22

Lima, E., Hamzagic, M. (2015) OEE: Using the Concepts to Measure the Effectiveness of a Maintenance Team Recuperado el 25 de abril del 2021 de:

<https://core.ac.uk/download/pdf/267886835.pdf>

Lucero Palau, R (2006). OEE. La importancia de priorizar. Recuperado el 9 de febrero de 2021 de:

<http://www.adumconsulting.com/wp-content/uploads/OEE.-La-importancia-de-priorizar1.pdf>

Mateos, F., (2004), Autómatas programables. Visión General, Recuperado el 1 de mayo del 2021 de:

<http://isa.uniovi.es/docencia/IngdeAutom/transparencias/PLC-Gral-2.pdf>

McKone, K. E., R. G. Schroeder, et al. (1999), “Total Productive Maintenance: A contextual View.” Journal of Operations Management 17: 123-144.

Meyer, F (2000). Estudio de tiempos y movimientos (2nd ed.). Pearson Education.
www.pearson.com.mx

Mobley RK (1990). An introduction to predictive maintenance. Plant Engineering Series, Van Nostrand Reinhold, New York, 0-442- 31828-6.

Nakajima, S. (1988) An Introduction to TPM, Portland: Productivity Press
Paradise, A. (2008). Engagement The 2007 ASTD Employee Engagement Survey answers the questions: How many workers are engaged? How much does it matter to the learning function?

Pérez A. (17 de junio del 2019) Indicadores de productividad: algunos ejemplos. Recuperado el 25 de abril del 2021 de:
<https://www.obsbusiness.school/blog/indicadores-de-productividad-algunos-ejemplos>

Pérez, J. y Merino M., (2008), Definición. DE, recuperado el 1 de mayo del 2021 de:
<https://definicion.de/rendimiento/>

Pérez, J. y Gardey, A., (2016), Definición. DE, recuperado el 1 de mayo del 2021 de:
<https://definicion.de/control-de-calidad/>

Peycheva, R., (14 de diciembre del 2018, en Mobyly Work, recuperado el 1 de mayo del 2021 de:
<https://www.mobility-work.com/blog/improve-industrial-maintenance-tpm>

Polo, D., (24 de julio del 2019), Gestionar fácil, recuperado el 1 de mayo de 2021 de:
https://www.gestionar-facil.com/cuellos-de-botella/#google_vignette

Quiroa, M. (04 de mayo del 2020) Economipedia. Recuperado de:
<https://economipedia.com/definiciones/cuello-de-botella-produccion.html>

Roldán, P., (2018), Economipedia, recuperado el 1 de mayo del 2021, de:
<https://economipedia.com/definiciones/periodificacion.html>

Pérez, M., (2020). Análisis de propuestas metodológicas de implementación de Lean manufacturing en pequeñas y medianas empresas. Recuperado de:
http://reaxion.utleon.edu.mx/Art_Analisis_de_propuestas_metodologicas_de_implementation_de_Lean_manufacturing_en_pequenas_y_medianas_empresas.html

Pérez A., (04 de diciembre de 2015). ¿La información es Poder? Recuperado el 9 de febrero de 2021 de:
<https://blogs.deusto.es/master-informatica/la-informacion-es-poder/>

Pinto, J. y Slevin, D. (1988). Critical success factors across the project life cycle. Project Management Journal, 19(3), 67-75.

