

CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN APLICADA

*Víctor Gisbert Soler
Ana Isabel Pérez Molina
Elena Pérez Bernabéu
Mauro Calabuig Valor
Berta Pons Vidal*

*Francisco Ángel Campoy Brotons
Jorge Almería Domínguez
M^a Teresa San Antonio Ignoto
Auxanna Marie Kou-Vah Laurent
Laura Castellano Lendínez
Sandra Rojas Lema*

Economía, Organización y Ciencias Sociales



CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN APLICADA

Víctor Gisbert Soler
Ana Isabel Pérez Molina
Elena Pérez Bernabéu
Mauro Calabuig Valor
Berta Pons Vidal
Francisco Ángel Campoy Brotons
Jorge Almería Domínguez
M^a Teresa San Antonio Ignoto
Auxanna Marie Kou-Vah Laurent
Laura Castellano Lendínez
Sandra Rojas Lema



Editorial Área de Innovación y Desarrollo,S.L.

Quedan todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida, distribuida, comunicada públicamente o utilizada, total o parcialmente, sin previa autorización.

© del texto: **los autores**

ÁREA DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO, S.L.

C/ Els Alzamora, 17- 03802- ALCOY (ALICANTE) info@3ciencias.com

Primera edición: **diciembre 2018**

ISBN: **978-84-949535-4-5**

DOI: <http://dx.doi.org/10.17993/EcoOrgyCso.2018.47>

PRÓLOGO

Esta segunda edición de *“Cuadernos de investigación aplicada”*, con artículos relacionados a habilidades y conocimientos ligados al Máster Universitario de Ingeniería de Organización y Logística, MUIOL, de la Universidad Politécnica de Valencia, UPV, bloque de Calidad, Medio Ambiente y Riesgos Laborales, tiene un valor particular por ser una primera aproximación, o el primer aporte de los alumnos que han cursado dicho bloque y máster, al mundo de la investigación relativa a la mejora continua y los sistemas de gestión.

Los artículos han sido elaborados en un contexto académico, intentando, que independientemente de la estructura seguida en todos ellos, se haya comenzado por describir el problema, mostrando que es una dificultad interesante y no resuelta.

En segundo lugar, se ha realizado una búsqueda de ideas de otros autores, tanto en lo relativo a la metodología como a los resultados.

Posteriormente se ha definido o determinado la metodología e ideas de los autores y se ha comparado con los antecedentes.

Por último, para acabar, se ha argumentado y concluido sobre todo ello.

ÍNDICE

KANBAN. METODOLOGÍA PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS

L. Castellano Lendínez, V. Gisbert Soler, A. I. Pérez Molina..... 9

PREPARACIÓN DE PEDIDOS

M. Calabuig Valor, V. Gisbert Soler, E. Pérez Bernabeu 19

METODOLOGÍA SIX SIGMA. COMPARACIÓN ENTRE CICLO PDCA Y DMAIC

B. Pons Vidal, V. Gisbert Soler, A. I. Pérez Molina..... 27

MÉTODO TPM PARA LA MEJORA Y EFICIENCIA DE LA PRODUCCIÓN

F. Á. Campoy Brotons, V. Gisbert Soler, E. Pérez Bernabeu..... 35

KAIZEN: MEJORA CONTINUA

J. Almería Domínguez, V. Gisbert Soler, A. I. Pérez Molina 41

L'ANALYSE DE CAUSE RACINE ET SES RISQUES

A. M. Kou-Vah Laurent, V. Gisbert Soler, E. Pérez Bernabeu..... 47

HERRAMIENTAS LEAN. TÉCNICA SMED. REDUCCIÓN DE TIEMPOS DE CAMBIO DE HERRAMIENTA

M. T. San Antonio Ignoto, V. Gisbert Soler, A. I. Pérez Molina..... 57

IMPLEMENTACIÓN DE ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)

S. Rojas Lema, V. Gisbert Soler, E. Pérez Bernabeu 69

KANBAN. METODOLOGÍA PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS

KANBAN. METHODOLOGY TO INCREASE PROCESS EFFICIENCY

Laura Castellano Lendínez¹, Víctor Gisbert Soler², Ana Isabel Pérez Molina³

1. Graduada en Ingeniería Mecánica – Universidad de Jaén (España). Máster en Ingeniería de Organización y Logística – Universidad Politécnica de Valencia, (España). E-mail: laucasle@epsa.upv.es
2. Doctor Ingeniero Industrial. Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad. Universidad Politécnica de Valencia, (España). E-mail: vgisber@eio.upv.es
3. Ingeniera Técnico Industrial Química. Ingeniera en Organización Industrial. Doctor por la Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad. Universidad Politécnica de Valencia, España. E-mail: anpemo@eio.upv.es

RESUMEN

En el presente artículo se analiza la metodología Kanban y sus principales características. Esta metodología busca conseguir un proceso productivo, organizado y eficiente. Se creó en Toyota (Japón) y se utiliza para controlar el avance del trabajo en una cadena de producción. Forma parte de la metodología Lean Manufacturing basada en la utilización de técnicas just-in-time (JIT).

El principal objetivo del sistema Kanban es asegurar una tasa de producción sostenible para evitar exceso de producto terminado, cuellos de botella y retrasos en la entrega de pedidos. Los trabajos en curso deben organizarse en función de la capacidad del centro de trabajo y equipos. Requiere una comunicación en tiempo real sobre la capacidad y una transparencia del trabajo total.

PALABRAS CLAVE

Sistema Kanban, Procesos productivos, Gestión de inventarios, Stock cero, Sistema pull.

ABSTRACT

The present paper depicts the Kanban methodology and its main characteristics. This methodology seeks to achieve a productive, organized and efficient process. This technique was created in Toyota to control the progress of the work carried throughout a supply chain. Kanban is part of the Lean Manufacturing methodology which is based on the use of just-in time (JIT) techniques.

The main objective of Kanban is to ensure a sustainable production to prevent excess of final product, bottleneck and delay in the delivery. The work in progress must be organised in accordance with the capacity of the work centres and work equipment. The system requires real-time communication on the capacity. Additionally, a is required transparency of total work.

KEYWORDS

Kanban systems, Production process, Inventory management, Zero stock, Pull system.

INTRODUCCIÓN

Uno de los factores clave para las empresas cuyo objetivo es alcanzar la máxima eficacia y eficiencia en sus procesos es la implementación de sistemas de producción.

Existen numerosos métodos orientados al mejoramiento de los procesos, de los cuales, resaltan métodos japoneses caracterizados por los resultados que estos ofrecen. La mayoría de las técnicas japonesas relacionadas con el desarrollo de nuevos modelos de organización industrial surgen a partir de la reconstrucción de la economía japonesa. Estas técnicas conllevan a una revisión íntegra y el perfeccionamiento de los modelos de organizaciones, reorganizando los recursos mediante la integración de nuevos factores con la idea de conseguir mayor flexibilidad, nuevos conceptos de calidad y cambios importantes en las relaciones laborales.

Por otro lado, la reducción de la vida de los productos ha sido otro de los grandes objetivos que conllevan la ejecución de las metodologías japonesas. Es decir, reducir las existencias e incluso eliminarlas siempre que sea posible. Consecuentemente las empresas japonesas han obtenido altos niveles de rotación de existencias que las han llevado a aumentar la productividad.

De entre todos los métodos y sistemas desarrollados se encuentra el Sistema Kanban.

Kanban es un método visual para controlar la producción, formado por un sistema de señales a lo largo de toda la cadena de producción que controla el proceso de reabastecimiento y empieza con el conocimiento de lo que el cliente demanda, hasta que se obtiene el producto final. El sistema Kanban se encarga de controlar que las piezas o componentes que se encargan en la cadena de producción se realicen en cantidades suficientes para reemplazar las que ya se han utilizado, consiguiendo así una producción sin existencias.

En el presente trabajo se describe el funcionamiento de este sistema Kanban basado en los principios de Lean. Kanban es popular entre las empresas u organizaciones que buscan aumentar la flexibilidad de su negocio y de este modo mejorar la gestión de los servicios que proporcionan a sus clientes, sin tener que realizar cambios relativamente grandes en la estructura organizativa o cargos de trabajo.

1.1. Títulos

Para la introducción del sistema Kanban que se desarrolla en este artículo se ha complementado con los siguientes artículos como fuente de información. Esta fuente de información ha sido utilizada como referencia para la realización del artículo.

Antecedente Nº 1

“LOS SISTEMAS JUST-IN-TIME/KANBAN, UN PARADIGMA PRODUCTIVO”, por Huberto Juárez Núñez.

El autor de este artículo describe la historia y orígenes del sistema Kanban. En este documento se recoge una amplia información sobre los efectos y el impacto que provocó la implantación de este sistema en las estructuras productivas occidentales. El autor concluye en que el modelo Kanban ha modificado fuertemente la cultura productiva e impulsado procesos de innovación con miras al perfeccionamiento y la profundización de las propuestas originales.

Antecedente Nº 2

“MEJORAMIENTO DE PROCESOS DE MANUFACTURA UTILIZANDO KANBAN”, por Martín Darío Arango Serna, Luis Felipe Campuzano Zapata y Julián Andrés Zapata Cortes.

Según los autores Martín Darío Arango Serna, doctor en Ingeniería Industrial, Luis Felipe Campuzano Zapata, magister en Ingeniería Administrativa y Julián Andrés Zapata Cortes, magister en Ingeniería Administrativa presentan en su publicación la aplicación de la metodología Kanban y el análisis del efecto que puede generar en una empresa de fabricación de transformadores de distribución. El artículo describe la metodología Kanban basada en seis reglas naturales y hace hincapié en que el requisito primordial para la implantación del sistema Kanban es la formación del personal y la organización de los procesos.

Antecedente Nº 3

“SISTEMAS DE PRODUCCIÓN TIPO KANBAN: DESCRIPCIÓN, COMPONENTES, DISEÑO DEL SISTEMA, Y BIBLIOGRAFÍA RELACIONADA”, por Oscar Javier Parra Ortega.

En este artículo se encuentra una descripción del mecanismo de operación de un sistema Kanban, los elementos que los componen, además de la propuesta de un modelo heurístico para determinar el número de Kanban con el objetivo de minimizar el coste promedio del inventario en proceso.

METODOLOGÍA

La filosofía de gestión de operaciones JIT (just in time), la cual se traduce en un sistema que tiende a producir lo que se requiere, en el momento que se necesite, con la calidad especificada y sin desperdiciar recursos del sistema, formada por una serie de componentes necesarios para reducir el nivel de inventarios, así como de satisfacer la demanda en el tiempo requerido. Dentro de los componentes que forma esta filosofía se encuentra Kanban. El significado literal de Kanban es “tarjeta” o “señal”.

La misión del sistema Kanban es el control de los materiales para conseguir que el inventario de producto semiterminado recorra toda la cadena de suministro desde el cliente hasta los proveedores. Cada proceso que ocurre a lo largo de la cadena de suministro de una empresa debe producir al ritmo que se necesitan los productos y hacer reposición de las unidades consumidas.

Para la implementación del sistema Kanban es necesario que la empresa tenga aplicado un sistema de control de producción tipo Pull. Este sistema de control de producción planifica la producción de sólo lo que la empresa enviará al cliente, es decir, producir en función de la demanda, por lo que todo lo que se produzca fuera de la planificación se considerará sobreproducción, la cual será una fuente de desperdicio importante para la empresa.



Figura 1. Sistema de control de producción tipo Pull.

Fuente: elaboración propia.

El sistema tradicional de producción se denomina Push. El sistema Push se asocia con los sistemas de MRP (Material Requirement Planning), los procesos de producción se programan y los materiales necesarios para la obtención del producto final se ordenan y se fabrican con el fin de crear un stock basado en la previsión de la demanda. En este caso los procesos van empujando a los procesos siguientes

a producir, por lo que el flujo va desde las materias primas hasta el cliente final. La principal desventaja de este sistema es la producción en grandes cantidades o grandes lotes, lo que conlleva a coste elevado en stock en curso.

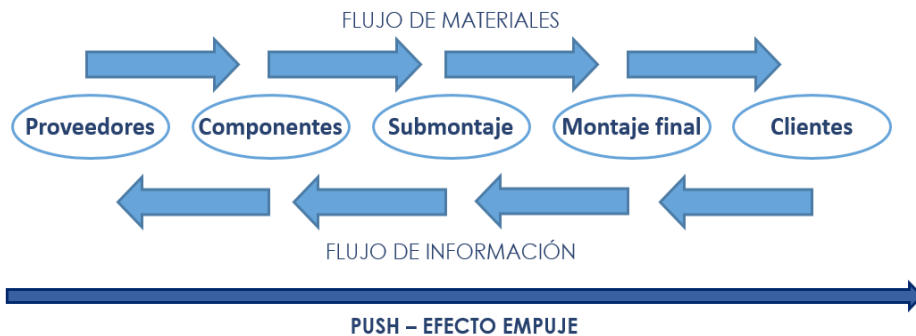


Figura 2. Sistema tradicional de producción tipo Push.

Fuente: elaboración propia.

El sistema Kanban está basado en una serie de principios, los cuales son:

- Visualización: Kanban permite tener una visualización total del desarrollo de las tareas de la cadena de producción, lo que facilita la organización y la realización de modificaciones si fuera necesario en el equipo.
- Calidad: Es importante que todo lo que se haga se debe hacer bien desde el principio.
- Disminución de los desperdicios: Hacer lo justo y necesario.
- Priorización – flexibilidad: Realizar una gestión adecuada del tiempo con un orden coherente para facilitar el trabajo de todo el equipo. Las tareas se pueden priorizar.
- En proceso: Kanban promueve la continua modificación de las actividades a realizar.
- Mejora continua: La mejora es infinita por lo que se debe mejorar continuamente los procesos en función de los objetivos definidos.

2.1. Descripción del sistema Kanban

Kanban consiste en un sistema de señales visuales de control de producción que mantiene activo el proceso de reabastecimiento. Para mandar la señal de reabastecimiento existen una amplia variedad de métodos, desde tarjetas o tableros, señales visuales o electrónicas. La elección de un método de aviso u otro

dependerá de las condiciones de la empresa, así como de las características del producto.

