

ISSN 2523-0344

Volumen 3, Número 8 — Abril — Junio — 2019

Revista de Ingeniería Industrial



ECORFAN-Perú

Editor en Jefe

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Revista de Ingeniería Industrial, Volumen 3, Número 8, de Abril-Junio 2019, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Perú. La Raza Av. 1047 No.- Santa Ana, Cusco-Perú. Postcode:11500. WEB: www.ecorfan.org/republicofperu, revista@ecorfan.org. Editor en Jefe: SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC. ISSN 2523-0344. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 30 de Junio 2019.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Instituto Nacional de defensa de la competencia y protección de la propiedad intelectual.

Revista de Ingeniería Industrial

Definición del Research Journal

Objetivos Científicos

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en el Área de Ingeniería y Tecnología, en las Subdisciplinas de diseño de sistemas de producción, gestión de calidad en los productos, investigación de operaciones, simulación informática, cadenas de suministros, certificación de calidad, hidrometeorología.

ECORFAN-México S.C es una Empresa Científica y Tecnológica en aporte a la formación del Recurso Humano enfocado a la continuidad en el análisis crítico de Investigación Internacional y está adscrita al RENIECYT de CONACYT con número 1702902, su compromiso es difundir las investigaciones y aportaciones de la Comunidad Científica Internacional, de instituciones académicas, organismos y entidades de los sectores público y privado y contribuir a la vinculación de los investigadores que realizan actividades científicas, desarrollos tecnológicos y de formación de recursos humanos especializados con los gobiernos, empresas y organizaciones sociales.

Alentar la interlocución de la Comunidad Científica Internacional con otros centros de estudio de México y del exterior y promover una amplia incorporación de académicos, especialistas e investigadores a la publicación Seriada en Nichos de Ciencia de Universidades Autónomas - Universidades Públicas Estatales - IES Federales - Universidades Politécnicas - Universidades Tecnológicas - Institutos Tecnológicos Federales - Escuelas Normales - Institutos Tecnológicos Descentralizados - Universidades Interculturales - Consejos de CyT - Centros de Investigación CONACYT.

Alcances, Cobertura y Audiencia

Revista de Ingeniería Industrial es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Perú, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de Diseño de sistemas de producción, gestión de calidad en los productos, investigación de operaciones, simulación informática, cadenas de suministros, certificación de calidad, hidrometeorología con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-Mexico® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

Consejo Editorial

AYALA - GARCÍA, Ivo Neftalí. PhD
University of Southampton

CASTILLO - LÓPEZ, Oscar. PhD
Academia de Ciencias de Polonia

CENDEJAS - VALDEZ, José Luis. PhD
Universidad Politécnica de Madrid

DIAZ - RAMIREZ, Arnoldo. PhD
Universidad Politécnica de Valencia

HERNÁNDEZ - PRIETO, María de Lourdes. PhD
Universidad Gestalt

LAGUNA, Manuel. PhD
University of Colorado

LARA - ROSANO, Felipe. PhD
Universidad de Aachen

RIVAS - PEREA, Pablo. PhD
University of Texas

TIRADO - RAMOS, Alfredo. PhD
University of Amsterdam

VEGA - PINEDA, Javier. PhD
University of Texas

Comité Arbitral

DÍAZ - CASTELLANOS, Elizabeth Eugenia. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

MALDONADO - MACÍAS, Aidé Aracely. PhD
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

NAKASIMA – LÓPEZ, Mydory Oyuky. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

OCHOA - CRUZ, Genaro. PhD
Instituto Politécnico Nacional

REALYVÁSQUEZ - VARGAS, Arturo. PhD
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

TABOADA - GONZÁLEZ, Paul Adolfo. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

VALDEZ - ACOSTA, Fevrier Adolfo. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

VASQUEZ - SANTACRUZ, J.A. PhD
Centro de Investigación y Estudios Avanzados

ARREDONDO - SOTO, Karina Cecilia. PhD
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

RODRÍGUEZ – DÍAZ, Antonio. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

RUELAS-SANTOYO, Edgar Augusto. PhD
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

Cesión de Derechos

El envío de un Artículo a Revista de Ingeniería Industrial emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo.

Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Perú considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.

Declaración de Autoría

Indicar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en la participación del Artículo y señalar en extenso la Afiliación Institucional indicando la Dependencia.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo con el Número de CVU Becario-PNPC o SNI-CONACYT- Indicando el Nivel de Investigador y su Perfil de Google Scholar para verificar su nivel de Citación e índice H.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en los Perfiles de Ciencia y Tecnología ampliamente aceptados por la Comunidad Científica Internacional ORC ID - Researcher ID Thomson - arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID respectivamente

Indicar el contacto para correspondencia al Autor (Correo y Teléfono) e indicar al Investigador que contribuye como primer Autor del Artículo.

Detección de Plagio

Todos los Artículos serán testeados por el software de plagio PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se mandara a arbitraje y se rescindirá de la recepción del Artículo notificando a los Autores responsables, reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

Proceso de Arbitraje

Todos los Artículos se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homólogo de CONACYT para los capítulos de America-Europa-Asia-Africa y Oceanía. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de Arbitraje sea anónimo y cubra las siguientes etapas: Identificación del Research Journal con su tasa de ocupamiento autoral - Identificación del Autores y Coautores- Detección de Plagio PLAGSCAN - Revisión de Formatos de Autorización y Originalidad-Asignación al Consejo Editorial- Asignación del par de Árbitros Expertos- Notificación de Dictamen-Declaratoria de Observaciones al Autor-Cotejo de Artículo Modificado para Edición-Publicación.

Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

Área del Conocimiento

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de diseño de sistemas de producción, gestión de calidad en los productos, investigación de operaciones, simulación informática, cadenas de suministros, certificación de calidad, hidrometeorología y a otros temas vinculados a las Ingeniería y Tecnología.

Presentación del Contenido

En el primer artículo se presenta *Aplicación de RCM en equipo de esterilizado de acuerdo a la Gestión de Riesgos* por MENDEZ-GOVEA, Luis Alberto & TUDÓN-MARTÍNEZ, Alberto con adscripción Universidad Tecnológica de San Luis Potosí como siguiente artículo está *Técnicas de mantenimiento* por FERNANDEZ-GOMEZ, Tomas, RAMIREZ-RODRIGUEZ, Ramón Rodolfo, MIRANDA-SANCHEZ, Francisco Javier y MERINO-ROSAS, Ignacio Celestino con adscripción Instituto Tecnológico de Orizaba como siguiente artículo está *Implementación de las etapas Definir y Medir de la metodología DMAMC en una línea de producción* por GARCÍA-ÁVILA, Héctor José, CAMPOS-GARCÍA, Josefina, CERVANTES-TRUJANO, Margarita y ROMERO OCAMPO, María Lucía con adscripción Instituto Tecnológico de Ensenada como siguiente artículo está *Reducción de tiempos de espera en el cambio de modelo mediante la aplicación de la herramienta SMED, un caso de estudio* por MARTINEZ-HERNANDEZ, Julio Cesar, CRUZ-SOLIS, Edgar Jesús, GARRIDO-ROSADO, Rafael y SANTIAGO-ESCUADERO, Anselmo con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango e Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla.