- Puma, L., (2006) Recuperado el 1 de mayo del 2021 de:
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/391/1/t196ec.pdf>
- Ranteshwar Singh, Dhaval B. Shah, Ashish M. Gohil, Milesh H. Shah, (2016)
 Overall Equipment Effectiveness (OEE) Calculation - Automation through Hardware & Software Development, *Procedia Engineering*, Volume 51, 2013, Pages 579-584, ISSN 1877-7058, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.082>.
- Scott, D. and Pisa, R. (1998) 'Can overall factory effectiveness prolong Moore's Law', *Solid State Technology*, March, p. 75–82.
- Rodriguez, P. (2006), Diseño de Interfaces Hombre - Máquina (HMI), Recuperado el 25 de abril del 2021 de:
<http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/1/619/620/621/3620.pdf>
- Roghianian, E., & Alipour, M. (2014). A fuzzy model for achieving lean attributes for competitive advantages development using AHP-QFD-PROMETHEE. *Journal of Industrial Engineering International*, 1.
- Šajdlerová, I., Schindlerová, V. y Kratochvíl, J., (2 de junio de 2020), Potential and Limits of OEE in the Total Productivity Management, Recuperado el 16 de mayo de 2021 de:
<http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-b7af8530-7bb7-497a-ab71-3129d767f624>
- Salgado_Levano,(2007) Investigación cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos recuperado el 26 de abril de 2021 de:
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1729-8272007000100009&script=sci_arttext&tlng=en
- Salazar, B. (1 de noviembre de 2019) Ingeniería Industrial Online.com Recuperado el 04 de abril del 2021 en:
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>
- Sejzer, R (14 de julio de 2016). Blog Calidad total, Que es el OEE y como se calcula. Recuperado el 24 de enero de 2020, de:
<http://ctcalidad.blogspot.com/2016/07/que-es-la-oee-y-como-se-calcula-ejemplo.html>
- Sekkat, K. (2011). Firm Sponsored Training and Productivity in Morocco
 Khalid University of Brussels, Belgium and ERF, Cairo, Egypt. Final version received August 2010. *Journal of Development Studies*, Vol. 47, No. 9, 1391–1409, September 2011.
- Servitje, L. (2009). Mejor capacitación, mayor productividad. Retrieved from
<http://es.catholic.net/op/articulos/44221/cat/416/mejor-capacitacion-mayor-productividad-.html>

- Sim, P., Power, E. & Togher (2012). L. Describing conversations between individuals with traumatic brain injury (TBI) and communication partners following communication partner training: Using exchange structure analysis.
- Socconini, L. (2019) ¿Que es Lean Manufacturing? en, Marge Book (ed.), Lean Manufacturing. Paso a Paso (pp 20)
- Sohal1, A., Olhager, J., O'Neill, P. y Prajogo, D. (2010) Implementation of OEE – issues and challenges, recuperado el 25 de abril del 2021 de:
https://www.researchgate.net/profile/Jan-Olhager/publication/228974091_Implementation_of_OEE_-_Issues_and_challenges/links/53ebb1390cf250c8947ae5c9/Implementation-of-OEE-Issues-and-challenges.pdf
- Subramaniam, S. K., Husin, S. H., Yusop, Y. Y hamidon, A. H., (9 de julio del 2007), Machine efficiency and man power utilization on production lines recuperado el 25 de abril del 2021 de:
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/6169147/ehac10.pdf?response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMachine_efficiency_and_man_power_utiliza.pdf&Expires=1619382140&Signature=Nxc8lg-UMrPYQJ9NmZibAKeKSj15ej1~Ip4r~Kj1rclzv23-B~lCrOpvhG0UydR~bZQBkchhoUBEc0i0jOyn8ZNR6vcQ24r8MQuhZx00JY2A4lrq9GyESK mzYSJFkmtal3oAAPA~-flIfULIOGYII43kJ73pyrtBSfdQgu4xN9MvXOdo~KujK7oGnLuXbwgxLN64qygy3aRJYnaKggQr3flhMdiVBn2y-xU81wo4z4aah52VKkHb6L82O3kYnz4qGkwCt1Gpma2uaHiQp0xvwUtoi53aBvWApvZhPQOKHqqE1dYSlv-zlXap5ME851zosoq2dPggLswzV2zF5rqGw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- Sundar, R., Balaji, A.N. y Satheesh, R.M., (2014) “A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques”, Recuperado el 16 de mayo de 2021 de
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1877705814034092?token=0CF299FB3A018AE701D03C8B7AD105041F08F8BD372AC68FE5D76454A0C616809F4C99FEC80D6AE894F19757EB5B8BAD&originRegion=us-east-1&originCreation=20210516194116>
- Swanson, L., (2001), “Linking maintenance strategies to performance”, International Journal of Production Economics 70(3), 237–244.
- Touron, J (29 de mayo del 2019). Sistemas OEE Technology to Improve: Captura automática de Datos. Recuperado de:
<https://www.sistemasoe.com/la-importancia-de-la-captura-automatica-de-datos-en-la-industria-40/>