Una cadena de suministro o producción está formada por una serie de centros de trabajo, los cuales están conectados entre sí y por los que el flujo de información y materiales circula desde el inicio hasta el fin. Cada uno de los centros de trabajo está conformado por equipos que pueden ser máquinas y operarios que trabajan en paralelo y realizan las actividades pertenecientes a su centro de trabajo.

Con el objetivo de regular el flujo de producción entre los diferentes centros de trabajo, el sistema Kanban a través de señales que indican cuando se necesita más material controla el reaprovisionamiento. Es decir, el centro de trabajo que esté aguas arriba mediante la señal Kanban siempre pedirá el material que necesita al centro de trabajo anterior. Una vez que un centro de trabajo realice todas las tareas, deberá pedir al proceso anterior lo que necesita para continuar produciendo y tenerlo listo justo a tiempo.

El primer centro de trabajo de la cadena proporcionará la materia prima y el último centro entregará el pedido al cliente en el momento que lo demande. Los centros de trabajo intermedios el producto semiacabado irá recorriendo toda la cadena y el material necesario para su fabricación irá pasando el proceso justo cuando lo demande el proceso aguas arriba.

Un diseño adecuado del sistema Kanban es esencial para la gestión y control de la producción. Kanban genera las cantidades de producción necesarias en el momento requerido, reduce inventario y elimina actividades que no generan valor en la cadena de producción, reduciendo así elevados costes de producción.

2.2. Objetivos del Sistema Kanban

Los objetivos principales que se pretenden conseguir con el sistema Kanban son:

- Establecer una programación en la que se pueda visualizar la producción.
- Controlar el flujo de material.
- Impulsar el mantenimiento de los procesos estandarizados.
- Evitar la sobreproducción.
- Controlar los inventarios.
- Incrementar y mejorar la comunicación entre procesos y centros de trabajo.
- Minimizar el producto en proceso.

2.3. Implementación del Sistema Kanban

Para la implementación correcta del sistema Kanban será necesario seguir una serie de pasos:

1. Formar a todo el equipo de trabajo en la metodología Kanban y tomar conciencia de los beneficios y ventajas que presenta este sistema.
2. No es necesario implementar Kanban de primeras en todos los procesos de la cadena, sería conveniente analizar los centros con más problemas para detectar posibles problemas que se desconocían.
3. Implementar Kanban en el resto de los centros de trabajo. El operario correspondiente con el centro de trabajo será la fuente de información más importante, el cual aportará opiniones e ideas para mejorar el sistema.
4. Mantenimiento y revisión continua del sistema Kanban.

CONCLUSIONES

El sistema Kanban representa una parte de realmente importante en el desarrollo de los sistemas Just In Time. Este sistema permite reducir de manera drástica los niveles de inventario de productos en proceso en la cadena de suministro, como resultado de producir únicamente lo que se necesita.

La fase de implementación de este sistema será complicado y largo. La empresa deberá estar cerca de una serie de condiciones como una demanda regular del cliente, baja variación de producto y cambios rápidos. Al comienzo de la implantación la línea de producción contará con grandes cantidades de Kanban y se irán reduciendo poco a poco la cantidad de stock de manera planificada para detectar posibles problemas y así poder eliminarlos. El hecho de reducir los niveles de inventario dejará a la luz números problemas que existen en el proceso de producción y que se desconocían.

Kanban es particularmente útil en los centros de trabajo en los que los productos y equipos dependen de las personas. Los problemas más destacados son producidos por retrasos en las entregas, carga de trabajo no equilibrada, cuellos de botellas en los centros, reparto de multitareas. Actualmente la mayoría de las empresas han implantado o están en proceso de adoptar este sistema que les permita mejorar su capacidad de respuesta a la demanda del cliente o mayor rapidez de respuesta ante cambios imprevistos, aprovechar la capacidad de los recursos y equipos, disminuir los desperdicios hasta llegar a eliminarlos, reducir las esperas y por lo tanto lograr aumentar la rentabilidad y alcanzar todos los objetivos definidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arango Serna, M., Campuzano Zapata, L., y Zapata Cortes, J. (2015). Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban. *Revista Ingenierías Universidad De Medellín*, 14(27), pp. 221-233. doi: <https://doi.org/https://doi.org/10.22395/rium.v14n27a13>

Herramientas Lean Manufacturing más importantes y cómo implantarlas. Recuperado de: <https://leanmanufacturing10.com/herramientas-lean-manufacturing-mas-importantes-implantarlas>

Juárez Núñez, H. (2002). Los sistemas just-in-time/Kanban, un paradigma productivo. *Política y Cultura*, (18), pp. 40-60. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/revista.oa?id=267>

Parra Ortega, O. J. (2008). Sistemas de producción tipo kanban: Descripción, componentes, diseño del sistema, y bibliografía relacionada. *Panorama*, 2(6). doi: <http://dx.doi.org/10.15765/pnrm.v2i6.219>

Poler Escoto, R. (2018). *Sistemas de Producción Ajustada. Elementos de los Sistemas de Producción Ajustada*. Universidad Politécnica de Valencia. Material no publicado.

PREPARACIÓN DE PEDIDOS PICKING

Mauro Calabuig Valor¹, Víctor Gisbert Soler², Elena Pérez Bernabeu³

1. Máster de ingeniería en organización y logística. Ingeniero mecánico. Titulado por la Escuela Politécnica Superior de Alcoy. Alcoy, Alicante. España. E-Mail: maucava@alumni.upv.es
2. Doctor Ingeniero Industrial. Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad. Universidad Politécnica de Valencia, (España). E-mail: vgisber@eio.upv.es
3. Doctor Ingeniero en Organización Industrial. Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad. Universidad Politécnica de Valencia. E-mail: elpeber@eio.upv.es

RESUMEN

El picking o preparación de pedidos está relacionado con la logística. Consiste en la recogida del material de diferentes ubicaciones para la preparación de uno o varios pedidos. Se analizará la gestión de la preparación de pedidos, las rutas y los tipos de picking, problemas que surgen con el aumento de volumen de negocio y empresas en constante desarrollo necesitan optimizar todos sus procesos.

PALABRAS CLAVE

Picking, Artículos, Lotes, Clúster, Zonas, Rutas.

ABSTRACT

Picking is related to logistics. It consists of picking up the material from different locations for the preparation of one or more orders. The management of order picking, routes and picking types will be analyzed. Problems that arise with the increase in business volume. Companies in constant development need to optimize all their processes.

KEYWORDS

Picking, Articles, Lots, Cluster, Zones, Routes.

INTRODUCCIÓN

Muchos autores se preguntan qué es el picking. Este término anglosajón, en el mundo de la gestión de proyectos logísticos hace referencia a la tarea de recoger unidades de uno o varios artículos, almacenados en distintas ubicaciones, que deben destinarse a la preparación de uno varios pedidos, lo que conocemos como sistema de almacenaje.

Su principal característica es su intensidad en mano de obra, que configuran esta actividad como uno de los puntos críticos a la hora de mantener ciertos niveles de productividad en la cadena de suministro.

El picking y la manipulación de cargas unitarias están conectados con el ciclo de reposición de existencias y con el proceso de envío de pedidos preparados.

Esta actividad puede llevarse a cabo de muchas maneras: desde la más sencilla, en la que un operario recorre la instalación recopilando las unidades, a las más sofisticadas, como es, por ejemplo, la que se basa en un sistema completamente automatizado con preparación mecanizada. Cada uno de estos métodos es ideal para una o más aplicaciones pero, a su vez, tiene ciertas limitaciones.

DESARROLLO

2.1. Definiciones

Artículos: referencias del surtido en el que se incluyen características físicas, tamaño de lote, referencias etc.

Cantidad de pedidos: volumen del flujo de pedidos

Medios de almacenaje y transporte interno: equipos utilizados y personal.

Zonificación: diseño del almacén, especialización del personal, congestión, etc.

Rotación: productividad y clasificación del producto ABC.

Costes: cálculo de los mismos y su reducción.

Flujos de información: sistemas de gestión internos, en tiempo real, sin papeles y a prueba de fallos.

2.2. Principios básicos del Picking

- Debe existir como mínimo una localización para cada producto de la línea.

- Hay factores a tener en cuenta. La cobertura es el intervalo que existe entre reposiciones. Dependiendo de la rotación del producto, lo colocaremos en una localización u otra.

- El movimiento del picker y el reponedor debe ser el mínimo.

- Para reducir el tiempo de picking, las rutas del picker y el reponedor han de ser las mínimas.

- Se debe facilitar la accesibilidad frente al aprovechamiento del volumen.

- Reducir al máximo la congestión.

- Si se separan los stocks de picking y los de reserva, reduciremos la congestión y sus operaciones. De este modo reduciremos el área del stock de picking.
- Colocando el 20% de las referencias en una zona cercana, se reducirán en un 80% los viajes a esta zona.

- Evitar la ruptura de stock.

- Cumplir con los niveles requeridos de servicio.

2.3. Fases del Picking

Las **fases del picking** quedan englobadas en 4.

1. Preparativos

Recogida de datos y lanzamiento de órdenes clasificadas (resumen de albaranes, segmentación por zonas de los albaranes...).

Preparación de los elementos de manutención (carretillas, carros, palets, rolls...).

2. Recorridos

Desde la zona de operaciones hasta el punto de ubicación del producto.

Desde el punto de ubicación al siguiente y así sucesivamente.

Vuelta a la base desde la última posición.

3. Extracción

Posicionamiento en altura, extracción, recuento, devolución sobrante.

Ubicación sobre el elemento de transporte interno (carro, roll, palet,...).

4. Verificación del acondicionado

Control, embalaje, acondicionado en cajas, precintado, pesaje y etiquetado.

Traslado a zona de expedición y clasificación por transportistas, destino...

Elaboración del packing list del transportista.

2.4. Tipos de Picking

Pedido a pedido: Es el picking más básico, el operario tiene asignado un pedido hasta que lo completa. Realiza un recorrido por el almacén con la orden de pedido y lo va preparando.

Por lotes: También es conocido como recolección de múltiples órdenes. Es el proceso de recoger productos para satisfacer varios pedidos a la vez. Una vez que todos los artículos han sido recogidos por lotes, se clasifican y se consolidan los pedidos. Este método reduce las distancias recorridas en el almacén y el número de viajes realizados y por lo tanto el coste medio por pedido.

Picking por zonas: Es una estrategia de picking donde cada operario recoge los productos en su zona. Dependiendo del personal, equipamiento y distribución del almacén las zonas asignadas pueden ser más o menos grandes. Esta estrategia aumenta la eficiencia al permitir la especialización por zonas.

Clúster picking: Es similar al picking por lotes, pero en lugar de recoger los productos en un mismo contenedor para luego tener que separarlos y clasificarlos, en el clúster picking ya se recogen de forma diferenciada para cada pedido. Esto elimina la mano de obra necesaria para la separación y clasificación.

Picking por olas: Es una estrategia de picking que generalmente utilizan los SGA. Las órdenes se agrupan y se lanzan por oleadas durante el día. El objetivo es distribuir el trabajo uniformemente, la frecuencia y duración de cada ola dependerá de la carga de trabajo diaria y del personal disponible.

Picking con clasificación automática: Propia de las instalaciones con almacenes automáticos que requiere un movimiento mínimo de los operarios. Los productos van mediante cintas transportadoras y líneas de clasificación automática. Los pickers permanecen en estaciones asignadas, colocando los productos en las cajas que llegan por las cintas transportadoras. Las cajas pueden pasar por diferentes estaciones, hasta completar la orden.

RESULTADOS

Hay que tener en cuenta diferentes variables:

- Tener pequeños productos almacenados en zonas para almacenar grandes productos, causa baja utilización de los almacenes. En general los productos grandes y pesados deben almacenarse cerca de su punto de uso. Las consideraciones sobre el tamaño se deben tener en cuenta al definir la altura de ubicación de los productos. Agrupar por tamaños permite especializar los equipos. Cuando al diseñar el almacén no se está seguro del tamaño de los productos a almacenar se debiera recurrir a almacenes configurables.
- Las estrategias de ruta (routing strategies) se basan en que los preparadores (pickers) deben recorrer la menor distancia posible, ya que el tiempo del recorrido (travel time) supone en general alrededor del 40% del tiempo total de procesamiento de la orden (que incluye otras actividades como el tratamiento de información y documentos, la recogida, verificación, acondicionamiento y embalaje, etc.).
- La eficiencia de la preparación de pedidos se puede incrementar significativamente mediante un estudio de la distribución en planta, y del equipamiento de manutención y almacenaje más adecuado. Sin embargo, en muchos casos el almacén ya está construido.

4. CONCLUSIONES

El Método ABC o también denominada Ley 80-20 o Regla de Pareto, es un método de clasificación de los productos útil para la empresa. Es una herramienta de análisis de inventarios que tiene por objetivo el optimizar la organización y gestión dentro de la empresa. Este método nos permite identificar los artículos que tienen un impacto importante en nuestro valor global (de inventario, de venta, de costes...). Permite también crear categorías de productos que necesitan niveles y modos de control distintos.

Con este análisis de lo que se trata es de lograr un mayor control sobre el inventario y priorizar y focalizar de esta forma hacia donde tenemos que centrar nuestros esfuerzos.

El Método ABC establece 3 grupos de mercancías dentro de nuestro almacén, y los clasifica en Grupo A, Grupo B y Grupo C. Los grupos van del más al menos importante para nosotros, pudiendo considerar tanto número de partidas, valor, retorno, beneficios, etc.... así de esta forma el grupo A sería el más importante y el grupo C sería el menos importante.

Teniendo esto presente, podemos considerar por ejemplo que vamos a clasificar los artículos por su valor, y así, veremos que el 80% de nuestro valor total vendrá representado por el 20 % de los artículos que tenemos. Estos productos los clasificaremos dentro del Grupo A.