Contenido

Artículo	Página
Aplicación de RCM en equipo de esterilizado de acuerdo a la Gestión de Riesgos MENDEZ-GOVEA, Luis Alberto & TUDÓN-MARTÍNEZ, Alberto <i>Universidad Tecnológica de San Luis Potosí</i>	1-5
Técnicas de mantenimiento FERNANDEZ-GOMEZ, Tomas, RAMIREZ-RODRIGUEZ, Ramón Rodolfo, MIRANDA-SANCHEZ, Francisco Javier y MERINO-ROSAS, Ignacio Celestino <i>Instituto Tecnológico de Orizaba</i>	6-13
Implementación de las etapas Definir y Medir de la metodología DMAMC en una línea de producción GARCÍA-ÁVILA, Héctor José, CAMPOS-GARCÍA, Josefina, CERVANTES-TRUJANO, Margarita y ROMERO OCAMPO, María Lucía <i>Instituto Tecnológico de Ensenada</i>	14-20
Reducción de tiempos de espera en el cambio de modelo mediante la aplicación de la herramienta SMED, un caso de estudio MARTINEZ-HERNANDEZ, Julio Cesar, CRUZ-SOLIS, Edgar Jesús, GARRIDO-ROSADO, Rafael y SANTIAGO-ESCUADERO, Anselmo <i>Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango</i> <i>Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla</i>	21-29

Aplicación de RCM en equipo de esterilizado de acuerdo a la Gestión de Riesgos

RCM application in sterilized equipment according to Risk Management

MENDEZ-GOVEA, Luis Alberto & TUDÓN-MARTÍNEZ, Alberto

Universidad Tecnológica de San Luis Potosí, Av. Dr. Arturo Nava Jaimes 100, CP 78430, San Luis Potosí, SLP

ID 1^{er} Autor: *Luis Alberto, Méndez-Govea* / **ORC ID:** 0000-0002-9763-2519, **Researcher ID Thomson:** X-7378-2019, **CVU CONACYT ID:** 1014457

ID 1^{er} Coautor: *Alberto, Tudón-Martínez* / **ORC ID:** 0000-0003-1689-1250, **CVU CONACYT ID:** 411753

Recibido 25 de Abril, 2019; Aceptado 02 Junio, 2019

Resumen

En el siguiente artículo se describe la aplicación del RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad) con base a la Gestión de Riesgos, en un equipo de Esterilizado en una empresa del ramo alimenticio. La necesidad de aplicar el RCM, es debido a que el equipo de esterilizado presentaba una Disponibilidad de equipo muy baja, así como un aumento en los costos de mantenimiento, en merma de materiales y materia prima, además de afectar a la calidad e inocuidad del producto esterilizado. El equipo de esterilizado se fabricó en 1955, ya con el paso del tiempo, la mayor parte de sus componentes metálicos internos presentaban un alto índice de corrosión, generando una mala sincronización, dañando el producto a esterilizar. Debido a estos problemas, constantemente se tenían incumplimientos en los programas de producción, así como en las entregas hacia los clientes.

RCM, Gestión de Riesgos RCM, Aplicación de RCM

Abstract

The following article describes the application of the RCM (Reliability Centered Maintenance) according to Risk Management, in a Sterilized equipment in a food business. The need to apply the RCM, is due to the fact that the Sterilized equipment had a very low availability of equipment, as well as an increase in maintenance costs, in the scrap of materials, in addition to affecting the quality and safety of the sterilized product. The sterilizing equipment was manufactured in 1955, and with the passage of time, most of its internal metal components had a high rate of corrosion, generating a poor synchronization, damaging the product to be sterilized. Due to these problems, there were constantly defaults in production programs, as well as deliveries to customers

RCM, RCM risk management, RCM application

Citación: MENDEZ-GOVEA, Luis Alberto & TUDÓN-MARTÍNEZ, Alberto. Aplicación de RCM en equipo de esterilizado de acuerdo a la Gestión de Riesgos. Revista de Ingeniería Industrial. 2019. 3-8: 1-5.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: lmendez@utslp.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Con la actualización de la norma ISO 9001:2015 e IATF 16949:2016, se tiene un nuevo esquema que es la Gestión de Riesgos, en donde se deben determinar los riesgos y oportunidades (Standarization, Norma ISO 9001:2015, 2015), para asegurar que el Sistema de Gestión de Calidad logre sus objetivos, aumente los defectos deseables y prevenga o reduzca los efectos no deseados.

RCM (Moubray, 2004), Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, permite identificar las políticas que deben ser implementadas para manejar los modos de falla que pudieran causar las fallas funcionales de cualquier activo físico en un contexto operacional dado.

Descripción del problema

Se contaba con una máquina de esterilizado para producto enlatado en el ramo alimenticio, la cual se fabricó en el año 1955, la empresa fabricante del equipo era de USA, sin embargo, en esos momentos no se contaba con sus datos para poder contactarlo.

Cuenta con dos etapas: Una de calentamiento y otra de enfriamiento, debido a la naturaleza de su operación las condiciones internas de la máquina están expuestas a la humedad y temperaturas desde 100 °C hasta 34°C, con el paso del tiempo se fue incrementando la corrosión en sus componentes.

Los principales problemas generados por sus condiciones físicas son: el aumento en los costos del mantenimiento, en scrap de materia prima y materiales, incumplimientos en las entregas del producto terminado al cliente, tiempo muerto mensual promedio de 2,192 minutos, sumando una pérdida total de USD \$700,000 en un período de 1.5 años.

Objetivo

Con base a los resultados obtenidos, se define como objetivo, tener por lo menos una reducción del 50% en los tiempos de paro no programados (tiempos muertos) en la máquina de esterilizado.

Metodología

Para lograr el objetivo establecido, se selecciona la técnica RCM para identificar los riesgos y aumentar la confiabilidad de la máquina.

RCM (Reliability Centered Maintenance) está regido por las normas SAE JA1011 (International, SAE JA1011, 1999) y SAE JA1012 (International, SAE JA1012, 2002).

El RCM es una técnica recomendada por ISO 31010 (Standarization, ISO 31010, 2009) para realizar la evaluación de riesgos, la cual permite al departamento de Mantenimiento e Ingeniería identificar los riesgos y oportunidades en la maquinaria y equipo.

Otra técnica utilizada en conjunto con RCM, es el AMEF (Análisis de Modo y Efecto del Fallo). El AMEF (AIAG, 2008) permite identificar en la maquinaria: Las funciones operacionales, los fallos de la función, los modos y efectos de los fallos, los cuales permiten entender qué es lo que sucede en el contexto de la operación de la maquinaria.

Contribución de la investigación

Una contribución importante de éste artículo, es que el personal de mantenimiento se mantenga actualizado en la aplicación de las diferentes técnicas que ayudan a mejorar los Kpi's de su proceso, con base a la normatividad ISO actual.

También, que constantemente estén trabajando en la mejora continua, bajo un Sistema de Gestión de Mantenimiento de clase mundial y no con el sistema tradicional de mantenimiento.

Desarrollo del RCM

Durante la aplicación del RCM, se llevaron a cabo las siguientes etapas:

1. Formación de equipo de trabajo
2. Aplicación del RCM
3. Resultados obtenidos
4. Contribución
5. Sugerencias del tema
6. Referencias

1. Formación de equipo de trabajo

Un factor importante para el desarrollo de los talleres de RCM, es el involucramiento del personal relacionado con la maquinaria a analizar.

Para tener una mejor apertura en la identificación de las áreas de oportunidad, se formó un equipo multidisciplinario (Figura 1) integrado por:

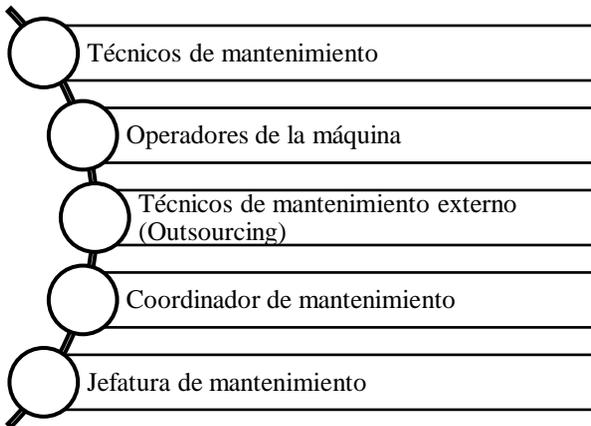


Figura 1 Equipo multidisciplinario

2. Aplicación del RCM

Una vez formado el equipo de trabajo RCM, se programaron sesiones de trabajo, se les dio una retroalimentación a los integrantes del equipo, sobre las condiciones físicas de la máquina de esterilizado, así como la situación actual en los resultados operativos.