Trout, Jonathan (2019). ¿Qué Es La Efectividad General Del Equipo (OEE)? Recuperado el 1 de mayo del 2021 de:

<https://cmc-latam.com/que-es-la-efectividad-general-del-equipo-oee/>

Williamson, B (12 de junio 2015). Efficient Plant: Uptime: Remembering the Father of TPM. Recuperado el 2 de febrero de 2021, de:

<https://www.efficientplantmag.com/2015/06/remembering-the-father-of-tpm/>

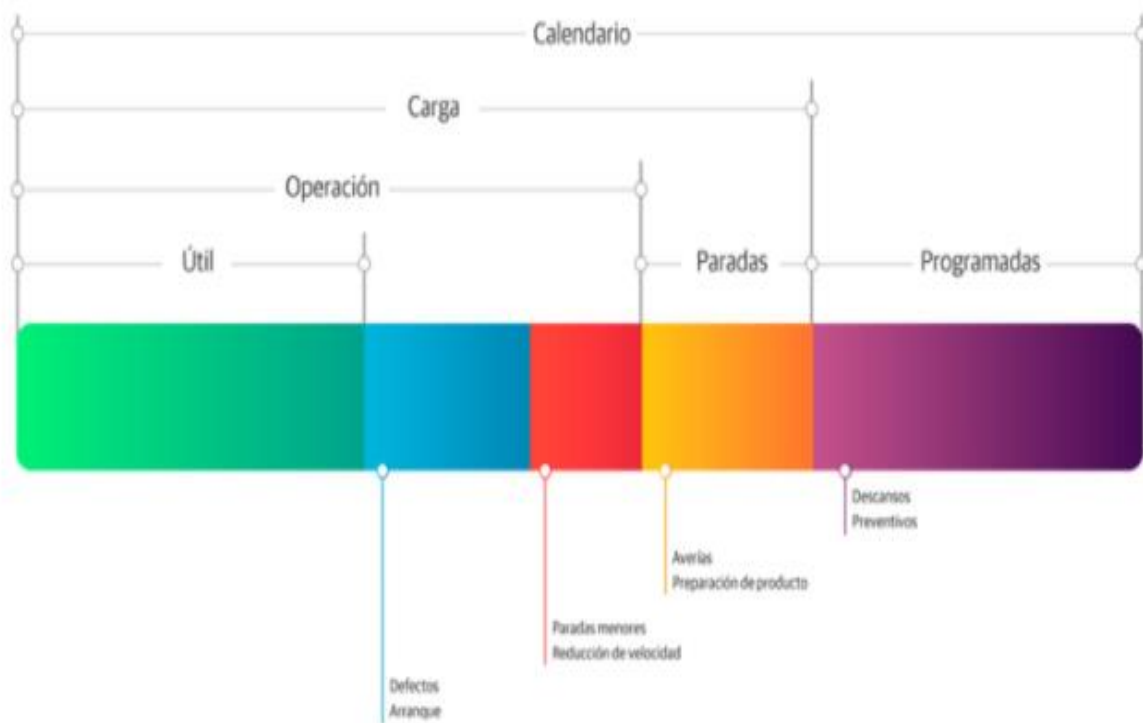
Zantini, L. (2021). Headvisor Business Process Reengineering. Recupero el 04 de abril del 2021 de:

<https://www.headvisor.it/ctq-critical-to-quality>

Apéndices

Apéndice A
Gráficas de OEE

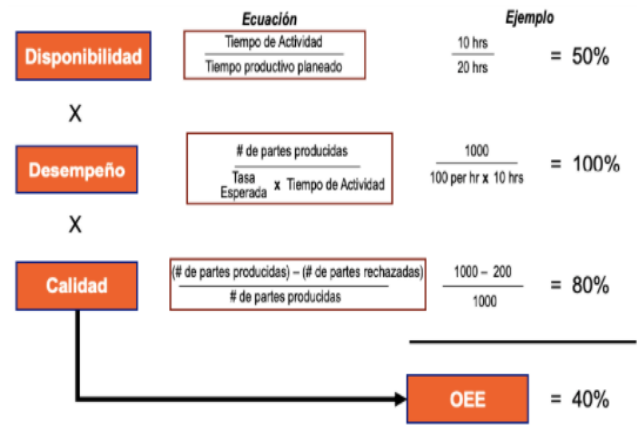
Seis grandes pérdidas del sistema de OEE



Resumen Grafico del OEE

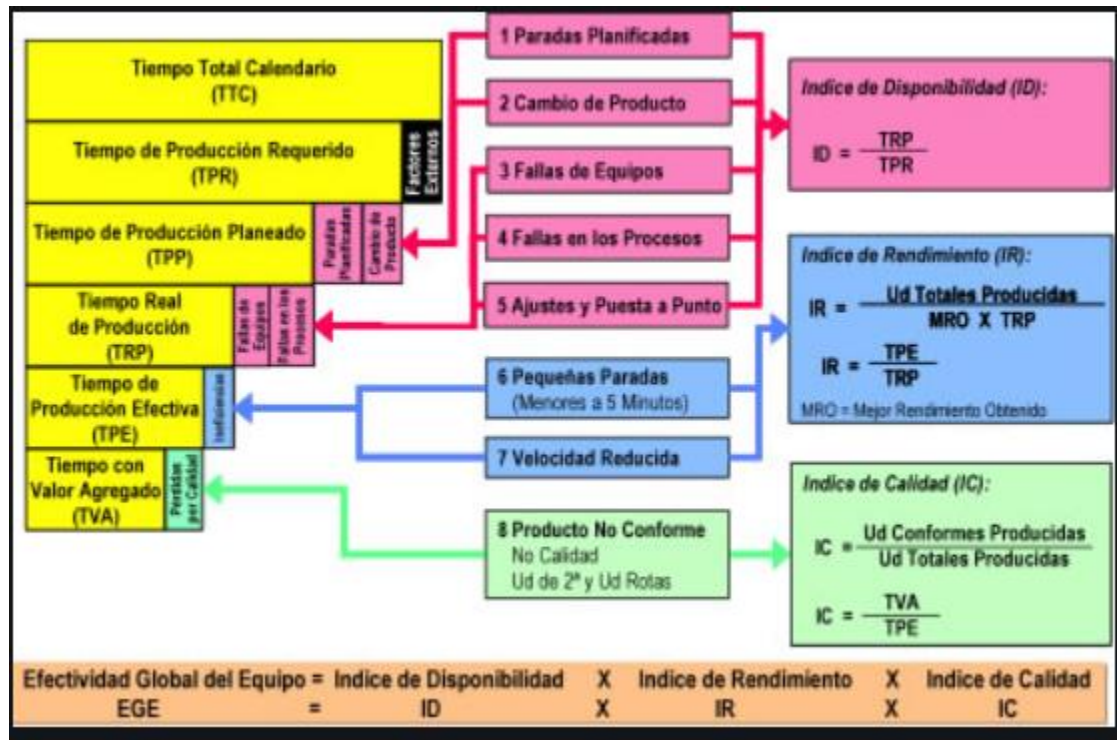


Cómo se calcula el OEE



El OEE

es el resultado de la multiplicación de los tres factores (Disponibilidad, Rendimiento y Calidad)





Ejemplo de una indicación de OEE en una planta