De igual forma, el siguiente 15% de nuestro valor total vendrá representado por tan solo un 30% de nuestros artículos, los clasificamos como Grupo B.

Y finalmente el último 5 % de nuestro valor total vendrá representado por el 50% de nuestros artículos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

El picking o preparación de pedidos en el almacén de manera óptima. (5 noviembre de 2015). Recuperado de: <https://www.noegasystems.com/blog/logistica/preparacion-de-pedidos-picking>

El picking o preparación de pedidos. (s.f.). Recuperado de: <https://www.mecalux.es/manual-almacen/picking-que-es>

Grupo Femxa. (18 octubre de 2018). *Método ABC de la clasificación de productos.* Recuperado de: <https://www.cursosfemxa.es/blog/metodo-abc-clasificacion-productos>

Picking almacén: ¿Qué es? (5 junio de 2017). Recuperado de: <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/sabes-que-es-picking/>

METODOLOGÍA SIX SIGMA. COMPARACIÓN ENTRE CICLO PDCA Y DMAIC

METHODOLOGY OF SIX SIGMA. COMPARISON BETWEEN PDCA AND DMAIC CYCLE

Berta Pons Vidal¹, Víctor Gisbert Soler², Ana Isabel Pérez Molina³

1. Graduada en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Máster en Ingeniería de Organización y Logística. Universidad Politécnica de Valencia, (España). E-mail: berponvi@etsiamn.upv.es
2. Doctor Ingeniero Industrial. Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad. Universidad Politécnica de Valencia, (España). E-mail: vgisber@eio.upv.es
3. Ingeniera Técnico Industrial Química. Ingeniera en Organización Industrial. Doctor por la Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad. Universidad Politécnica de Valencia, España. E-mail: anpemo@eio.upv.es

RESUMEN

Seis Sigma es una metodología de mejora continua de la calidad que, mediante el análisis de datos, persigue reducir errores y alcanzar la calidad más cercana a la perfección. Para conseguir los objetivos del Seis Sigma se necesita tiempo y compromiso por parte de todos los integrantes la empresa, ya que el proceso es costoso pero los resultados son muy favorables.

La técnica Seis Sigma se desarrolla en cinco fases siguiendo el ciclo DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar). En el presente artículo se va a realizar una comparación entre el ciclo tradicional PDCA y el ciclo mejorado DMAIC, como herramientas de mejora continua.

PALABRAS CLAVE

Seis sigma, DMAIC, PDCA, Calidad, Mejora Continua.

ABSTRACT

Six Sigma is a methodology of continuous improvement of quality that, through data analysis, seeks to reduce errors and achieve a level of quality as closest as possible to perfection. To achieve the goals of Six Sigma, it takes time and commitment of every member of the company. Although it is considered a demanding process, it is worth in terms that the outcomes are very positive.

The Six Sigma technique is developed in five phases following the DMAIC cycle (define, measure, analyze, improve and control). In this academic paper, a comparison between the traditional PDCA cycle and the DMAIC enhanced cycle will be made as a continuous improvement tools.

KEYWORDS

Six sigma, PDCA, DMAIC, Quality, Continuous Improvement.

INTRODUCCIÓN

La globalización y la competitividad entre las empresas por ser líderes ha obligado a algunas a adoptar sistemas de mejora continua de la calidad y diferentes herramientas para mejorar la eficiencia de la empresa. Una de las herramientas aplicadas para aumentar la competitividad y ser una empresa más eficiente es la Seis Sigma.

La herramienta Seis Sigma se inició en Motorola a finales de los años 80 como una estrategia de mejora de la calidad, ya que sufrían una crisis de calidad en sus productos. Al observar los buenos resultados obtenidos esta iniciativa se convirtió en un reto a fin de conseguir 3,4 defectos por millón en los procesos, lo que serían unos procesos casi perfectos. Los grandes logros conseguidos por Motorola, gracias a la implantación de esta herramienta, condujo a que varias empresas se interesasen por la técnica y empezasen a implantarla. Actualmente Six Sigma es una herramienta muy difundida y utilizada en muchas empresas a nivel mundial.

ANTECEDENTES

Para la redacción de este artículo se ha realizado una búsqueda de antecedentes de artículos relacionados con la metodología Seis Sigma. Los artículos seleccionados son los siguientes:

- El “Cuaderno investigación aplicada” contiene un artículo titulado “Qué es Seis Sigma, barreras y claves de funcionamiento en las PYMES” donde se detallan las características del Seis Sigma. En este artículo se especifican las fases del Seis Sigma, los roles de implementación y los beneficios y dificultades a la hora de implementarlo en las PYMES.
- En el artículo “El papel de la estadística en la metodología Seis Sigma. Una propuesta de actuación en servicios sanitarios” se compara la asistencia sanitaria como un proceso de producción para, de este modo, poder aplicar técnicas de mejora de la calidad de los servicios. Lo más relevante para la redacción de este artículo son las técnicas estadísticas que se pueden aplicar en las diferentes etapas del Seis Sigma.
- El artículo “Aplicación de la metodología Seis Sigma para reducir la pérdida de café al granel en una planta de envasado” es un claro ejemplo de la aplicación de Seis Sigma en una empresa. En este se detallan todas las fases del proceso con datos reales, aspecto que permite comprobar que los resultados obtenidos tras la aplicación del ciclo DMAIC son muy favorables. Además, se extrae que,

aunque Seis Sigma es una metodología más compleja que el ciclo PDCA, se consiguió aplicar con facilidad en la empresa.

- Por último, se ha consultado el artículo “Aplicación de metodología Seis Sigma para disminuir intervenciones en proceso de fabricación de vidrios” en el que se demuestra que la metodología Seis Sigma es efectiva como estrategia de mejora de la calidad y productividad. En este caso se concluye que la efectividad en la aplicación de la mejora ha estado fundamentada en:
 - Fuerte capacidad de liderazgo del equipo Seis Sigma.
 - Efectiva utilización de herramientas de calidad.
 - La disposición de la gerencia para asignar los recursos necesarios.

METODOLOGÍA SEIS SIGMA

En primer lugar, es necesario detallar que es la metodología Seis Sigma y en que consiste. Seis Sigma es una técnica cuyo objetivo es reducir la variabilidad de los procesos a fin de mejorar la calidad.

Desde un punto de vista estadístico, sigma representa la desviación típica de un conjunto de datos, es decir la dispersión de los valores respecto a la media. Este valor sigma está relacionado directamente con el número de unidades defectuosas, de manera que si la desviación es pequeña habrá pocas unidades defectuosas. Aplicando este concepto a la metodología Seis Sigma se concluye que lo que se pretende es establecer un proceso robusto a fin de minimizar los defectos hasta tener como máximo 3,4 piezas defectuosas por millón, valor que roza casi la perfección.

La metodología Seis Sigma se desarrolla mediante el ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). A continuación, se presentan de manera general los objetivos de cada una de las cinco etapas del ciclo y algunas de las distintas herramientas estadísticas que podrían ser utilizadas en cada etapa:

- Definir: es la primera etapa del ciclo, esta es la base donde se plantea el problema, se especifica el objetivo o la meta a alcanzar, y se identifican todos los elementos que intervienen en el proceso. En esta etapa se pueden utilizar diferentes herramientas, una de las más utilizadas es el diagrama de flujo ya que permite identificar los procesos sobre los que actuar más fácilmente. También se utiliza QFD (Despliegue de la Función de Calidad), que es una técnica que tiene como objetivo trasladar las necesidades de los clientes a requisitos y características de calidad, o FMEA (Análisis Modal de Fallos y Efectos), que permite determinar qué características hay que controlar.

- Medir: en la segunda etapa, se pretende obtener información sobre la situación actual del proceso que se está evaluando, con la finalidad de detectar las causas raíz de los problemas. Para el desarrollo del plan de recogida de datos se pueden utilizar diferentes técnicas, como el muestreo estadístico, realizar brainstorming o la recogida de datos en una plantilla.
- Analizar: A partir de los datos recogidos en la fase anterior, y haciendo uso de métodos estadísticos, se realiza su análisis e interpretación. En esta etapa se pueden utilizar una gran variedad de herramientas, las más habituales son:
 - Histograma: es un gráfico de barras verticales que representa la distribución de frecuencias de un conjunto de datos. Esta herramienta es especialmente útil cuando se tiene un amplio número de datos.
 - Gráfico de Pareto: permite identificar las causas principales de los problemas en los procesos de mayor a menor con sus porcentajes respectivos con el fin de focalizarse en aquellos más problemáticos.
 - Diagrama Causa-Efecto: se utilizan para llegar a las causas raíz de los problemas.
 - Diagrama de dispersión: esta herramienta relaciona dos variables permitiendo hacer estimaciones a primera vista.
 - Gráficos de control: es una herramienta utilizada para distinguir las variaciones debidas a causas asignables o especiales a partir de las variaciones aleatorias inherentes al proceso.
- Mejorar: una vez analizados los datos se procede a decidir y diseñar las acciones de mejora que hay que implementar para atacar las causas raíz de los problemas para así lograr los resultados esperados. Para la búsqueda e implementación de acciones de mejora se pueden utilizar tanto el brainstorming como FMEA.
- Controlar: para mantener y analizar las mejoras aplicadas se deber realizar un seguimiento de las acciones de mejora y comprobar los resultados obtenidos. En esta etapa la herramienta más utilizada son los gráficos de control, pero también se pueden utilizar análisis de capacidad o la determinación del nivel sigma del proceso.

Para poder implantar la metodología Seis Sigma de forma exitosa es necesario interés y formación por parte de todos los trabajadores de la empresa. El sistema se sustenta en un entrenamiento de todas las personas que intervienen en el proceso para que posean los conocimientos y características para dirigir la implantación. Las

personas encargadas de ponerlo en práctica son las que forman parte del Comité Seis Sigma. La estructura humana del Seis Sigma se compone de:

- Director Seis Sigma: Define los objetivos estratégicos del programa, las responsabilidades, selecciona el proyecto y los equipos que formarán parte de él acuerdo con el objetivo. También comunica y difunde el programa.
- Champion: las responsabilidades típicas del Champion en relación con la selección de proyectos, son:
 - Convertir los objetivos, estrategia competitiva... fijados por el Comité Seis Sigma en criterios cuantitativos de selección.
 - Realizar las tareas propias de la secretaría del Comité.
- Maestros cintas negras:
 - Proponer al Comité Seis Sigma el cinturón negro más adecuado para cada proyecto.
 - Preparar el Project Chárter correspondientes a los problemas propuestos por el personal a través de los canales de comunicación existentes.
- Cintas Negras: las responsabilidades del Cinturón Negro en relación con la selección de proyectos es la preparación de Project Charters correspondientes a proyectos que el considere de interés en función de su experiencia y actuaciones en anteriores Proyectos Seis Sigma.
- Cintas Verdes: Son empleados que recibieron suficiente capacitación en Seis Sigma para participar en un equipo o, en algunas compañías, para trabajar individualmente en algún proyecto de pequeña escala relacionando con su trabajo. Participan o lideran proyectos para atacar problemas de sus áreas.

COMPARACIÓN PDCA Y DMAIC

Como se ha mencionado anteriormente en la metodología Six Sigma se utiliza un ciclo de mejora más completo, el ciclo DMAIC. El DMAIC es utilizado para la resolución de problemas más complejos, con gran cantidad de datos, mientras que el PDCA al ser un método más clásico únicamente se utiliza para problemas de tamaño medio.

El ciclo DMAIC se desarrolla en cinco fases: definir, medir, analizar, mejorar y controlar, en cambio el ciclo PDCA presenta 4 fases. En la tabla siguiente se compara la organización de las fases:

PDCA	DMAIC
Planificar	Definir
	Medir
	Analizar
Hacer	Mejorar
Verificar	Controlar
Actuar	

A parte del número de etapas, una de las diferencias más importantes radica en que mientras el ciclo PDCA en sus dos primeras fases (planificar y hacer) se define lo que hay que hacer, el ciclo DMAIC define además de lo que hay que hacer, el cómo se hace. Al ser DMAIC una evolución del ciclo PDCA el proceso es más exhaustivo y suele tener un tiempo de aplicación mayor.

CONCLUSIONES

En la actualidad, la competitividad entre empresas para ser líderes en su sector hace que estas se interesen por la aplicación de diferentes técnicas de mejora. La implantación del Seis Sigma es una de ellas.

El presente artículo muestra de forma clara la metodología Seis Sigma, sus fases de implementación y la estructura organizativa. Mediante la consulta de varios artículos se puede concluir que la aplicación de Seis Sigma en una empresa promueve un cambio cultural en el que se consigue una mayor percepción de los trabajadores de la mejora continua de la calidad.

Cabe destacar que, aunque la técnica Seis Sigma sea una herramienta de mejora de la calidad, ésta a su vez hace uso de diferentes herramientas estadísticas o lean en sus fases de implementación. Por ello, se puede concluir que la utilización de todo el conjunto de herramientas de forma adecuada junto con la implantación de una buena organización Seis Sigma provoca grandes cambios en las empresas, consiguiendo mejoras de calidad o liderazgo en precios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Rodrigo Oltra, Á. y Gisbert Soler, V.** (2016). Qué es Seis Sigma, barreras y claves de funcionamiento en las PYMEs. *3C Tecnología*, 5(1), pp. 13-24. doi: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2016.v5n1e17.13-24>
- Huerga Castro, C., Abad González, J. y Blanco Alonso, P.** (2012). El papel de la estadística en la metodología Seis Sigma. Una propuesta de actuación en servicios sanitarios. *Pecunia Monográfico*, pp. 111-136.
- Bustán, M.** *Aplicación de la metodología Seis Sigma para reducir la pérdida de café al granel en una planta de envasado*. LACCEI August 14-16 Cancún, México.
- Torres Navarro, C. y Monsalve Ochoa, O. A.** (2009). Aplicación de metodología Seis Sigma para disminuir intervenciones en proceso de fabricación de vidrios. *Revista Ingeniería Industrial*, 8(1).