Como primer paso, con base a la estructura del diseño, se definieron los sistemas de operación de la máquina de esterilizado, para identificar de una manera más eficiente el flujo de su proceso operativo (Figura 2), tales como:

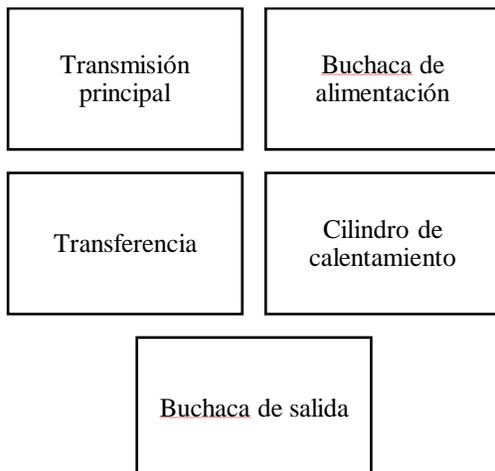


Figura 2 Sistemas de operación máquina de esterilizado

Como apoyo de la técnica RCM, se utiliza el AMEF (Análisis de Modo y Efecto del Fallo), que permite identificar: Las funciones operacionales, los fallos de la función, los modos y efectos de los fallos, a continuación se muestra un extracto de los mismos.

Se identificaron las funciones operativas de cada una de los sistemas de la máquina, con la aportación de los conocimientos del equipo multidisciplinario (Figura 3), se pueden mencionar:

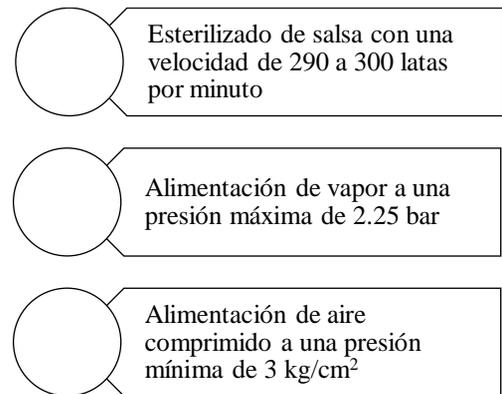


Figura 3 Funciones operativas

Como siguiente paso se inició con la identificación de los modos de fallo de las funciones operacionales (Figura 4), tales como:

Transmisión principal	Buchaca de alimentación	Transferencia
<ul style="list-style-type: none"> • Motor dañado • Catarinas y cadenas dañadas • Chumacera con falta de lubricante 	<ul style="list-style-type: none"> • Cadena de alimentación desalineada • Bote volteado • Exceso de suciedad 	<ul style="list-style-type: none"> • Fuera de tiempo • Ángulos doblados

Figura 4 Modos de Fallo

Cada vez que se presenta un modo de fallo, se generan diferentes consecuencias que generalmente no se consideran durante el contexto de la operación de las máquinas.

Debido a esto, se evalúan los efectos de las fallas (Figura 5), donde los integrantes del equipo, con base a su experiencia, definen las consecuencias operativas, se consideran los efectos que han sucedido con el paso del tiempo, tomando en cuenta también los que aún no se han presentado, algunos efectos identificados son:

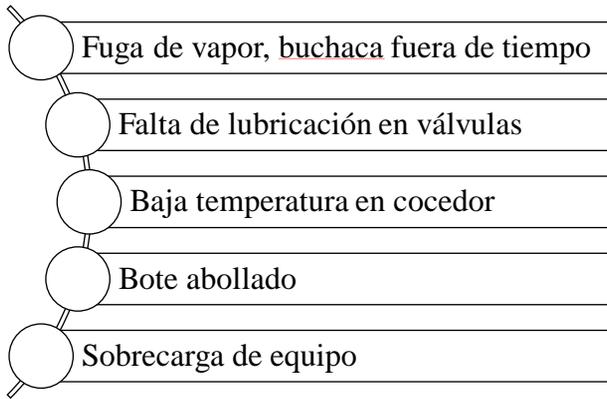


Figura 5 Efectos del Fallo

En la aplicación del AMEF de maquinaria, los integrantes del equipo participan, aportando sus ideas y mantienen la mente abierta, ya que cualquier comentario puede ser crucial para identificar los riesgos y oportunidades.

Una vez concluido el AMEF de maquinaria, el siguiente paso de acuerdo con la técnica RCM, es verificar cómo se pueden identificar y controlar los modos de fallo, de acuerdo al contexto de la operación, con base a las consecuencias ocultas, a la seguridad, medio ambiente, operacional y no operacional.

Finalmente se obtienen las diferentes actividades de mantenimiento preventivo y predictivo basadas en la confiabilidad, podemos mencionar las siguientes en la Tabla 1.

3. Resultados obtenidos

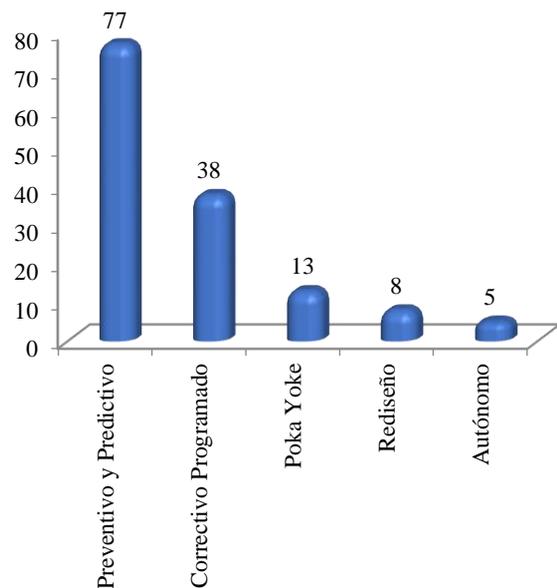
Durante el desarrollo de las técnicas de RCM y AMEF, se puede mencionar que como resultado, el personal que estuvo involucrado en su aplicación, entendió realmente qué es lo que sucede con el contexto de la operación de la máquina.

Esto permite que el personal pueda tomar decisiones más asertivas, minimizando las consecuencias de los riesgos negativos y aumentando los efectos de las consecuencias en los riesgos positivos. Se identificaron un total de 141 actividades para mantenimiento basado en confiabilidad (Gráfica 1).

Tareas propuestas	Tipo de mantenimiento	Frecuencia	Responsable
Medir aislamiento de motor eléctrico	Predictivo	Semestral	Tec. Eléctrico
Lubricación de baleros	Preventivo	Mensual	Tec. Mecánico
Alineación y limpieza de catarinas y cadenas	Preventivo	Trimestral	Tec. Mecánico
Inspección de ruido anormales en transmisión de cadena	Autónomo	Al inicio de turno	Operador

Tabla 1 Tareas de Mantenimiento Preventivo basado en Confiabilidad

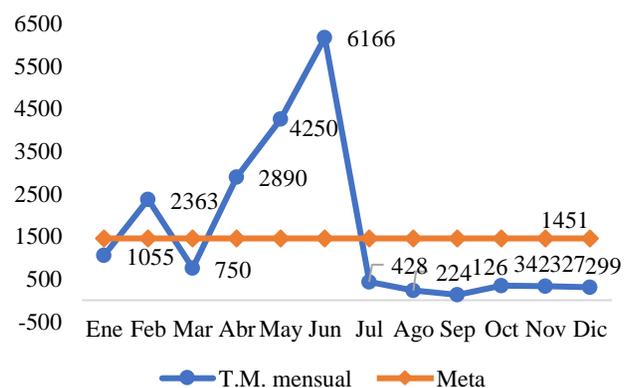
Actividades por tipo de mantenimiento



Gráfica 1 Actividades por tipo de mantenimiento máquina de esterilizado

Se obtuvo una reducción de tiempo muerto hasta de un 85% mensual del equipo de esterilizado (Gráfica 2).