MÉTODO TPM PARA LA MEJORA Y EFICIENCIA DE LA PRODUCCIÓN

TPM METHOD FOR THE IMPROVEMENT AND EFFICIENCY OF PRODUCTION

Francisco Ángel Campoy Brotons¹, Víctor Gisbert Soler², Elena Pérez Bernabeu³

1. Ingeniero de Obras Públicas (Universitat Politècnica de València – Valencia). Máster Universitario de Ingeniería de Organización y Logística (Universitat Politècnica de València – Alcoy). (España). Email: francampoybrotons@gmail.com
2. Doctor Ingeniero Industrial. Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad. Universidad Politécnica de Valencia, (España). E-mail: vgisber@eio.upv.es
3. Doctor Ingeniero en Organización Industrial. Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad. Universidad Politécnica de Valencia. E-mail: elpeber@eio.upv.es

RESUMEN

Las industrias tradicionales tienen métodos de gestión que cada vez quedan más obsoletos y están basados, en su mayoría, en producción de grandes lotes de mismos productos y tiempos largos de preparación con trabajadores con formación muy específica. La necesidad, por tanto, de mejorar tiempos tanto de entrega o mejorar sus costes y calidad de sus productos surge la necesidad de implantar nuevos métodos de gestión.

De esta necesidad de producir siendo más flexibles, con tiempos cada vez más cortos (Just In Time), personal más cualificado y polivalente y consiguiendo una calidad alta del producto, evitando las mermas surge el Mantenimiento Productivo Total (TPM) para solventar todas estas pérdidas o averías.

PALABRAS CLAVE

Calidad, TPM, Producción, Pérdidas, Empresa.

ABSTRACT

Traditional industries have management methods that are increasingly obsolete and are based, mostly, on production of large batches of same products and long preparation times with workers with very specific training. The need, therefore, to improve delivery times or improve their costs and quality of their products arises the need to implement new management methods.

From this need to produce more flexible, with shorter and shorter times (Just In Time), more qualified and versatile personnel and achieving a high quality of the product, avoiding waste, Total Productive Maintenance (TPM) to solve all these losses or breakdowns.

KEYWORDS

Quality, TPM, Production, Losses, Company.

INTRODUCCIÓN

En las empresas nace la necesidad de mejorar sus procesos, tanto en tiempo como en calidad. Muchas veces las averías de máquinas o el mal mantenimiento que se ejerce sobre ellas hacen que se rinda por debajo de su capacidad productiva real y ocasionando tiempos muertos o paros en la producción.

Hay muchos artículos donde enfocados en la descripción y pautas para implantar métodos de mantenimiento y mejora, en este caso se centra la atención en el TPM o mantenimiento productivo total, donde el objetivo principal es evitar averías haciendo partícipe e involucrando al personal de la empresa.

¿QUÉ ES EL TPM?

El TPM o Mantenimiento Total Productivo es el sistema de gestión del mantenimiento que se centra en la implicación del personal para conseguir eliminar cualquier pérdida al mal funcionamiento o averías.

Este método surge en Japón (Japan Institute of Plant Maintenance) como iniciativa para eliminar las grandes pérdidas de los equipos y poder ajustarse a la demanda que cada día es más ajustada (Just In Time).

Las principales pérdidas de eficiencia que ocasionan mayores problemas son las siguientes:

- Pérdidas por averías.
- Pérdidas por preparaciones de máquinas.
- Pérdidas por defectos de calidad.
- Pérdidas por puestas en marcha.

Implantar correctamente este método lleva inherente la concienciación del personal para la adopción de tareas tanto de control como de seguimiento de las máquinas para un perfecto funcionamiento de ellas. Siendo también uno de los objetivos que el mismo operario sea capaz de resolver un problema menor él mismo.

OBJETIVOS PRINCIPALES DEL TPM

El TPM se fundamenta en los siguientes principios u objetivos:

- Reducción de averías en los equipos.
- Reducción del tiempo de espera y de preparación de los equipos.

- Utilización eficaz de los equipos existentes.
- Control de la precisión de las herramientas y equipos.
- Promoción y conservación de los recursos naturales.
- Formación y entrenamiento del personal.

TIPOS DE TAREAS DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento correctivo:

- Son aquellas tareas destinadas a corregir todos aquellos defectos que van surgiendo en los distintos equipos y que se le comunican al departamento de mantenimiento por los mismos usuarios.

Mantenimiento programado:

- Conjunto de tareas de mantenimiento cuyo objetivo es mantener un nivel alto de servicio y por ello se programan las revisiones o mantenimientos oportunos a los equipos en los puntos más vulnerables y en el momento apropiado. Este mantenimiento se lleva a cabo, aunque el equipo no haya tenido ningún problema.

Mantenimiento predictivo:

- Aquellas tareas que se llevan a cabo con ayuda de técnicas instrumentadas de medida y un análisis de variables que se deben conocer previamente para saber caracterizar posibles fallos potenciales en los equipos productivos. Este método requiere de medios técnicos y un conocimiento más especializado en términos tecnológicos, al fin de conocer los medios necesarios para resolver el problema.

Mantenimiento 'cero horas':

- Conjunto de tareas cuyo objetivo no es otro que mantener los equipos revisados a intervalos programados antes de que aparezca cualquier fallo. Como su nombre indica, se persigue dejar los equipos a cero horas de funcionamiento, es decir, como si estos no se hubiesen utilizado nunca y estuviesen como nuevos.

Mantenimiento conductivo:

- Son aquellas tareas de mantenimiento básicas que el propio operario puede realizar por sí mismo, como son tareas de toma de datos, inspecciones visuales, limpiezas, lubricaciones, etc. Tareas como esta son la base del TPM, donde sólo necesitando entreno se puede hacer capaces a los propios usuarios de su mantenimiento total.

Mantenimiento modificativo:

- Estas tareas requieren muchas veces de algunas mejoras o modificaciones, por lo que es cuestionable si se trata de un mantenimiento como tal. Aun así, se trata de modificar la instalación o los equipos para evitar determinadas averías conllevando en ocasiones modificar los equipos para corregir tales averías.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Como todo sistema de gestión, no siempre es fácil su implementación y en muchas empresas se ve truncada ésta por algunos impedimentos. La siguiente figura muestra algunas ventajas y desventajas que conlleva el TPM.

Tabla 1. Ventajas y desventajas del TPM.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Es una estrategia donde toda la organización se involucra en los trabajos de mantenimiento obteniéndose mejores resultados.	Requiere un importante cambio de cultura por parte de la empresa, es imprescindible convencer en primer lugar a la organización al completo de que será algo bueno en un futuro.
Obtención de la calidad total y tener una mejora continua.	Puede llegar a ser costosos los gastos de inversión para la formación y los distintos cambios.
Evitar averías y gastos de mantenimiento imprevistos que ocasionan retrasos.	Se tarda varios años en conseguir su implantación total.

CONCLUSIONES

Un mantenimiento productivo total siempre lleva adherido que la organización se involucre por completo en el proyecto y su implantación. El TPM tiene una amplia utilización y el impacto positivo que tiene su aplicación en las organizaciones es su mayor ventaja.

La búsqueda de una más eficaz y eficiente utilización de las máquinas y equipos hace menester tanto su planificación, como la capacitación del personal, pero para ello es fundamental que antes los directivos tomen conciencia de todos lo que está en juego a tras de un excelente sistema de mantenimiento.

Un mejor mantenimiento implica no sólo reducir los costes de reparaciones y los costes por improductividades debidos a tiempos ociosos, sino también elimina

la necesidad de contar con inventarios de productos en proceso y terminados destinados a servir de “colchón” ante las averías producidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cárcel Carrasco, F. J. (2016). Características de los sistemas TPM y RCM en la ingeniería del mantenimiento. *3C Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 5(3), pp. 68-75. doi: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2016.v5n3e19.68-75/>

Lefcovich Mauricio. (17 de junio de 2005). *Mantenimiento productivo total TPM*. Recuperado de: <https://www.gestiopolis.com/mantenimiento-productivo-total-tpm/>

Mateo Martínez, R. (2010). Causas de fallo en la implantación del TPM y modelo de puesta en marcha integrador. *Working Papers on Operations Management*, 1(1). doi: <http://dx.doi.org/10.4995/wpom.v1i1.792>

KAIZEN: MEJORA CONTINUA

KAIZEN: CONTINUOUS IMPROVEMENT

Jorge Almería Domínguez¹, Víctor Gisbert Soler², Ana Isabel Pérez Molina³

1. Graduado en Ingeniería mecánica. Máster en Ingeniería de organización y logística por la Universidad Politécnica de Valencia. Email: joraldo@alumni.upv.es
2. Doctor Ingeniero Industrial. Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad. Universidad Politécnica de Valencia, (España). E-mail: vgisber@eio.upv.es
3. Ingeniera Técnico Industrial Química. Ingeniera en Organización Industrial. Doctor por la Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad. Universidad Politécnica de Valencia, España. E-mail: anpemo@eio.upv.es

RESUMEN

En el siguiente artículo hablaremos del método Kaizen como mejora productiva en las empresas actuales. Hablaremos de que trata el Kaizen, como se aplica a las empresas actualmente para mejorar la productividad y promover la mejora continua de los empleados que participan en dicho método de trabajo japonés. También hablaremos de los beneficios que conlleva la utilización del método KAIZEN y la diferencia fundamental que existe con otros métodos más tradicionales.

PALABRAS CLAVE

Kaizen, Mejora continua, Productividad, Beneficios, Empresas.

ABSTRACT

In the following article we talk about the Kaizen method as a productive improvement in current companies. We talk about Kaizen, as it applies to companies currently to improve productivity and promote the continuous improvement of employees who participate in such Japanese work method. We will also talk about the benefits of using the KAIZEN method and the fundamental difference that exist with other more traditional methods.

KEYWORDS

Kaizen, Continuous improvement, Productivity, Benefits, Companies.

INTRODUCCIÓN

En el mundo actual nos encontramos en un continuo cambio veloz, que conlleva que las empresas se adapten rápidamente a sistemas productivos complejos y que constantemente estén evolucionando mejorando continuamente.

El Kaizen es un método que nació en Japón y es el producto de una gran variedad de instrumentos, metodologías y herramientas desarrolladas durante el tiempo en un gran número de empresas dentro del marco filosófico en el cual hablamos sobre una mejora continua, ya que, el Kaizen es una filosofía japonesa en el que mayoritariamente hablamos sobre la mejora continua.

DEFINICIÓN DEL KAIZEN

El Kaizen se puede decir que es un método de pensamiento en el cual se pone el sentido común en práctica. Dicha forma de pensar y actuar no es una forma privativa entre gerentes e ingenieros, sino que también se piensa en el empleado y los supervisores y empleados ya estén jerarquizados o no lo estén. Además de aplicar el sentido común, en la práctica se habla de una necesidad de que la empresa entre en un constante aprendizaje en el cual se alcancen metas elevadas.

REGLAS FUNDAMENTALES DEL KAIZEN

En la organización o la empresa es de sumamente importancia el lugar de trabajo, el lugar donde suceden las cosas, donde en japonés se llama el “gemba”, este lugar llamado gemba en japonés también se puede identificar como el lugar donde se añade valor en la producción (lugar donde suceden las cosas). El Kaizen se fundamenta en tres reglas fundamentales que son:

- La eliminación del desperdicio: eliminar el desperdicio es identificar y eliminar aquellas actividades que no agregan valor en la empresa u organización.
- Estandarización: la estandarización se interpreta como la forma de mejorar el trabajo. Se intenta que todos los empleados desempeñen el trabajo de la misma manera previamente habiendo estudiado la forma en que lo realizan y mejorándolo.
- Housekeeping: El housekeeping es un método en el que se evalúa de forma gerencial la autodisciplina del trabajador ya que sin disciplina es imposible una entrega y servicio de buena calidad al cliente.

DOCE NORMAS QUE SE EMPLEAN EN UN PROCESO DE CAMBIO

Las doce normas básicas que se deben emplear en un proceso de cambio son las siguientes:

1. Se debe creer que el cambio es valioso e importante para un futuro no muy lejano.
2. Tienes que haber una visión que determine la meta que se tiene que legar en un futuro.
3. Se tiene que identificar y eliminar barreras.
4. Toda la empresa u organización debe de estar tras una estrategia que convierta la visión que se tiene en realidad.
5. Los líderes de la organización deben crear ejemplo.
6. Debe de haber formación para el buen desarrollo de las técnicas requeridas.
7. Debe de haber sistemas de evaluación para la identificación de resultados.
8. Debe de haber retroalimentación continua.
9. Se debe de corregir el comportamiento no deseado.
10. Tienen que haber sistemas de recompensa y reconocimiento tras la buena actitud del individuo dentro de la organización.
11. Se debe de insistir en la importancia del trabajo en equipo.

5. BENEFICIOS DEL KAIZEN

Los beneficios más representativos de la utilización de un método como el Kaizen son los siguientes:

- Se aumenta notablemente la productividad.
- Se reduce el espacio que es utilizado.
- Hay una mejoría en la calidad de los productos.
- Se reduce notablemente el inventario durante el proceso.
- Se reducen los tiempos de fabricación.
- Hay un control de la producción.
- Se eleva la rentabilidad.
- Existe un concepto de responsabilidad entre todos los trabajadores.

DIFERENCIA DE LA APLICACIÓN DEL KAIZEN O LA APLICACIÓN DE UN SISTEMA TRADICIONAL

El Kaizen es enfocado a las personas y a las mejoras de los procesos previamente ya estandarizados.

Un sistema tradicional se enfoca en mejorar la tecnología e innovación de maquinarias y las personas quedan en un segundo plano.

Aplicando el método Kaizen se busca que la empresa u organización sea una empresa autosuficiente y exista una mejora continua constantemente.

CONCLUSIONES

Se puede decir que el Kaizen es un método que ayuda a las empresas a la aplicación de mejora continua en sus procesos y en las personas. Para mejorar constantemente el crecimiento y adaptarnos al mercado actual.

Para mi opinión no solo el Kaizen lo aplicaría a una empresa, sino que también lo aplicaría a un modo de vida que es prácticamente una filosofía de vida que nos ayuda a mejorar constantemente ante cualquier circunstancia de la vida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

García Elizondo, A. (2005). *Kaizen, una mejora continua.*

L'ANALYSE DE CAUSE RACINE ET SES RISQUES

ROOT CAUSE ANALYSIS AND ITS RISKS

Auxanna Marie Kou-Vah Laurent¹, Víctor Gisbert Soler², Elena Pérez Bernabeu³

1. 1. Ingeniera Industrial, Gestion del Rendimiento y de los Riegos. IMT Atlantique (Mines de Nantes), Francia. Máster Universitario en Organización y Logística. Universidad Politécnica de Valencia, España. E-mail: lauauma@epsa.upv.es
2. 2. Doctor Ingeniero Industrial. Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad. Universidad Politécnica de Valencia, (España). E-mail: vgisber@eio.upv.es
3. 3. Doctor Ingeniero en Organización Industrial. Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad. Universidad Politécnica de Valencia. E-mail: elpeber@eio.upv.es

RÉSUMÉ

L'Analyse de Cause Racine est une méthode qui permet de trouver la solution racine d'un problème, afin de le solutionner de manière définitive. Celle-ci est particulièrement intéressante dans le sens où elle peut s'appliquer dans divers secteurs d'entreprise. Comment appliquer la méthode d'Analyse de Cause Racine pour qu'elle soit efficace? Quels sont les effets d'une mauvaise application de cette méthode? Une mauvaise application de cette méthode a-t-elle vraiment des effets néfastes?

MOTS CLEFS

Analyse de Cause Racine, Méthode, Qualité, Problème, Solution.

ABSTRACT

The Root Cause Analysis (RCA) is a method which aims at finding the root solution of a problem, to find its definitive solution. This method is particularly interesting since it can be applied in different business sectors. Therefore, a few questions arose: how to efficiently apply this method? To what extent the effects of this method are negative? Does a faulty application of this method lead to negative impacts on businesses?

KEYWORDS

Root Cause Analysis, Method, Quality, Problem, Solution.

INTRODUCTION

Lorsqu'un problème surgit, quel que soit son domaine, la majorité d'entre nous le résout de manière superficielle. Nous cherchons à éliminer les symptômes visibles, sans se préoccuper de ce qui fait surface. Cependant, c'est en creusant plus profondément pour trouver la racine du problème qu'il est réellement possible de l'éliminer. C'est en prenant le temps d'y réfléchir et de l'analyser qu'il est possible de le supprimer. Mais creusons-nous réellement au bon endroit? Est-il toujours nécessaire de trouver la racine d'un problème pour le vaincre?

L'Analyse de Cause Racine, comme son nom l'indique, a pour but de déterminer l'origine d'un problème. Sa méthode est basée sur une série de questions auxquelles doit répondre l'utilisateur. Ce cheminement de pensée le guidera alors vers la racine du problème. Néanmoins, bien qu'elle permette à l'entreprise de s'améliorer, cette méthode peut devenir un risque si elle est appliquée de manière automatique, sans prendre le recul et la distance nécessaires.

ANTÉCÉDENTS

Il existe de nombreux outils qui permettent à l'utilisateur de trouver la source de ses problèmes. L'un de ces premiers outils fut proposé en 1943 par le professeur Ishikawa: le diagramme Cause-Effet. Ce diagramme fait partie du processus de la méthodologie d'Analyse de Cause Racine, qui peut se décomposer en cinq étapes (mindtools.com, 2018).

De plus, afin de saisir la cause d'un problème, il est nécessaire de comprendre comment fonctionne ce qui a occasionné le procédé. Un manque de connaissance du processus engendre une mauvaise connaissance du problème, ce qui conduit à l'impossibilité de le résoudre de manière définitive (Willis, 2009).

Néanmoins, il n'est pas toujours possible d'appliquer la méthode RCA. En effet, les problèmes ne sont pas tous constitués de la même façon. Il existe toujours de nombreuses exceptions à prendre en compte et avec lesquelles on ne peut appliquer de manière systématique une méthodologie de résolution de problème (excellence-operationnelle.tv).

Enfin, lorsque les usagers sont contraints d'utiliser cette méthode sans prendre le recul nécessaire, cela rend l'Analyse de Cause Racine totalement contre-productive, jusqu'à la rendre dangereuse. Sa mauvaise utilisation comporte de grands risques, notamment dans le domaine de la médecine, où les enjeux sont vitaux (prevention-medicale.org, 2016).

LA MÉTHODE D'ANALYSE DE CAUSE RACINE (RCA)

Les domaines industriels, médicaux, d'éducatifs, sont tous autant concernés par l'apparition de problèmes lors du déroulement des processus qu'ils mettent en place. Il arrive que ces problèmes soient résolus mais refassent surface quelque temps après. Ceci est causé par une mauvaise résolution et/ou une mauvaise compréhension du problème. Il est alors essentiel d'appliquer une méthodologie qui permettra à l'utilisateur de prendre les mesures nécessaires pour éliminer définitivement ce problème. L'Analyse de Cause Racine (RCA) est une méthode qui permet de trouver la cause source du problème. En suivant une série de cinq étapes, il est alors possible de déterminer exactement ce qu'il s'est passé, pourquoi cela s'est passé et comment réduire la probabilité que ce qui s'est passé se reproduise. Cette méthodologie est fondée sur l'idée d'enchaînement des actions: une action en entraîne une autre, qui en provoque une autre etc... Comme une chute de dominos. Basée sur des faits qui mettent en exergue les enchaînements d'action et/ou de conditions, cette méthodologie est fiable car elle prouve l'existence des racines responsables d'un problème.

Les étapes à suivre pour appliquer la méthode RCA sont au nombre de cinq. Pour chacune de ces étapes, l'utilisateur doit se poser des questions et utiliser l'outil de résolution le plus adapté. Ces étapes sont les suivantes:

1) Définition du problème:

- Quels sont les symptômes visibles?

2) Analyse du problème, récolte de données:

- Quelles sont les preuves d'existence du problème?
- Depuis quand existe-t-il?
- Quels sont ses impacts?

Pour mener à bien cette étape, il est essentiel d'analyser entièrement le problème. Pour cela, il peut être utile de questionner les personnes directement en lien avec cette situation. Sur une chaîne de montage ou lors d'une opération chirurgicale, les personnes concernées et affectées par ce problème sont les plus aptes à apporter toutes les informations nécessaires concernant le problème. De plus, l'outil CATWOE (Customers, Action, Transformation, World, Owner, Environment) permet d'analyser le problème depuis six différents points de vue, afin de collecter le plus de données possibles et de n'en laisser aucune de côté.

3) Identifier les possibles facteurs responsables de cette situation:

- Quelle suite d'action ou de condition a pu provoquer ce problème?
- Y a-t-il d'autres problèmes aux alentours de celui-ci?

Il est nécessaire, durant cette étape, de creuser le plus possible afin d'identifier un maximum de facteurs, de causes responsables. Les outils à utiliser lors de cette étape sont les suivants:

- Les 5 Pourquoi?: Il s'agit de poser la question «Pourquoi?» cinq fois au minimum afin de trouver un chemin logique vers la cause racine.
- Diagramme d'Ishikawa: ce diagramme communément appelé «diagramme de cause à effet» permet d'identifier les causes et les sous-causes responsables de la situation. On considère pour cela que des problèmes se trouvent dans les 5M: Machine, Main d'oeuvre, Milieu, Matières premières et Méthodes. Il s'agit alors d'énoncer, sous forme de ramifications, quels sont les problèmes présents dans chacun de ces secteurs, puis d'indiquer les causes de ces problèmes.

4) Identifier la cause racine:

- Quelle est la cause réelle qui a provoqué cette situation?

Il est recommandé de se servir des outils utilisés lors de l'étape ultérieure pour cette phase. En effet, ces outils énoncent clairement et précisément les causes responsables de la situation.

5) Implémenter la solution et suivre son efficacité:

- La cause racine désormais connue, que faire pour éviter qu'une situation similaire se produise?
- Comment implémenter la solution?
- Qui sera impliqué dans la mise en œuvre de cette solution?
- Existe-t-il des risques suite à son implémentation?

Lors cette ultime étape, il est important de planifier et prévoir les effets possibles suite à l'implémentation de la solution. En effet, porter un regard sur les éventuels risques permet de les contrôler s'ils surviennent vraiment. Afin de mener à bien cette analyse des risques, les outils à utiliser sont les suivants:

- FMEA: Failure Mode and Effects Analysis. Cet outil permet d'identifier les points sur lesquels d'éventuels échecs pourraient survenir lors de la mise en place de la solution d'amélioration.

- L'esprit KAIZEN: chaque petit changement peut provoquer une importante amélioration au sein d'un système. Cet esprit implique chaque membre du système dans la recherche de la cause racine, ce qui rend sa découverte plus rapide et efficace.

Enfin, on peut juger de l'efficacité d'une solution si celle-ci efface réellement toute occurrence du problème et si son implémentation est sous contrôle de son responsable.

1. Définir le problème.
2. Analyser le problème.
3. Identifier la cause racine.
4. Implémenter et suivre l'efficacité de la solution.
5. Identifier les facteurs et causes du problème.

LES RISQUES DE LA MÉTHODE RCA

Dans le milieu industriel, économique ou médical, la mauvaise mise en œuvre de la méthode RCA comporte de grands risques et la rendent absolument contre-productive.

Un des premiers défauts de mauvaise application de cette méthode est de concentrer uniquement sur la recherche d'une seule et unique cause.

Bien qu'agir sur la cause racine pour résoudre un problème est ce qui semble avoir le plus d'impact sur ce problème, il est essentiel d'observer le faisceau de causes de ce problème.

Les outils énoncés précédemment (5 pourquoi, diagramme d'Ishikawa) sont ceux qui permettent de trouver cette cause racine, mais n'explorent pas toutes les possibilités de causes. De plus, en appliquant ces outils de manière automatique et systématique on sous-entend que tous les problèmes sont les mêmes. Qu'ils suivent le même sens et qu'ils obéissent aux mêmes règles. En appliquant chacune de ces méthodes, nous posons l'hypothèse, sans le savoir, que le problème est linéaire, qu'il ne dépend que d'une cause qui est la cause racine. Hors, il arrive que des problèmes soient circulaires, qu'ils forment un diallèle, que la causalité soit circulaire.

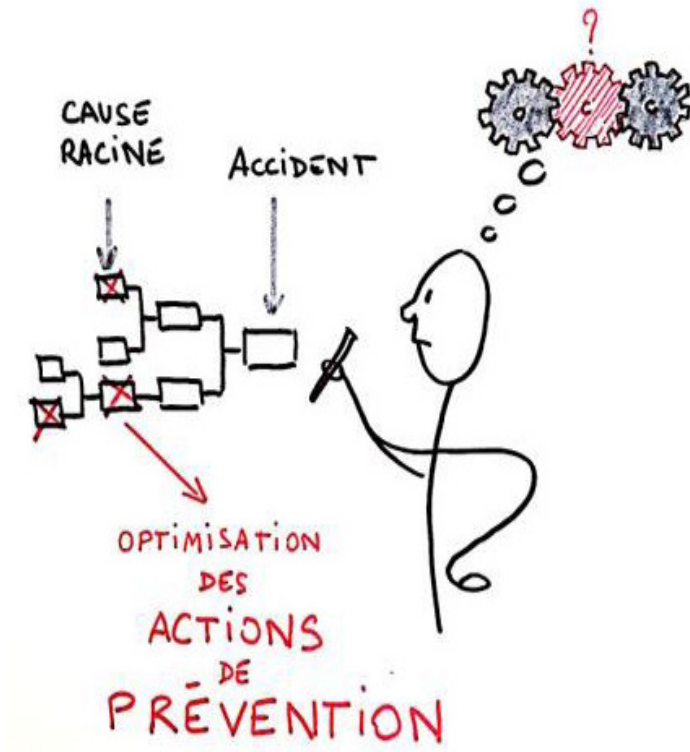
C'est alors le premier effet négatif d'une certaine situation X qui a créé ce cercle vicieux et entraîné une série d'évènements qui ont donné lieu à une situation que l'on doit éliminer. La cause n'est pas la situation X, mais bien l'effet négatif qu'elle a engendré.

Le risque encouru suite à la mauvaise utilisation de la méthode RCA est alors d'utiliser cette méthode sans prendre en compte la nature du problème. La solution à appliquer peut-être plus simple que celle proposée par la méthodologie RCA.

Un second défaut de cette méthodologie est qu'elle est bien souvent menée à bien par des personnes qui n'ont pas connaissance du processus dans lequel le problème a eu lieu. Avant de partir en quête de l'élément déclencheur et appliquer la méthode RCA, il est nécessaire de comprendre le processus industriel, le mécanisme mis en jeu. En effet, sans une bonne compréhension du process, il est inutile d'apporter des solutions au problème, car l'amélioration continue ne pourra être mise en place. Les nombreux outils d'amélioration continue ne pourront apporter de plus-value si l'ensemble du mécanisme demeure incompris par ceux qui implémentent ces outils. Afin de saisir l'ensemble des facteurs qui entrent en jeu dans le déclenchement d'un problème, il est nécessaire d'appréhender infailliblement le concept d'actions liées qui s'enchaînent les unes à la suite des autres. De plus, il peut exister plusieurs types de causes responsables d'un problème. Les causes peuvent en effet provenir d'une part d'une certaine action et d'autre part d'une condition donnée. Ceci signifie qu'il peut exister plus d'une racine au problème. Peut-être cachée derrière un problème une combinaison de racines, qu'elles proviennent d'une action ou d'une condition, les causes peuvent être matérielles, humaines, ou encore organisationnelles.

La méthodologie RCA, lorsqu'elle n'est pas bien appliquée, ne permet pas d'identifier cette association de causes responsable de l'effet que l'on cherche à éliminer.