Tiempo muerto mensual (minutos)



Gráfica 2 Tiempo muerto mensual del año, máquina de esterilizado

Los integrantes del equipo multidisciplinarios, comprendieron el contexto operativo de la máquina de esterilizado

Aunque el equipo se fabricó en 1955, se pudo mantener controlado, posteriormente se generó un análisis costo beneficio resultado del RCM, en donde se justifica el cambio de la máquina por otra nueva.

4. Contribución

La aplicación de la técnica RCM abre un panorama enfocado hacia cómo es el contexto operativo de la maquinaria y equipo.

La participación de un equipo multidisciplinario, incluyendo todos sus conocimientos y experiencia, enriquece la madurez de los participantes.

Se fomenta el trabajo en equipo y tomar en cuenta la opinión de todos los involucrados.

5. Sugerencias del tema

Algunas sugerencias para que sea exitoso el desarrollo de los talleres RCM son:

Los integrantes del equipo multidisciplinario tengan formación previa referente al RCM y el AMEF.

Que los procesos productivos tengan el esquema de equipos de trabajo multidisciplinarios.

Una base de datos confiable en el historial de mantenimiento de la maquinaria.

Respetar la programación de las sesiones de trabajo en RCM.

6. Referencias

AIAG, A. I. (2008). Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). 4th Edition.

International, S. (1999). SAE JA1011. Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

International, S. (2002). SAE JA1012. Guía para la Norma de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

Moubray, J. (2004). RCM Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. North Carolina, USA: Aladon LCC.

Standarization, I. O. (2009). ISO 31010. Gestión de Riesgos-Técnicas para Evaluación de Riesgos.

Standarization, I. O. (2015). Norma ISO 9001:2015. Sistema de Gestión de Calidad - Requerimientos.

Técnicas de mantenimiento

Maintenance techniques

FERNANDEZ-GOMEZ, Tomas†*, RAMIREZ-RODRIGUEZ, Ramón Rodolfo, MIRANDA-SANCHEZ, Francisco Javier y MERINO-ROSAS, Ignacio Celestino

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba, Departamento de Metal-Mecánica, Ote 9 Num 1852, Col E. Zapata C.P 94320, Orizaba, Veracruz, México

ID 1^{er} Autor: *Tomas, Fernande- Gomez* / ORC ID: 0000-0002-031, Researcher ID Thomson: fernandez_gt, CVU CONACYT ID: 65262

ID 1^{er} Coautor: *Ramon Rodolfo, Ramirez-Rodriguez* / ORC ID: 0000-0002-272, Researcher ID Thomson: Y6fbnMXGYG5Aee4GKCZWDmGjz7TuztXq, CVU CONACYT ID: 1024679

ID 2^{do} Coautor: *Francisco Javier, Miranda-Sanchez* / ORC ID: 0000-0001-711, Researcher ID Thomson: qQeu179m1C0dMYjrGocgNKdk3mTImeaz, CVU CONACYT ID: 781882

ID 3^{er} Coautor: *Ignacio Celestino, Merino-Rosas* / ORC ID: 0000-0002-558, Researcher ID Thomson: ubnBf1CDjZwU8xp1kWIJUg0jhcsCARje, CVU CONACYT ID: IT18D309

DOI: 10.35429/IIE.2019.8.3.6.13

Recibido 04 de Abril, 2019, Aceptado, 03 de Junio, 2019

Resumen

Las mejoras enfocadas son actividades en las que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas en un proceso productivo, es un desarrollo en el proceso de mejora continua similar al existente en procesos de Control Total de Calidad aplicando procedimientos y técnicas de mantenimiento. El mantenimiento es un conjunto de actividades que se realizan diariamente en los equipos, incluyendo inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambio de herramientas y piezas estudiando posibles mejoras. El mantenimiento progresivo es un pilar de lo más importante en la búsqueda de beneficios en una organización industrial. El mantenimiento de calidad busca establecer como propósito que en el equipo tenga el "cero defectos". La PTEE o Productividad Total Efectiva de los Equipos es una medida de la productividad real de los equipos, se trata de una medida que indica la cantidad de tiempo utilizado por los equipos, efectividad global del equipo evalúa el rendimiento del equipo mientras está en funcionamiento, esto permite priorizar entre varios proyectos de mantenimiento, aquellos más significativos en la mejora de la planta.

Planificación, Mantenimiento, Productividad

Abstract

The focused improvements are activities in which they are developed with the intervention of the different areas in a productive process, it is a development in the process of continuous improvement similar to that existing in processes of Total Quality Control applying procedures and maintenance techniques. Maintenance is a set of activities that are carried out daily in the equipment, including inspection, lubrication, cleaning, minor interventions, change of tools and pieces studying possible improvements. Progressive maintenance is a pillar of the most important in the pursuit of benefits in an industrial organization. The maintenance of quality seeks to establish as a purpose that the team has the "zero defects". The PTEE or Total Effective Productivity of the Equipment is a measure of the real productivity of the equipment, it is a measure that indicates the amount of time used by the equipment, the overall effectiveness of the equipment evaluates the performance of the equipment while it is in operation, this allows to prioritize between several maintenance projects, those most significant in the improvement of the plant.

Planning, Maintenance, Productivity

Citación: FERNANDEZ-GOMEZ, Tomas, RAMIREZ-RODRIGUEZ, Ramón Rodolfo, MIRANDA-SANCHEZ, Francisco Javier y MERINO-ROSAS, Ignacio Celestino. Técnicas de mantenimiento. Revista de Ingeniería Industrial. 2019 3-8: 6-13

* Correspondencia del Autor (correo electrónico: fernandez_gt@yahoo.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La aparición de fallos y averías en los componentes de una instalación industrial trae consigo la disminución de los beneficios que pudieran derivarse del proceso productivo en cuestión, aquellas averías que dan lugar a la indisponibilidad del proceso provocan una merma de ingresos y, asimismo, originan un incremento de los costes de producción, ya que, como mínimo, habrá que reparar o sustituir el equipo averiado. En los tiempos actuales, caracterizados por un creciente grado de competencia en la totalidad de los mercados que provoca la erosión de los márgenes comerciales, el aseguramiento de la capacidad productiva se configura como un factor fundamental para el mantenimiento o mejora de la rentabilidad asociada a una instalación o proceso industrial.

El objetivo de este trabajo es aportar ideas y plantear como se llevará a cabo el pilar de mantenimiento productivo total, se presentarán los aspectos más significativos de la metodología TPM (Total Productive Maintenance), considerada como una herramienta muy importante a implantar en una instalación industrial que contribuya a la mejora de la productividad y, por consiguiente, al incremento de la rentabilidad de los procesos implicados y del valor de los activos invertidos.

Desarrollo

Normalmente en las industrias se presta mucha atención a secciones que se encuentran emparentadas con el producto y normalmente la sección mantenimiento queda relegada a un plano inferior. ¿Por qué?, muy sencillo; se tiene la idea errónea de que los procesos que llevan a buen puerto el procesamiento de un producto dependen exclusivamente de producción. los procesos industriales dependen más que nada del buen funcionamiento de los equipos a afectados al mismo. Sencillamente "las máquinas nos dan de comer. Ahora bien; ¿Quién tiene la responsabilidad de hacer funcionar las máquinas de manera óptima?; la respuesta es mantenimiento.

¿Qué es TPM?

Mantenimiento Productivo Total es la traducción de TPM (Total Productive Maintenance).

El TPM es el sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto de "mantenimiento preventivo" creado en la industria de los Estados Unidos.

Asumimos el término TPM con los siguientes enfoques: la letra "M" representa acciones de management y mantenimiento. Es un enfoque de realizar actividades de dirección y transformación de empresa.

La letra "P" está vinculada a la palabra "productivo" o "productividad de equipos asociar a un término con una visión más amplia como "perfeccionamiento" La letra "T" de la palabra "total" se interpreta como "todas las actividades que realizan toda la persona que trabajan en la empresa.

Los conceptos que se describen posteriormente se jerarquizan en términos de la influencia de unos en otros, se puede afirmar que el mantenimiento, en sus variantes de preventivo y correctivo, influye demasiado en el resto de los elementos de la confiabilidad de un dispositivo.