Enfin, un troisième défaut de cette méthode est qu'elle implique un grand nombre de personnes. Chacun d'entre eux doit être apte au changement, car la mise en place d'une solution implique souvent une transformation dans les postes de travail, dans les processus concernés par le problème.



CONCLUSIONS

Tout problème n'est remarquable que par ses symptômes. C'est alors ceux-ci, que naturellement, nous cherchons à éliminer pour ne plus observer ce problème. C'est alors que naturellement, le problème surgira de nouveau. L'analyse de Cause Racine permet de s'attaquer non pas aux symptômes, mais à la racine, la source du problème. C'est avec l'application de ses cinq étapes qu'il est possible de mener à bien cette méthode.

Cependant, nous pensons de façon systématique que tout problème peut se résoudre de cette façon. Nous avons énoncé les quelques défauts de cette méthode, qui ne pourront naître uniquement si la méthode RCA n'est pas appliquée avec le recul nécessaire lors de l'analyse préalable du problème.

BIBLIOGRAPHIE

- Marie Lemonnier.** (2011). Voici pourquoi les causes racines ne sont pas toujours à privilégier pour améliorer un processus [en ligne]. Disponible sur: <https://www.excellence-operationnelle.tv/voici-pourquoi-les-causes-racines-ne-sont-pas-toujours-a-privilegier-pour-ameliorer-un-processus.php/>
- Mind Tools Content Team.** (2018). *Root Cause Analysis: Tracing a Problem to its Origins* [en ligne]. Disponible sur: https://www.mindtools.com/pages/article/newTMC_80.htm
- Tracy Willis.** (2011). Evidence that Sticks: Root Cause Analysis Paves the Way for Process Improvement [en ligne]. *Michigan: Sologic in the media*, 2011. Disponible sur: <http://www.sologic.com/sites/default/files/Root-Cause-Analysis-Evidence-That-Sticks-Industrial-Engineer-Nov-2009.pdf>
- Vincent C.** (2016). Analysis of clinical incidents: a window on the system not a search for root causes [en ligne]. *Qual. Saf. Health Care* 2004, 13, pp. 242-243. Disponible sur: <https://www.prevention-medicale.org/pdf/6113>

HERRAMIENTAS LEAN. TÉCNICA SMED. REDUCCIÓN DE TIEMPOS DE CAMBIO DE HERRAMIENTA

LEAN TOOLS. SMED TECHNIQUE. REDUCTION OF TOOL CHANGE TIMES

M^a Teresa San Antonio Ignoto¹, Víctor Gisbert Soler², Ana Isabel Pérez Molina³

1. Ingeniera en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto. Estudiante de Máster en Ingeniería de organización y Logística. Universidad Politécnica de Valencia. E-mail: masaan1@epsa.upv.es
2. Doctor Ingeniero Industrial. Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad. Universidad Politécnica de Valencia, (España). E-mail: vgisber@eio.upv.es
3. Ingeniera Técnico Industrial Química. Ingeniera en Organización Industrial. Doctor por la Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad. Universidad Politécnica de Valencia, España. E-mail: anpemo@eio.upv.es

RESUMEN

Las necesidades del mercado aumentan constantemente de manera veloz, y esto se traduce en la mayor adaptabilidad que deben tener las empresas a la variación de la demanda. Actualmente, el consumidor busca productos más personalizados, y en menor cantidad, con plazos de entrega reducidos y por supuesto, al menor coste.

Para ello, las técnicas lean manufacturing aplicadas se combinan entre sí para poder cubrir las necesidades del cliente, y eliminar desperdicios y tiempos improductivos en su cadena de valor.

La técnica que se explica a continuación establece una serie de pasos para lograr reducir los tiempos de preparación de maquina o cambios de utillaje durante el proceso de cambio de partida de manera excesiva.

PALABRAS CLAVE

Cambio de herramienta, Reducción de tiempos, Tiempo de preparación, Cambio de partida, Lean manufacturing, Tiempo de parada, Smed, Desperdicios.

ABSTRACT

Needs of actual market are constantly increasing rapidly, and this translates into the greater adaptability that companies must have to the variation in demand. Currently, the consumer looks for more personalized products, and in smaller quantity, with reduced delivery times and by assumptions, at the lowest cost.

To do this, applied lean manufacturing techniques are combined to meet the needs of the client, and eliminate waste and unproductive times in its value chain.

The technique that is explained next establishes a series of steps to achieve to reduce the times of preparation of machine or changes of tooling during the process of change of departure of excessive way.

KEYWORDS

Tool change, Time reduction, Preparation time, Batch change, Lean manufacturing, Downtime, Smed, Waste.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el entorno industrial se caracteriza por la competitividad del mercado, los cambios rápidos y la inestabilidad de la demanda. Sin embargo, y como se puede apreciar, todavía existen numerosas empresas que no han evolucionado en el sentido de la mejora continua y de la optimización de su cadena de valor. Este atraso en los procesos productivos y en la manera de trabajar de muchas industrias ha hecho que se genere un enfoque como el que tienen las empresas japonesas, que siempre han estado por encima gracias a la forma de manejar la cadena de valor en la industria. Ha hecho, además, que se busque la optimización de los procesos productivos, eliminando desperdicios y actividades que no aportan valor. Para ello, se usan herramientas Lean Manufacturing que, a través de su aplicación, logran alcanzar todo lo que cualquier modelo de negocio busca: optimización de procesos y reducción de costes.

LEAN MANUFACTURING.TÉCNICAS LEAN

La filosofía Lean Manufacturing trata de mejorar y optimizar el sistema de producción, eliminando todas las actividades que dentro del mismo no generan valor en el proceso productivo. Está basado en diferentes sistemas de producción, como pueden ser:

- TQM: Calidad total.
- JIT: Justo a tiempo.
- KAIZEN: Mejora continua.
- Reingeniería de procesos.

A su vez, es un conjunto de técnicas, que, combinadas entre sí, permitirán la eliminación y reducción de los siete desperdicios. Estas técnicas harán que la cadena de valor sea más flexible y a su vez, más eficiente.

El Lean manufacturing, con una correcta aplicación de técnicas y mantenimiento de éstas en el tiempo, puede proporcionar una serie de beneficios para el modelo de negocio. Algunos de ellos son:

- Reducción de uso de materiales (materias primas).
- Requerimiento de una menor inversión.
- Reducción de inventario.
- Optimización de espacio para desempeñar actividades del proceso productivo.

- Correcta organización humana.

A continuación, se describen algunas de las técnicas que hacen que la aplicación de Lean Manufacturing alcance el éxito del flujo de valor.

- Value Stream Mapping: se trata de un diagrama del flujo de valor que permite tener un conocimiento global del mismo de principio a fin, analizando los diferentes centros de trabajo, procesos, flujos de materiales e información. Así podrían ser eliminados desperdicios que no generan valor. Esta herramienta debería de ser la primera en utilizarse antes de intentar mejorar el proceso productivo.
- Metodología 5S: es una metodología para organizar el trabajo de manera que minimice los desperdicios, asegurando que las zonas de trabajo se encuentren limpias, ordenadas y organizadas, mejorando así la productividad, la seguridad, y favoreciendo la implantación de otras herramientas.
- Estandarización de los puestos de trabajo: Todos los puestos de trabajo deben tener perfectamente descritas las actividades que realizan en el mismo, para que en un momento dado pueda realizarse polivalencia entre operarios. Éstos deben ser capaces de producir dentro del takt-time y deben mejorar constantemente los tiempos de ciclo de los trabajos que realice. El objetivo de la estandarización es mejorar el método de trabajo y la secuencia en la que se lleva a cabo el mismo.
- Poka-yoke: es una técnica de calidad que significa a prueba de errores. La idea principal es crear un proceso donde los errores sean imposible de producirse. Trata de frenar el proceso productivo cuando ocurre algún defecto, definir la causa y prevenir que el defecto vuelva a aparecer. Este es el principio del sistema JIT. La clave de esta técnica es detectar los errores antes de que conlleven a defectos.
- TPM: significa mantenimiento productivo total. Es un sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto de mantenimiento preventivo. Es una herramienta que conlleva una serie de actividades ordenadas que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios.

Las herramientas descritas anteriormente son solo algunas de las que existen dentro del Lean Manufacturing, y se han descrito de forma breve para que se pueda tener una visión global. Sin embargo, a lo largo del presente artículo se va a profundizar en una de ellas: SMED.

ANTECEDENTES DEL SMED

Para comenzar a hablar de SMED, es muy importante mencionar al ingeniero japonés Shigeo Shingo, que en los años 50 encontró una solución revolucionaria a problemas que aparecen hoy en día en las empresas. Es conocido por la técnica SMED y además está reconocido en la aplicación de la calidad.

La herramienta SMED surgió por la necesidad de lograr la producción Just in Time, y fue desarrollado para reducir los tiempos de preparación de máquinas, intentando reducir los lotes que se fabricaban. Esto se tradujo en rápidas entregas a clientes, sin stocks excesivos, bajos costes, y satisfacción de los clientes con productos de alta calidad.

Teniendo como base los conceptos que Shigeo Shingo generó, y que hicieron realidad el Just in Time como un revolucionario sistema de producción, mediante la reducción a un dígito de minuto del tiempo necesario para cambiar las herramientas o preparar éstas a los efectos del siguiente proceso productivo, fue posible reducir notablemente los niveles de inventario, haciendo más flexibles los procesos, reduciendo los costes, y aumentando la productividad.

Además, existía la complejidad de generar un sistema más amplio que no solo tuviera en consideración los procesos productivos de bienes correspondientes a actividades, sino también a los tiempos de preparación y cambio de herramientas vinculados a las actividades de servicios.

Esta nueva forma de entender diferentes procedimientos parte de la necesidad de no adaptarse solo a procesos tradicionales objeto de análisis por parte de Shingo, los cuales estuvieron vinculados a actividades metalmecánicas, dado su especial interés en producción JIT.

* “Una revolución de la producción. El sistema SMED” Shigeo Shingo.

SMED COMO HERRAMIENTA PARA REDUCIR TIEMPOS DE PREPARACIÓN

Para realizar cambios de herramientas o reducir tiempos de preparación, no solo se debe tener en cuenta el coste que ellos conlleva, los tiempos de paro de la máquina, el tamaño de los lotes, el exceso de inventario en productos en curso y terminados, los plazos de entrega y tiempos de ciclos, sino que se debe tener en cuenta que el objetivo es mejorar los servicios y aumentar la cantidad de operaciones, mejorando además la capacidad productiva.

Por este motivo, el tiempo es siempre una variable esencial, que debe ser gestionada con atención dada su influencia en todos los aspectos que se han comentado anteriormente, y sobre todo la influencia que tiene sobre la rentabilidad del modelo de negocio.

Las políticas de las empresas en lo que al cambio de herramienta se refiere, se han dirigido hacia la mejora de la habilidad de los operarios y no hacia la mejora del propio método de cambio.

El éxito de esta técnica se conoció primeramente en Toyota, consiguiendo una reducción del tiempo de cambios de matrices en el periodo de una hora y cuarenta minutos a tres minutos.

La necesidad de aplicar smed surge cuando el mercado demanda una mayor variedad de producto y los lotes de partida deben ser menores. En este para estar acorde a la competitividad, o se disminuye el tiempo de cambio o se sigue haciendo lotes grandes y se aumenta el tamaño de almacén del producto acabado, aumentando así los costes. Está técnica tiene una implantación rápida y efectiva en la mayor parte de máquinas e instalaciones.

Hoy en día, el mercado actual demanda productos complejos, caracterizados por lotes pequeños de producción, con un menor tiempo de respuesta y costes reducidos. Y es aquí donde el SMED interviene de manera considerables, ya que permite hacer ajustes y cambios de herramientas adecuándose a cambios frecuentes.

A continuación, se hablará del proceso de aplicación de la herramienta y las condiciones en las que debe ser implementado.

CONDICIONES DE APLICACIÓN DEL SMED

Para poder aplicar SMED, se deben de dar una serie de condiciones para poder disminuir los tiempos de preparación.

1. Tomar conciencia de la importancia que tiene para la empresa y sus actividades la disminución de los tiempos de preparación.
2. Hacer tomar conciencia de la problemática a los empleados, y prepararlos mediante la capacitación y el entrenamiento a los efectos de incrementar la productividad y reducir los costos mediante la reducción en los tiempos de preparación.
3. Hacer un cambio de paradigmas, terminando con las creencias acerca de la imposibilidad de disminuir radicalmente los tiempos de preparación.

4. Cambiar la manera de pensar de los directivos y profesionales acerca de las técnicas y medios para el análisis y mejora de los procedimientos. Se debe dejar de estar pendiente de métodos ya construidos, para pasar a crear sus propios métodos.

Por tanto, es imprescindible dar importancia a la reducción de los tiempos, tanto de preparación, cómo de proceso global de la operación productiva, dado sus notorios efectos sobre la productividad, costes, cumplimiento de plazos y niveles de satisfacción. Por esta razón se constituye su tratamiento en una cuestión de carácter estratégico.

CAMBIO DE HERRAMIENTA EN UNA MÁQUINA

Es el conjunto de operaciones que se desarrollan los operarios desde que se detiene la máquina para proceder al cambio de lote hasta que la máquina empieza a fabricar la primera unidad del siguiente producto en las condiciones especificadas de tiempo y calidad. El intervalo de tiempo correspondiente es el tiempo de cambio.

Son los operarios los que en realidad encuentran soluciones simples, lógicas y alcanzables para reducir el tiempo de paro en los equipos. Se buscan las oportunidades y se aplican remedios, generalmente de bajo costo, que contribuyen a abreviar el proceso.

Se debe tener en cuenta que en la reducción de tiempos nunca se debe sacrificar la seguridad de los operarios, la seguridad en el funcionamiento de la maquinaria ni la calidad del producto. Así, todas las personas que participen deben recibir instrucciones y formación referente a procedimientos y seguridad.

Además, es de vital importancia que estos cambios perduren en el tiempo y se adopten en el día a día de los procesos productivos.

APLICACIÓN DE SMED

Esta técnica Lean permite reducir el tiempo que se pierde en las máquinas al realizar un cambio de utillaje o herramienta que se realiza para pasar de producir un producto a otro. Obtiene como beneficios, tras una correcta aplicación:

- Reduce el tiempo de preparación, aumentando así el tiempo productivo de la máquina.
- Reduce el tamaño de inventario.
- Reduce el tamaño de lote de producción.

- Permite fabricar diferentes referencias en un mismo periodo de tiempo en la misma línea de producción o máquina.

Todas las mejoras aportadas se traducen en ventajas competitivas para la empresa, que como se ha comentado anteriormente, no solo reduce los costes, sino que permite flexibilidad en el proceso, y aumenta la capacidad de adaptarse a la demanda. Al permitir la reducción en el tamaño de lote aporta más calidad ya que al no existir inventarios en exceso no se ocultan los defectos de fabricación.

Existen tiempos que deben de ser eliminados, y que aparecen como despilfarros de la siguiente manera:

- Los productos terminados se trasladan al almacén con la máquina parada.
- El siguiente lote de materia prima se trae del almacén con la máquina parada.
- Las cuchillas, moldes, matrices, no están en condiciones de funcionamiento.
- Algunas partes que no se necesitan se llevan cuando la máquina todavía no está funcionando.
- Faltan tornillos y algunas herramientas no aparecen cuando se necesitan durante el cambio.
- El número de ajustes es muy elevado y no existe un criterio en su definición.

Por eso, el SMED como proceso de mejora continua tratará de eliminar todos estos desperdicios.

Se tienen, además, diferentes métodos de análisis ligados a la aplicación de la técnica SMED que sirven como análisis de los procesos, y permiten evaluar los resultados de una manera adecuada para poder seguir mejorando. Algunos métodos de análisis son:

- Cronometraje: medir el tiempo en fracciones reducidas.
- Gráfica de Gantt: se utiliza para el control y la planificación de actividades.
- Diagrama de Pareto: herramienta gráfica donde se representa la frecuencia para un conjunto de causas ordenadas de más a menos significativa.
- Diagrama de Ishikawa: técnica de análisis de causa y efectos para la solución de problemas.
- Benchmarking: se define como el proceso continuo de mejora de productos, servicios y métodos con respecto al máximo competidor.

Existen muchas más herramientas que se pueden aplicar, pero se debe tener en cuenta, que el éxito solo se alcanzará si se encuentran las técnicas correctas para un sistema productivo y se combinan de manera adecuada entre sí.

* “Lean Manufacturing 10”.

FUNCIONAMIENTO Y METODOLOGÍA DEL SMED

Para comprender cómo se debe proceder a aplicar SMED para la reducción de tiempos de cambio de herramienta o utillajes, se deben conocer los dos tipos de operaciones que Shigeo Shingo propuso en 1950:

- Operaciones internas: aquellas que se realizan con la máquina parada.
- Operaciones externas: aquellas que se realizan con la máquina en marcha.

El objetivo en este paso es identificar todas las operaciones que la actividad conlleva e intentar clasificarlas. Posteriormente, se debe tratar de convertir las operaciones internas en externas, y a su vez intentar suprimirlas en la mayor medida posible. Además, se deben estandarizar las operaciones de modo que se eliminen el máximo número de desperdicios, como pueden ser movimientos. Así se perfeccionará el método, y acabará formando parte del proceso de mejora continua del flujo de valor.

Estos cambios rápidos de herramienta dieron lugar a que se comenzara a fabricar pocas cantidades de variadas referencias. Los lotes actuales son reducidos, y la frecuencia de entrega es menor.

La implantación del SMED se divide en diferentes etapas:

1. Etapa preliminar: lo primero que se recomienda es filmar la actividad para darse cuenta de todos aquellos movimientos innecesarios que se realizan, y así poder eliminarlos. En esta etapa se lleva a cabo un análisis en profundidad del proceso inicial de cambio, realizando las siguientes acciones:
 - Se deben registrar tiempos de cambio (tiempo medio y variabilidad).
 - Analizar las condiciones actuales de cambio (cronometraje, entrevistas a operarios, grabar en video y mostrarlo posteriormente a los trabajadores...).

Esta etapa es de gran ayuda al inicio del proceso de mejora y realizar todos los pasos de manera correcta puede evitar posteriores modificaciones.

2. Primera etapa: Separar actividades internas y externas: en primer lugar, se debe realizar un listado de las actividades que se realizan para posteriormente

clasificarlas en externas e internas. La preparación de herramientas no debe hacerse con la máquina parada, así, esto son actividades internas que deberían hacerse con la maquina en marcha. Por ello, se realizará una lista para comprobar todas las tareas y sus respectivos pasos necesarios. Se incluirán todas las especificaciones de estas. Así se asegurarán las correctas aplicaciones de la operación.

3. Segunda etapa: Convertir tareas internas en externas: el objetivo de esta etapa es suprimir el tiempo que no agrega valor al proceso, es decir, eliminar el tiempo improductivo. En esta etapa se analizan todas las actividades internas, que son las que se realizan con un paro de máquina, y se trata de convertirlas en externas o en el caso de no ser posible, se intenta eliminarlas. Se realizan troqueles, matrices punzones etc., para que, cuando la maquina se pare, el tiempo de cambio sea el mínimo, y se pueda volver a poner en marcha la máquina.
 - Comprobación de que los pasos no se están erróneamente considerado como internos.
 - Prerreglaje de herramientas.
 - Eliminación de ajustes: las operaciones de ajuste suelen representar del 50 al 70% del tiempo de preparación interna. Es muy importante reducir este tiempo de ajuste para acortar el tiempo total de preparación.

Estos ajustes, por norma general, se asocian con la posición de piezas y troqueles, pero una vez realizado el cambio, se demora un tiempo hasta obtener una pieza de calidad.

4. Tercera etapa: perfeccionar tares externas e internas: en la presente etapa se perfeccionan todos los aspectos en la operación de preparación, incluyendo todas las tareas externas e internas. Se debe tener en cuenta que siempre se va a poder mejorar la optimización de las tareas. Esta tarea es bastante compleja y precisa de alto nivel de detalle e imaginación, ya que se debe innovar en el diseño de dispositivos y elementos de sujeción. Por este motivo, cuando se logra alguna mejora de este tipo se comercializan de manera estándar en el mercado.

Como conclusión, el SMED rompe con el mito de que los cambios de útiles o preparaciones de la maquinaria requiere mucho tiempo. Todo lo que conlleva la aplicación del smed se traduce en beneficios y ventajas para la industria como se ha ido comentando a lo largo de este artículo. Reducción de costes, de inventario

y disminución en el tamaño de lote son tan solo algunos de los beneficios que se pueden llegar a obtener.

*" El sistema SMED. Capítulo 3"

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alberto Pila, A. (2007). *Shigeo Shingo, una revolución en los métodos productivos*. Consultado el 10/06/18. Recuperado de: <https://www.monografias.com/trabajos45/shigeo-shingo/shigeo-shingo.shtml>

Alcalá Gámez, A. *El sistema SMED. En Situando el SMED como una herramienta de "Lean Manufacturing" para mejorar los tiempos de preparación, ajuste y cambios de herramientas*. Tesis. Consultado el 12/06/18. Recuperado de: <http://www.bidi.uson.mx/TesisIndice.aspx?tesis=21920>

Maldonado Villalva, G. (2008). *Herramientas y técnicas LEAN Manufacturing en sistemas de producción y calidad*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Consultado el 12/06/18. Recuperado de: <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/226/Herramientas%20y%20tecnicas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Manufactura web. Consultado el 12/06/18. Recuperado de: http://www.manufacturaweb.com/nivel2.asp?pge=9&cve=81_26

Metodología Lean Manufacturing: Qué es y cómo implementarla en tu empresa. Consultado el 12/06/18. Recuperado de: <https://leanmanufacturing10.com/>

IMPLEMENTACIÓN DE ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA) IMPLEMENTATION

Sandra Rojas Lema¹, Víctor Gisbert Soler², Elena Pérez Bernabeu³

1. Ingeniera Química, Alumna del Máster Universitario en Ingeniería de Organización y Logística (MUIOL) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV). E-mail: sandrysrojas@hotmail.com
2. Doctor Ingeniero Industrial. Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad. Universidad Politécnica de Valencia, (España). E-mail: vgisber@eio.upv.es
3. Doctor Ingeniero en Organización Industrial. Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad. Universidad Politécnica de Valencia. E-mail: elpeber@eio.upv.es

RESUMEN

El análisis modal de fallos y efectos (AMFE) es una herramienta que se utiliza para identificar los problemas que se puedan suscitar en un proceso, producto o servicio, con el fin de eliminarlo, o mitigar su efecto que perjudique eventualmente al cliente final. Para ello se debe realizar su implementación partiendo de la identificación de todos los posibles fallos existentes y categorizándolos según su prioridad, de esta manera se puede focalizar su acción sobre aquellos que perjudiquen en mayor grado a la unidad en estudio.

PALABRAS CLAVE

Modo de fallo, Gravedad, Frecuencia, Detectabilidad, AMFE, Implementación.

ABSTRACT

Failure mode and effects analysis (FMEA) is a tool that is used to identify problems that may arise in a process, product or service to eliminate them or mitigate their effects that can eventually harm the end customer. For this, its implementation must be carried out starting from the identification of all the possible existing faults and categorizing them according to their priority, in this way their action can be focused on those that damage the unit under study in greater degree.

KEYWORDS

Failure mode, Severity, Frequency, Detectability, FMEA, Implementation.

INTRODUCCIÓN

La metodología AMFE fue desarrollada a finales de los años 40 con el objetivo de ser utilizada por las Fuerzas Armadas de Estados Unidos, posteriormente se usó además en el sector aeroespacial en la década de los 60, por lo que a lo largo de los años fue ganando aceptación. Años después Ford la utilizó en la industria del automóvil donde logró gran aceptación. Llegando hoy en día a utilizarse en cada vez más sectores de la industria alimentaria, salud, entre otras (Giménez, *et al.*, 2010).

El análisis modal de fallos y efectos (AMFE) es un método de investigación de las debilidades potenciales de producto, procesos o servicios. Por lo que, con su aplicación lo que se busca es identificar los puntos críticos con el fin de eliminarlos y si no es posible encontrar las medidas correctoras necesarias para minimizar su efecto mediante sistemas preventivos y con ello tratar de evitar su posterior aparición. Entre las ventajas que presenta esta metodología es que al aplicarla se puede tener una idea de la situación actual del lugar o unidad de estudio, además permite cuantificar los posibles fallos que se puedan presentar en el producto, proceso o servicio de estudio. Por lo que se puede decir que permite obtener información de partida para continuar con el proceso de mejora continua (Mañes, Marzal, Romero, Herranz, Sánchez, Benedi y Sanjurjo, 2018).

Lo que se puede rescatar a su vez de esta metodología es el trabajo en equipo que resulta ser indispensable para su adecuada aplicación. Este método es similar a otros que también se utilizan para la prevención de riesgos laborales. Por otro lado, se debe mencionar que este método considera la detección del fallo que puede producir el usuario del equipo o proceso (Bestraten y Orriols, 2006).

APLICACIONES DEL ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS

Si bien este método ha sido utilizado sobre todo para análisis tanto de producto o proceso en la fase de diseño, también se lo utiliza en otras áreas como montaje, fabricación, comercialización, etc. Se debe mencionar además que es necesario identificar cuáles son las causas que generan las desviaciones en los puntos críticos de control. Para este paso también se deben definir el tipo de análisis a realizar ya sea mediante análisis de causa raíz, diagrama Ishikawa, entre otros.

En el ámbito alimenticio por ejemplo en la actualidad tanto productores como consumidores buscan que los productos sean lo más inocuos posibles (Cartín, Villarreal y Morera, 2014). Es por ello por lo que encuentran en AMFE una herramienta que les

permite garantizar la calidad y por ello en algunos casos además se apoyan en otras herramientas como el sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP) que permite la prevención y control que garantizan a su vez la higiene en los alimentos. Por su lado AMFE permite determinar los análisis de riesgos mediante la evaluación de la probabilidad y severidad de un peligro en este caso en lo referente a alimentos que pueden conllevar peligros y consecuencias en la salud humana del consumidor final (Cartín, *et al.*, 2014).

Según se manifiesta en (Cartín, *et al.*, 2014), se buscó elaborar la categorización cuantitativa de los riesgos presentes en cada etapa que al final constituyen el diagrama de flujo del proceso. Posteriormente se colocó un valor numérico a la Severidad/Gravedad, Ocurrencia/Frecuencia y Detectabilidad de cada etapa del proceso, para ello se usó una escala de clasificación de 1 a 5. En este caso, además se realizó un segundo cálculo del Índice de Criticidad, esto con el fin de garantizar que el producto cumpliera con los requerimientos establecidos (microbiológicos y de calidad) según normativa.

Otro ámbito en el que se encuentra hoy en día aplicada esta metodología es en la sanidad en el que se plantea el uso de AMFE como una estrategia preventiva en la fase preanalítica, pues en ese estudio se consideraba que era una etapa que representaba mucho riesgo en la seguridad del paciente (Giménez, *et al.*, 2010).

Algo que se encuentra en común con el sector alimenticio es que también combina las herramientas HACCP y análisis de causa raíz para la definición de los problemas en las diferentes etapas (Giménez, *et al.*, 2010).

Dentro de este mismo ámbito se ha utilizado en los últimos años esta metodología para mejorar la entrega de medicamentos en hospitales, pues se ha determinado que existen falencias que pueden poner en peligro la salud de los pacientes si es que no se les administra de manera certera las medicinas correspondientes (Delgado, Álvarez, Pérez, Serna, Rodríguez y Bermejo, 2012).