Pilar 1 Mejoras Enfocadas (Kobetsu Kaizen)

Las mejoras enfocadas son actividades en las que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, esto con el objetivo de maximizar toda efectividad en los equipos, procesos y plantas.

Esto conlleva al desarrollo del proceso de mejora continua que es muy similar al existente en los procesos de Control Total de Calidad aplicando procedimientos y técnicas de mantenimiento.

Las técnicas TPM ayudan a eliminar dramáticamente las averías de los equipos. El procedimiento seguido para realizar acciones de mejoras enfocadas sigue los pasos del conocido Ciclo Deming o PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar),

El desarrollo de las actividades Kobetsu Kaizen se realizan a través de los pasos mostrados en la figura

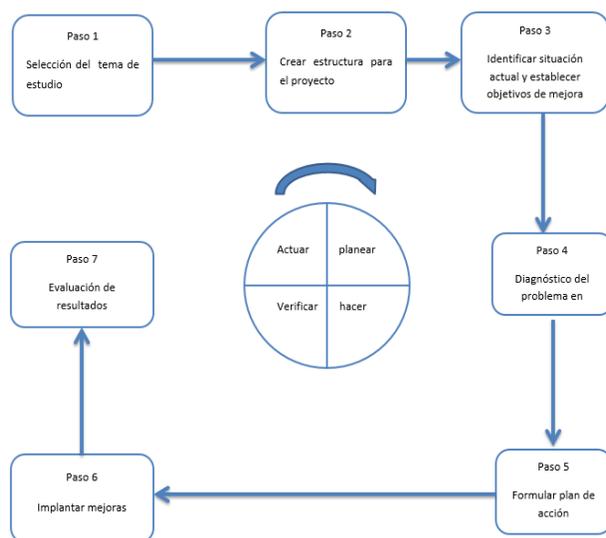


Figura 1 Desarrollo de actividades

Paso 1: Seleccionar un tema de estudio

Esto se puede seleccionar empleando diferentes criterios

- Objetivos superiores de la dirección industrial
- Problemas de calidad y entregas al cliente
- Relación con procesos de mejora continua
- Factores innovadores y otros

Paso 2: Crear la estructura para el proyecto

Frecuentemente se utiliza los del equipo interfuncional. Esta clase de equipos intervienen trabajadores de diferentes áreas que son directamente involucrados en el proceso productivo como supervisores, operadores, personal técnico de mantenimiento, compras o almacenes proyectos, ingeniería de proceso y control de calidad

Paso 3: Identificar la situación actual y formular objetivos

En este paso analizaremos el problema en forma general y se identificaran las pérdidas principales asociadas con el problema seleccionado. En esta fase se debe recoger o procesar la información sobre averías, fallos, reparaciones y otras estadísticas sobre las pérdidas por problemas de calidad, energía, análisis de capacidad de proceso y de los tiempos de operación para identificar los cuellos de botella, paradas, etc.

Esta información se debe presentar en forma gráfica y Estratificada para facilitar su interpretación y el diagnóstico del problema.

Paso 4: Diagnostico del problema

Antes de utilizar alguna técnica analítica para estudiar y solucionar el problema se deben establecer y mantener las condiciones básicas que aseguren el funcionamiento apropiado del equipo. Estas condiciones básicas incluyen: limpieza, lubricación, chequeos de rutina, apriete de tuercas, etc. Esto implica realizar actividades de mantenimiento autónomo en las áreas seleccionadas como piloto para la realización de las mejoras enfocadas.

Paso 5: Formular plan de acción

Una vez concluida la investigación y analizado las diferentes raíces del problema, se establecerá un plan de acción para la eliminación de las causas críticas. A partir de las propuestas se establecen las actividades y tareas señaladas necesarias para lograr los objetivos formulados.

Paso 6: Implantar mejoras

Una vez planificadas las acciones con detalle se procede a implantarlas. Es importante durante la implantación de las acciones contar con la participación de todas las personas involucradas en el proyecto incluyendo el personal operador.

Las mejoras no deben ser impuestas ya que si se imponen por orden superior no contarán con un respaldo total del personal operativo involucrado. Cuando se pretenda mejorar los métodos de trabajo, se debe consultar y tener en cuenta las opiniones del personal que directa o indirectamente intervienen en el proceso.

Paso 7: Evaluar los resultados

Es muy importante que los resultados obtenidos en una mejora sean publicados en una cartelera o paneles, en toda la empresa lo cual ayudará a asegurar que cada área se beneficie de la experiencia de los grupos de mejora. El comité u oficina encargada de coordinar el TPM debe llevar un gráfico o cuadro en la cual se controlen todos los proyectos, y garantizar que todos los beneficios y mejoras se mantengan en el tiempo

Pilar 2 Mantenimiento autónomo

El mantenimiento autónomo está compuesto por un conjunto de actividades que se realiza diariamente por todos los trabajadores en los equipos que operan, incluyendo inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambio de herramientas y piezas estudiando posibles mejoras, analizando y solucionando problemas del equipo y acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento. Una de las visiones modernas en mantenimiento desarrollar a través del Mantenimiento Autónomo.

El Mantenimiento Autónomo implica un cambio cultural en la empresa, especialmente en el concepto: "yo fabrico y tu conserva el equipo", en lugar de "yo cuido mi equipo". Para lograrlo es necesario incrementar el conocimiento que poseen los operarios para lograr un total dominio de los equipos.

Esto implica desarrollar las siguientes capacidades en los operarios. lo convierte en una estrategia poderosa de transformación continua de empresa.

Sirve para adaptar permanentemente a la organización hacia las nuevas exigencias del mercado y para crear capacidades competitivas centradas en el conocimiento que las estacar es la creación de un trabajo disciplinado y respetuoso de las normas procedimientos.

Pilar 3 Mantenimiento progresivo o planificado

El mantenimiento progresivo es uno de los pilares más importantes en la búsqueda de beneficios en una organización industrial. El ΔPM le ha dado a este pilar el nombre de Mantenimiento Planificado (MP).

Consideramos que el término MP puede comunicar mejor el propósito de este pilar, que consiste en la necesidad de avanzar gradualmente hacia la búsqueda de la meta "cero averías" para una planta. Ver siguiente figura

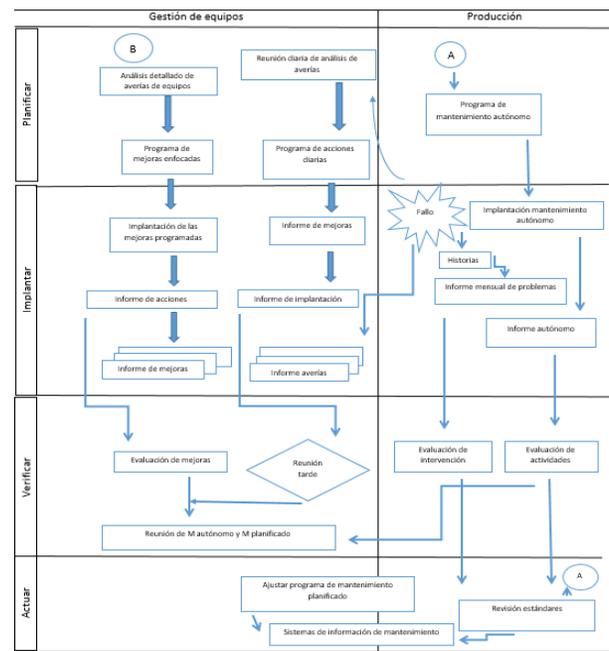


Figura 2 Relación entre las acciones de mantenimiento y producción

Limitaciones de los enfoques tradicionales de mantenimiento planificado

El mantenimiento planificado que se practica en numerosas empresas presenta los siguientes aspectos:

- No se dispone de información histórica necesaria para establecer el tiempo más adecuado para realizar las acciones de mantenimiento preventivo. Los tiempos son establecidos de acuerdo con la experiencia, recomendaciones de fabricante y otros criterios con poco fundamento técnico y sin el apoyo en datos e información histórica sobre comportamiento pasado.
- Se aprovecha la parada de un equipo para "hacer todo lo necesario en la máquina" ya que la tenemos disponible. ¿Será necesario un tiempo similar de intervención para todos los elementos y sistemas de un equipo?, será esto económico?.
- Se aplican planes de mantenimiento preventivo a equipos que poseen un alto deterioro acumulado. Este deterioro afecta la dispersión de la distribución (estadística) de fallos, imposibilitando la identificación de un comportamiento regular del fallo y con el que se debería establecer el plan de mantenimiento.
- Propósito estratégico.
- Responsabilidad recíproca.