En el artículo sobre la aplicación en un laboratorio clínico se consideró aplicar este análisis a una fase crítica dentro de su flujo que es la fase preanalítica, por lo que en principio se puede comentar que la metodología es flexible en cuanto a que se puede aplicar según los requerimientos que se tengan ya que no es necesario aplicar a todo el flujo de proceso sino a las partes más vulnerables. Lo fundamental luego de la aplicación es realizar un seguimiento en el que sea posible medir los resultados y saber cómo han evolucionado y si han permitido o no que se tenga una mejora en el proceso.

Lo normal es que se utilice AMFE en la etapa o subproceso que mayor dificultad presente, en lugar de aplicar a todo el conjunto, de esta manera al enfocarse en una etapa se puede analizar de mejor manera los problemas que presenta.

El equipo que se forma para realizar el análisis debe estar compuesto por profesionales y que se encuentren directamente relacionados con el área de estudio, que puedan aportar sobre las falencias que se pueden considerar dentro del mismo.

METODOLOGÍA

El método que se debe seguir para aplicar AMFE según lo detalla la NTP si bien es de ayuda a la hora de ponerlo en marcha, es importante considerar que su información es únicamente orientativa y que se puede adaptar según los requerimientos de cada empresa u organización (Bestraten y Orriols, 2006).

En principio se debe determinar si la metodología se va a aplicar en un proyecto, producto, proceso o servicio, siendo esto de gran importancia a la hora de iniciar el análisis, por lo que se debe identificar todas las partes que lo conforman con el fin de definir de manera adecuada sobre que secciones se realizará el respectivo análisis. Puede existir la posibilidad que luego de realizar el análisis del modo de fallo, este produzca muchos efectos siendo estos los que el cliente llega a percibir, en ese caso se debe escoger los que sean más graves y ellos serán evaluados (Bestraten y Orriols, 2006).

Es importante señalar que un modo de fallo puede ser consecuencia de dos o más causas encadenadas unas con otras que al final desembocan en el mal funcionamiento (Bestraten y Orriols, 2006).

Según la etapa analizada se debe identificar los siguientes aspectos:

- Modo de fallo, que es la forma en que el fallo se presenta.
- Efecto, siendo la consecuencia una vez que se ha producido el modo de fallo.
- Causa, puede ser situación o incluso persona que ha ocasionado que el fallo se produzca.

Por lo que, al momento de la aplicación del proceso y el análisis de la situación actual se puede partir de los puntos que se indican a continuación:

1. Presentación del proceso que se va a analizar.
2. Descripción gráfica del proceso y desarrollo de un flujograma con el fin de visualizar los subprocesos que puedan existir.

3. Se establece una tormenta de ideas para encontrar los fallos en los subprocesos o áreas implicadas.
4. Los fallos detectados se colocan en una tabla y para cada uno se evalúa el efecto que podrían suponer en el ámbito de estudio.

Una vez que ya se disponga de toda la información de los posibles fallos se debe identificar el grado de gravedad en cada caso. Entendiéndose que mediante este análisis se puede conocer el nivel de consecuencias que se pueden producir. Teniendo en cuenta que, en cuanto a la valoración numérica, el valor incrementa conforme incrementa ya sea la insatisfacción del cliente, o existen ya repercusiones en los costes, entre otros. Entendiéndose a su vez que la manera de mejorar los valores de los índices, es decir reducirlos se lograría mediante la acción correctora en el producto, proceso o servicio, estas medidas ya serían realizadas según el tipo de empresa ya que deben crear sus propias formas de aplicar (Bestraten y Orriols, 2006).

El rango de los índices de gravedad que se usan normalmente es del 1 al 10, aunque como se ha mencionado anteriormente ya depende de las consideraciones que decida realizar la empresa y en algunos casos utilizan del 1 a 5. En la tabla que se muestra a continuación se presenta los criterios a ser considerados según la valoración propuesta en este trabajo. En la Tabla 1 se presenta la valoración planteada para el análisis.

Tabla 1. Clasificación de la gravedad del modo fallo según la repercusión en el cliente.

Gravedad	Criterio	Valor
Muy baja Repercusiones imperceptibles	No se espera que este fallo de baja importancia produzca algún efecto real sobre el objeto de estudio.	1
Baja Repercusiones irrelevantes que son apenas imperceptibles	Si existe fallo ocasionaría un ligero inconveniente para el cliente. Es posible que se note un pequeño deterioro de su rendimiento sin ser de mayor importancia. Se puede remediar.	2- 3
Moderada Defectos de relativa importancia	Existe un deterioro observable en el rendimiento del sistema, por lo que puede causar insatisfacción en el cliente.	4- 6
Alta	El fallo puede llegar a ser crítico e inutilizar el sistema. Con ello el cliente tendrá un mayor grado de insatisfacción.	7 – 8
Muy alta	Fallo potencial muy crítico que produzca afectación en la seguridad del producto o proceso. Si el caso es muy grave se le puntuará con un valor de 10	9- 10

Fuente: Bestraten y Orriols, 2006.

Se considera de importancia realizar una adecuada puntuación de la gravedad pues de esta manera se puede categorizar el tipo de fallo y tomar las medidas necesarias (Bestraten y Orriols, 2006).

Adicionalmente, se debe determinar la frecuencia, misma que se define como la probabilidad de que una causa de fallo que se considera potencial se lleve a cabo y produzca en efecto un modo de fallo, su determinación resulta ser subjetiva en muchos de los casos, razón por la cual se debe contar con información previa para su evaluación. Las posibilidades que se tiene de cambiar la frecuencia de fallo son mediante un cambio en el diseño del producto o proceso o mediante mejoras en los sistemas de prevención o control que son los encargados de que identificar e impedir que se produzcan dichos fallos (Bestraten y Orriols, 2006). En la Tabla 2 siguiente se presenta la valoración planteada para establecer la frecuencia de fallo.

Tabla 2. Frecuencia de ocurrencia del modo de fallo.

Frecuencia	Criterio	Valor
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idéntico. Tampoco se ha dado antes en el pasado, pero se considera que puede ocurrir	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Se puede esperar en la vida del sistema, aunque es poco probable que ocurra.	2- 3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previstos al actual. Existe la posibilidad de que aparezcan durante la vida del sistema.	4- 5
Alta	El fallo se ha presentado con alguna frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado	6- 8
Muy alta	El fallo es casi inevitable. Existe gran posibilidad de que fallo se produzca de manera más frecuente	9- 10

Fuente: Bestraten y Orriols, 2006.

A continuación, se presenta la Tabla 3 en la que se detalla los criterios de consideración al momento de detectar el modo de fallo.

Tabla 3. Clasificación de detección del modo de fallo.

Detectabilidad	Criterio	Valor
Muy alta	El defecto es evidente.	1
Alta	El defecto es evidente y aunque se puede detectar fácilmente, podría no ser distinguido en primera instancia.	2 – 3
Mediana	Defecto detectable, aunque posiblemente no llegue al cliente.	4- 6
Pequeña	Es difícil detectar el defecto con procedimientos normales.	7- 8

Detectabilidad	Criterio	Valor
Muy alta	El defecto es evidente.	1
Improbable	Defecto no puede detectarse, pero el cliente posiblemente lo percibirá.	9- 10

Fuente: Bestraten y Orriols, 2006.

Es importante señalar que este factor a diferencia de los anteriores presenta su escala de valoración de manera inversa, es decir, que mientras más difícil sea su detección mayor será su índice de detectabilidad. Por lo que, si lo que se busca es la disminución de estos valores se puede realizar dos acciones, incrementar el número de controles, aunque esto implica a su vez aumento de costes, o la otra opción es modificar el diseño con el fin de mejorar la detección de cualquier fallo (Bestraten y Orriols, 2006).

La detectabilidad es importante en AMFE ya que se busca saber que tan probable es que no se detecte el fallo a lo largo del proceso, por lo que mientras más difícil sea detectar un fallo existente y más se tarde en detectarlo sus consecuencias podrían ser mayores (Bestraten y Orriols, 2006). Este valor será más bajo dependiendo cuanto más segura sea la detección del detector y por el contrario más alto cuanto menos segura sea.

Una vez se han determinado los valores antes mencionados se realiza el cálculo de Índice de Prioridad de Riesgos (IPR), que es un factor que permite dar la prioridad a las causas que habría que evitar para que no se lleguen a evidenciar los fallos. Es el resultado del producto de la frecuencia, gravedad y detectabilidad como se indica en la siguiente ecuación:

$$IPR = Frecuencia (F) \times Gravedad (G) \times Detectabilidad (D)$$

Siendo por tanto este valor adimensional, lo que eventualmente es conveniente porque lo que se busca es únicamente tener el valor numérico para posteriormente ubicarlo según su orden de prioridad. Se debe calcular para cada una de las causas de fallo. El valor que se obtenga resulta de ayuda para la toma de decisiones (Bestraten y Orriols, 2006).

Posteriormente se pone en marcha la acción correctora una vez se haya determinado los problemas con su prioridad de riesgo y se los haya organizado de mayor a menor para ello existen diferentes posibilidades que se pueden aplicar, entre los principales se tiene los siguientes: realizar cambio desde el inicio, es decir enfocarse en el diseño del producto, servicio o proceso al que se dedique la empresa, si se tratara de un producto por ejemplo se podría plantear su cambio de proceso de fabricación o de aplicación dependiendo el ámbito de estudio, a su vez realizar mayores controles a lo

largo de toda la cadena de valor para evitar que se produzca cualquier fallo. En esta etapa se define también quien será la persona responsable de llevar a cabo todas estas acciones, con el fin de tener identificados los procesos y se pueda realizar una supervisión posterior. Además, que se debe determinar indicadores sobre los que se puedan a su vez realizar comparaciones y poder analizar si se lograron o no los resultados esperados (Bestraten y Orriols, 2006).

ANÁLISIS

Si bien AMFE se puede utilizar en diferentes ámbitos como el sanitario, alimenticio, de automóviles según lo antes explicado, es importante mencionar que esta herramienta supone ciertas limitaciones al ser aplicado en sanidad, ya que AMFE en la industria por ejemplo uno de los casos es buscar que se detecten los fallos que pueda tener un producto y prevenirlo antes que este se comercialice. Mientras que en un laboratorio es un proceso que ya existe y se encuentran en marcha, por lo que en algunos casos se puede considerar como cuestionable la aplicación de este método según lo indica Giménez, *et al.*, 2010 (p. 162). Por otro lado, lo ventajoso de este método es que permite la identificación de en qué parte se está cometiendo errores para analizar las causas que los originan y con ello buscar alternativas para su posterior aplicación de mejoras (Giménez, *et al.*, 2010).

Lo que se intenta al final con la implementación de este método es conseguir una mejora de la calidad en el producto y en el diseño del proceso, mediante la predicción de las desviaciones que puedan existir con relación a los valores establecidos que a su vez puedan producir algún tipo de peligro. Esto además proporciona confiabilidad y competitividad pues se genera una actitud proactiva y preventiva para poder hacer frente a los problemas que se pueden desarrollar en cualquier proceso, producto o servicio independientemente del ámbito en el que realice el análisis. Cuando se tienen valores altos implica que un fallo en la etapa de estudio puede ocurrir de manera más común por lo que puede suponer perjuicio para el consumidor final, por lo que se requiere que haya una acción de corrección inmediata (Cartín, *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

Se puede considerar que AMFE es una metodología cualitativa pues permite determinar los posibles fallos con sus respectivos efectos, con lo que se pueden tomar las acciones respectivas para realizar las modificaciones del caso.

Mediante la aplicación de esta herramienta se logra mejorar la calidad, fiabilidad y seguridad ya sea de productos o procesos, con ello por lo tanto la satisfacción del cliente mejora.

Es importante tomar en consideración que en algunos casos resulta mejor además de económico reducir la probabilidad de ocurrencia de fallo que tener que dedicar luego más recursos a la detección de estos.

Lo interesante de la aplicación de esta metodología es saber que se puede combinar con otras herramientas, lo que indica la flexibilidad de esta para acoplarse o adaptarse según los requerimientos del ámbito en el que se requiera su uso.

Además de la utilización adecuada de la herramienta es necesario tener en cuenta que para su aplicación se debe lograr un trabajo cooperativo con el personal implicado y asesores externos porque al final ellos son los que pondrán en marcha los cambios y mejoras.

Es de mucha importancia tomar en consideración los pasos señalados para su aplicación, pero tomando en consideración también que depende en gran medida del tipo de sector en el que se esté realizando el estudio y poder adaptarse según los requerimientos del caso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bestraten, R., y Orriols, M.** (2006). NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE Introducción. English, pp. 1–10.
- Cartín-Rojas, A., Villarreal-Tello, A., y Morera, A.** (2014). Implementación del análisis de riesgo en la industria alimentaria mediante la metodología AMEF: enfoque práctico y conceptual. *Revista de Medicina Veterinaria*, pp. 133–148. doi: <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.19052/mv.3030>
- Delgado Silveira, E., Álvarez Díaz, A., Pérez Menéndez-Conde, C., Serna Pérez, J., Rodríguez Sagrado, M. A., y Bermejo Vicedo, T.** (2012). Análisis modal de fallos y efectos del proceso de prescripción, validación y dispensación de medicamentos. *Farmacia Hospitalaria*, 36(1), pp. 24–32. doi: <https://doi.org/10.1016/j.farma.2010.12.002>
- Giménez Marín, Á., Molina Mendoza, P., Ruiz Arredondo, J. J., Acosta González, F., López Pérez, M., Jiménez Cueva, et al.** (2010). Aplicación del análisis modal de fallos y sus efectos a la fase preanalítica de un laboratorio clínico. *Revista Del Laboratorio Clínico*, 3(4), pp. 161–170. doi: <https://doi.org/10.1016/j.labcli.2010.06.005>
- Mañes-Sevilla, M., Marzal-Alfaro, M. B., Romero Jiménez, R., Herranz-Alonso, A., Sánchez Fresneda, M. N., Benedi González, J., et al.** (2018). Análisis modal de fallos y efectos para mejorar la calidad en los ensayos clínicos. *Revista de Calidad Asistencial*, 33(1), pp. 33–47. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cali.2017.12.001>

Economía, Organización y Ciencias Sociales