➤ Propósito estratégico

Son ambiciones a las que aspira la organización. El propósito estratégico tiene presente la visión de cómo debe ser la posición de liderazgo deseada de la empresa, el camino y las pautas para establecer criterios que la organización utilizará para el progreso.

- El propósito estratégico es un reto que en esta situación se aprecia en todo tipo de empresas e inclusive en aquellas que poseen certificaciones y programas o modelos de calidad avanzados.
- El trabajo de mantenimiento planificado no incluye acciones Kaizen para la mejora de los métodos de trabajo. No se incluyen acciones que permitan mejorar la capacidad técnica y mejora de la fiabilidad del trabajo de mantenimiento, como tampoco es frecuente observar el desarrollo de planes para eliminar la necesidad de acciones de mantenimiento. Esta también debe ser considerada como una actividad de mantenimiento preventivo.

Aportes del TPM a la mejora de MP

El TPM posee una mayor óptica o visión del proceso de gestión preventiva de equipos y utiliza tres grandes estrategias:

1. Actividades para prevenir y corregir averías en equipos a través de rutinas diarias periódicas y predictivas.
 2. Actividades Kaizen orientadas a mejorar las características de los equipos
- Actividades Kaizen para mejorar la competencia administrativa y técnica de la función mantenimiento

Si se comparan las dos estrategias anteriores sugeridas dentro del TPM con las prácticas habituales de mantenimiento planificado, observamos que existe una diferencia significativa en cuanto al alcance de sus actividades.

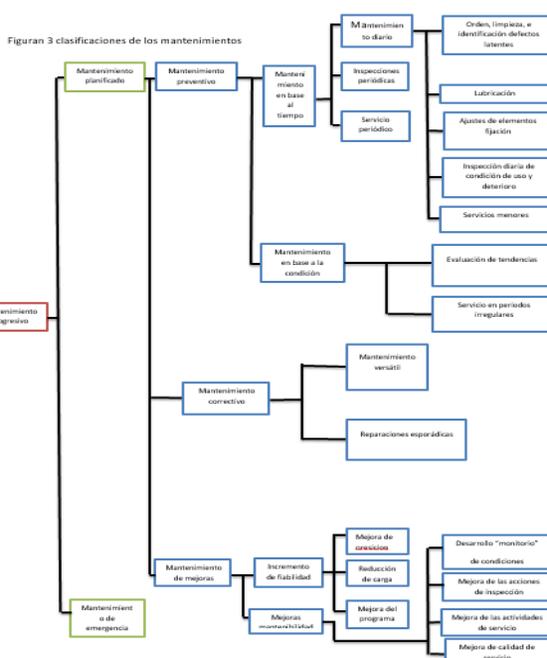


Figura 3 Clasificación de los métodos de mantenimiento

Pilar 4 Mantenimiento de Calidad

Tiene como propósito establecer las condiciones del equipo en un punto donde el "cero defectos" es factible. Las acciones del MC buscan verificar y medir las condiciones "cero defectos" regularmente con el objeto de facilitar la operación de los equipos en la situación donde no se generen defectos de calidad. Mantenimiento de calidad no es...

- Aplicar técnicas de control de calidad a las tareas de mantenimiento.
- Aplicar un sistema ISO a la función de mantenimiento.
- Utilizar técnicas de control estadístico de calidad al mantenimiento.
- Aplicar acciones de mejora continua a la función de mantenimiento.

Mantenimiento de Calidad es...

- Realizar acciones de mantenimiento orientadas al cuidado del equipo para que este no genere defectos de calidad.
- Prevenir defectos de calidad certificando que la maquinaria cumple las condiciones para "cero defectos" y que estas se encuentran dentro de los estándares técnicos.
- Observa las variaciones de las características de los equipos para prevenir defectos y tomar acciones adelantándose a la situación de anomalía potencial.

- Realizar estudios de ingeniería del equipo para identificar los elementos del equipo que tienen una alta incidencia en las características de calidad del producto final, realizar el control de estos elementos de la máquina e intervenir estos elementos.
- Etapas del pilar MC

El JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance), ha establecido nueve etapas para el desarrollo del MC. Estas se deben auditar y siguen las estrategias de prueba piloto, equipo modelo y transferencia del conocimiento utilizados en otros pilares TPM.

- Etapa 1: Identificación de la situación actual del equipo.
- Etapa 2: Investigación de la forma como se generan los defectos.
- Etapa 3: Identificación y análisis de las condiciones 3M (Materiales, Máquina y Mano de obra).
- Etapa 4: Estudiar las acciones correctivas para eliminar "fugas".
- Etapa 5: Analizar las condiciones del equipo para productos sin defectos y comparar los resultados.
- Etapa 6: Realizar acciones Kaizen o de mejora de las condiciones 3M de Toyota.
- Etapa 7: Definir las condiciones y estándares de las 3M.
- Etapa 8: Reforzar el método de inspección.
- Etapa 9: Valorar los estándares utilizados.

Gestión TPM

Concepto de productividad total efectiva de los equipos (PTEE)

La PTEE es una medida de la productividad real de los equipos. Esta medida se obtiene multiplicando los siguientes índices:
 $PTEE = AE \times EGE$

AE-Aprovechamiento del equipo. Se trata de una medida que indica la cantidad del tiempo calendario utilizado por los equipos. El AE está más relacionado con decisiones directivas sobre uso del tiempo calendario disponible que con el funcionamiento en sí del equipo.

Esta medida es sensible al tiempo que habría podido funcionar el equipo, pero por diversos motivos los equipos no se programaron para producir el 100 % del tiempo. Otro factor que afecta el aprovechamiento del equipo es el tiempo utilizado para realizar acciones planificadas de mantenimiento preventivo. El AE se puede interpretar como un porcentaje del tiempo calendario que ha utilizado un equipo para producir.

EGE-Efectividad Global del Equipo.

Esta medida evalúa el rendimiento del equipo mientras está en funcionamiento. La EGE está fuertemente relacionada con el estado de conservación y productividad del equipo mientras está funcionando.

Una de las claves para la puesta en marcha del TPM en forma exitosa es que la dirección comunique el motivo del cambio estratégico que se inicia en los centros productivos con tanta claridad y en una forma que logre el interés en un principio y un compromiso total en todos los niveles para llevar a cabo esta estrategia. Se debe crear el suficiente entusiasmo para lograr que la puesta en práctica del TPM sea una verdadera cruzada contra todo lo que sea despilfarro en la organización. Sin embargo, no existe o es imposible contar con un menú de trayectorias para implantar con éxito la estrategia TPM en compañías occidentales. Los pasos sugeridos por el JIPM deben ser tomados como pautas concretas para abordar el trabajo. La implantación del TPM en empresas con carácter latino es la menos estudiada; la mejor evidencia de lo que se debe hacer o no se debe hacer proviene de las experiencias reportadas y de las lecciones aprendidas por los directivos y de las compañías, a continuación se presenta un resumen para el inicio de una estrategia como TPM.

Diseñar una organización con los componentes, capacidades y recursos para llevar a cabo la estrategia. El equipo directivo de un centro productivo forma el comité TPM. Cada directivo o pequeños grupos de directivos constituyen el equipo líder de cada pilar TPM. El objetivo consiste en involucrar a todos los directivos en la dirección de las acciones TPM. La coordinación de estos equipos la realiza la dirección superior del centro productivo.

El segundo elemento organizativo es la coordinación. No es aconsejable asignar el proyecto a una sola persona de la empresa, especialmente con la interpretación de "responsable". Esta figura de un diseño organizativo deficiente puede conducir a dificultades en la realización de la estrategia TPM. Una tercera figura organizativa son los equipos de trabajo a nivel operativo. Estos equipos son los responsables de ejecutar numerosas acciones TPM.

Asignar presupuestos para el desarrollo de la estrategia TPM. Implantar TPM implica realizar acciones que requieren inversiones. Es posible que la más significativa tiene que ver con la recuperación del deterioro acumulado de los equipos de las instalaciones industriales. Si se pretende mejorar el nivel de productividad de una planta, es necesario mejorar la gestión de los equipos, mejorar el mantenimiento preventivo y esto exige inversiones que se recuperarán posteriormente con los mejores niveles de productividad y utilización de los equipos. Otro factor es la formación técnica de los niveles operativos y la mejora de la capacidad de gestión de los mandos medios y encargados

Conclusión

Los procesos industriales dependen más que nada del buen funcionamiento de los equipos afectados al mismo; ¿quién tiene la responsabilidad de hacer funcionar las máquinas de manera óptima?; En todas las empresas es mantenimiento.

El TPM es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Tiene como propósito en las acciones cotidianas que los equipos operen sin averías y fallos, eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de los equipos y emplear verdaderamente la capacidad industrial instalada.

El modelo original TPM propuesto por el Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) sugiere utilizar pilares específicos para acciones concretas diversas, las cuales se deben implantar en forma gradual y progresiva, asegurando cada paso dado mediante acciones de autocontrol del personal que interviene.

Referencias

- [1] *La editorial Renovetec, a través del IRIM (Instituto Renovete de Ingeniería del Mantenimiento) ha publicado la guía Técnica los recursos humanos en mantenimiento (2014)*
- [2] *Ing. Talavera Jaime Ingeniero Mecánico, Pontificia Universidad Católica del Perú. Postgrado en Operaciones Universidad de Piura, Especialización en Gestión de Mantenimiento y Confiabilidad ASME, Participante del Senior Management Program del IE Business School 2015 España*
- [3] Martínez-delgado. E Cabrera-Gómez, j., y are-castro Diagnostico del servicio de mantenimiento de grupos electrónicos de energía, ingeniería mecánica, 22.2-92-99 B. A. (2019)
- [4] Enciso. P. B.. S. D. Gómez Francisco R. G. M.M Croño, C. G. Y Martin. R. G. E. (2019) Operatividad y mantenimiento. Factores clave durante el diseño del buque ingeniería naval
- [5] *Gestión y planificación del Mantenimiento Industrial Producido, desarrollado, editado y publicado por Integra Markets Escuela de Gestión Empresarial 2da Edición – 2018 ISBN 9781370710768*
- [6] Cárcel Carrasco F. Javier. (2014). *la gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial*. Valencia, España: Omni-science
- [7] Sosa Vásquez. Tomas (2014) *el secreto del mantenimiento industrial*. Editorial palibrio
- [8] Gonzales Vícto Medrano José *Mantenimiento: Técnicas y aplicaciones industriales (Español) Pasta blanda – 8 jun 2017*.
- [9] González García, Raimundo Heber *Mantenimiento Industrial: Organización, Control Y Gestión (Español) Pasta blanda – 1 sep 2016*
- [10] González Fernández Francisco Javier *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado · Confemetal Categoría Ingeniería Año 2015 Idioma Español N° páginas 708*.

[11] Carnero Moya María Del Carmen · Programas de Mantenimiento Predictivo Eae Editorial Academia Española Editorial Eae Editorial Academia Española Categoría Libros de textos Tema Engineering (general) Año 2012 Idioma Español N° páginas 420

[12] Vilardell Eugenio Nieto Mantenimiento Industrial Práctico (Tinta Negra) (Español) Pasta blanda – 18 oct 2013

[13] García Garrido Santiago Ingeniería de Mantenimiento Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento © Santiago García Garrido 2009-2012 Todos los derechos reservados

[14] Sánchez Gómez Ana maría técnicas de mantenimiento predictivo, metodología de la aplicación en las organizaciones 2017

[15] Olarte C., Botero William; A., Cañón Marcela; Z., BENHUR A. análisis de vibraciones una herramienta clave en el mantenimiento predictivo Scientia Et Technica, vol. XVI, núm. 45, agosto, 2010, pp. 219-222 Universidad Tecnológica de Pereira Pereira, Colombia

Implementación de las etapas Definir y Medir de la metodología DMAMC en una línea de producción

Implementation of the stages Define and Measure the DMAIC methodology in a production line

GARCÍA-ÁVILA, Héctor José†, CAMPOS-GARCÍA, Josefina*, CERVANTES-TRUJANO, Margarita y ROMERO OCAMPO, María Lucía

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ensenada

ID 1^{er} Autor: *Héctor José García-Ávila* / ORC ID: 0000-0003-1212-8194, CVU CONACYT ID: 1000296

ID 1^{er} Autor: *Josefina, Campos-García* / ORC ID: 0000-0001-6345-2125, CVU CONACYT ID: 277648

ID 1^{er} Coautor: *Margarita, Cervantes-Trujano* / ORC ID: 0000-0002-8857-9023, CVU CONACYT ID: 121516

ID 1^{er} Coautor: *María Lucía, Romero Ocampo* / ORC ID: 0000-0001-5302-6210, CVU CONACYT ID: 741919

DOI: 10.35429/JIE.2019.8.3.14.20

Recibido 05 de Abril, 2019, Aceptado, 11 de Junio, 2019

Resumen

El presente estudio se realizó en una empresa de fabricación de envases de metal ubicada en Ensenada, Baja California. Se aplicó la metodología DMAMC en las etapas de "Definir y Medir" para el análisis y poder proponer estrategias que permitan incrementar la eficiencia, mantener los controles en la cadena cliente - proveedor, cumplir con los requerimientos del cliente y cubrir los requisitos de uso, oportunidad, costo acordado y duración. Se seleccionó la línea de producción del producto más vendido y se determinaron las características críticas del proceso global con proveedores clave, entradas, salidas y usuarios. El producto que se seleccionó representa el 60% de las ventas de la empresa y tiene un elevado porcentaje de rechazo, que equivale a pérdidas mensuales de \$12,500,000.00 dólares. Con este estudio, se identificó, de forma puntual, los factores que afectan el desempeño de los procesos y se proponen las soluciones que puedan ser implementadas para aumentar la productividad, la calidad y mejorar la satisfacción del cliente.

DMAMC, Proceso, Producto

Abstract

The present study was carried out in a metal packaging manufacturing company located in Ensenada Baja California. The DMAMC methodology was applied in the "Define and Measure" stages for the analysis and to be able to propose strategies that allow to increase the efficiency, maintain the controls in the client - supplier chain, meet the client 's requirements and cover the requirements of use, opportunity, agreed cost and duration. The production line of the most sold product was selected and the critical characteristics of the global process were determined with key suppliers, inputs, outputs and users. The product that was selected represents 60% of the company's sales and has a high rejection percentage, which is equivalent to monthly losses of \$ 12,500,000.00 dollars. With this study, we identified, in a timely manner, the factors that affect the performance of the processes and proposed solutions that can be implemented to increase productivity, quality and improve customer satisfaction.

DMAIC, Process, Product

Citación: GARCÍA-ÁVILA, Héctor José, CAMPOS-GARCÍA, Josefina, CERVANTES-TRUJANO, Margarita y ROMERO OCAMPO, María Lucía. Implementación de las etapas Definir y Medir de la metodología DMAMC en una línea de producción. Revista de Ingeniería Industrial. 2019 3-8: 14-20

* Correspondencia del Autor (correo electrónico: josefinadelapaz@ite.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La industria de fabricación de envases de metal para el envasado de alimentos incrementó su crecimiento en el mundo (Redacción Énfasis Packaging, 2016) y en México esta se distribuye en los estados de Baja California, Morelos y Guanajuato entre otros estados. Dado que una gran parte de sus productos son empleados en la industria alimenticia, los controles establecidos en la cadena cliente-proveedor deben garantizar que los envases son seguros para conservar los alimentos los cuales no deben ser “contaminados, deteriorados o alterados” (Garcinuño, 2013), el aseguramiento de la calidad de los productos dependen en gran medida del seguimiento puntual y mantenimiento de los controles establecidos.

En este sentido, se debe asegurar que el recubrimiento interior de barniz proteja los alimentos del metal del envase y de las tapas inferior y superior, por lo que es imprescindible que el barnizado sea completamente uniforme y cubra el 100% de las superficies del envase que entran en contacto con los alimentos. Por ello es importante asegurarse que el barnizado de las latas sea de grado alimenticio, y que se cumpla con la especificación requerida durante el proceso de curado. Los alimentos envasados no deben de estar contaminados por agentes extraños, por lo que es vital que durante el proceso se trabaje con estrictos estándares de calidad.

Por lo tanto, cualquier falla que ocurra durante el proceso afectaría las propiedades de los alimentos, provocando que sean rechazados.

El presente estudio se realizó para analizar el bajo desempeño de la Línea 1 de fabricación del envase de 603 x 410 mm en una empresa ubicada en la ciudad de Ensenada, Baja California en la que se reporta una eficiencia promedio del 50%. La hipótesis central de esta investigación se basa en la aplicación de las etapas de “Definir y Medir” de la Metodología DMAMC en la “Línea 1”, que permitirán conocer el proceso, definir las características críticas de calidad y detectar aquellos procesos que afectan la productividad, todo esto mediante la aplicación de las herramientas Gemba, Mapeo de Proceso, SIPOC y Diagrama de Ishikawa.

Este estudio no comprende las etapas de “Análisis, Mejora y Control”, mismas que serán implementadas en una segunda etapa de la investigación.

En el desarrollo de la investigación se definieron de forma preliminar las características críticas de calidad (CTQ) de los envases como: a) la altura b) diámetro de la lata, c) la capa de barniz interior, d) la capa de barniz exterior, e) el curado del barniz, f) la altura de la pestaña, g) la profundidad del cordón, h) el gancho de cierre de la tapa del fondo, i) la cantidad de aire aplicado para verificar la ausencia de fugas que debe ser de 30 lb.

Las características críticas de calidad en el área de empaque son: a) el paletizado (libre de elementos físicos, químicos o biológicos) y b) el embalaje (la envoltura debe estar sellada completamente).

La aportación de la metodología DMAMC en esta investigación fue dado gracias a su enfoque y herramientas, ya que su aplicación permitió detectar los factores que afectaron el desempeño de los procesos.

Los resultados obtenidos permiten establecer las bases para que en una segunda investigación se apliquen las etapas de Analizar, Mejorar y Controlar. Lo anterior hará posible encontrar soluciones óptimas para mejorar la productividad de la línea 1, mejorar la calidad y, por tanto, aumentar la satisfacción del cliente. DMAMC es una metodología aplicable al mejoramiento de los procesos de cualquier empresa.

En la segunda sección de esta investigación se describe el método DMAMC, se desarrollan las etapas de Definir y Medir y las herramientas empleadas para analizar la información recabada del proceso. La tercera sección corresponde a la metodología empleada, se hace énfasis en los procesos involucrados en la fabricación de los envases, los datos recabados y las características críticas de calidad. La cuarta sección corresponde a los resultados, en ella se especifica el cumplimiento de la hipótesis central de investigación al definirse los procesos y las CTQ que afectaron mayormente la eficiencia de la línea y, se hace referencia a los resultados obtenidos con las herramientas aplicadas. En la quinta sección se presentan las conclusiones del estudio.

Descripción del método

En Seis Sigma se define un proceso como “una combinación de actividades que toman una o más entradas de factores de producción o servicio y crean una salida con valor para el cliente” (Socconini, 2016). Para Pyzdek (2010), “un proceso consiste en tareas repetibles, realizadas en un orden específico”, bajo esta perspectiva todo lo que se hace representa un proceso.

Seis sigma es un método de gestión de calidad combinado con herramientas estadísticas cuyo propósito es mejorar el nivel de desempeño de los procesos mediante decisiones acertadas y comprender las necesidades de los clientes (Herrera, 2013), por ello, Pérez (2014) lo considera como un método de referencia para satisfacer las necesidades de los clientes. “Al lograr tener un proceso con fallos mínimos se obtiene un grado de perfección en los procesos” (Flores, 2018).

Las siglas de DMAMC significan: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, la cual es la principal herramienta de Seis Sigma; éste método es utilizado para dar solución a los problemas dado que se enfoca en la mejora de los procesos “reduciendo la cantidad de errores y defectos en el producto final” (Vilela, 2018). A continuación, se definen las dos etapas a realizarse en la presente investigación:

Definir

Es la primera etapa de la metodología DMAMC, esta fase se enfoca en delimitar el proyecto, aquí se debe determinar el por qué del proyecto, su alcance, y se deben visualizar los beneficios potenciales a alcanzar, así como definir las métricas con las que se medirá el éxito, y los involucrados en el mismo (Gutiérrez, 2013).

Los criterios para la selección y definición de proyectos se consideran entre otros “la mejora de la capacidad de los procesos y la reducción de defectos o desperdicios en las etapas más críticas del proceso” (Gutiérrez, 2013).

Considerando lo anterior, la búsqueda de la mejora de los procesos y la reducción de los desperdicios debe obedecer a los requerimientos del cliente en cuanto “a tiempo de entrega, precio y calidad” (Socconini, 2016).

Para el logro de lo anterior, se pueden utilizar herramientas como SIPOC, Gemba, (Bersbach, 2009) y Diagrama de Ishikawa.

En palabras de Socconini (2016), el diagrama SIPOC nos muestra gráficamente las etapas del proceso, desde Proveedores hasta Clientes, como se muestra en la Figura 1.

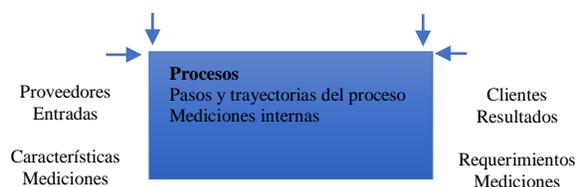


Figura 1 Diagrama SIPOC representa el proceso general

Los factores que influyen en la variabilidad del proceso de fabricación de los envases metálicos en la cadena cliente-proveedor interna son materiales, maquinaria, método y mediciones. Los datos recabados al final del proceso pueden ser utilizados para retroalimentarlo.

Gemba, término japonés que significa “lugar real”, se refiere a “el lugar donde se forman los productos y servicios” (Suárez, 2007).

Mientras que el diagrama de Ishikawa, como herramienta básica de control y mejora de la calidad (García, 2018) nos permite “identificar la causa raíz del problema” (Accelper Consulting, 2015).

Medir

En esta etapa de la metodología se obtienen mediciones inherentes a la materia prima, proceso, productos terminados y la satisfacción de los clientes, por ello dentro de la organización se “debe planificar e implementar procedimientos de seguimiento con el propósito de validar la información” (Herrera, 2011).

Bersbach (2009), indica que la recolección de datos se debe realizar directamente donde se lleva a cabo el proceso, con la finalidad de recopilar hechos y datos descartando así opiniones. Otro aspecto importante de esta fase es el establecimiento de los objetivos que se deben incluir y que a continuación se enlistan:

Describir el proceso con detalle para completar los puntos clave de decisión y la funcionalidad detallada del proceso.

Definir métricas para verificar el desempeño del proceso y estimar la línea base

Obtener datos del proceso para procesarlos en la base de análisis.

Evaluar el sistema de medición para cuantificar los errores asociados con la métrica (Socconini, 2016).

Metodología

Etapas de definir el problema

En la línea 1 de la planta fabricante de envases para empacar alimentos, se seleccionó el producto con mayor venta, el cual representó el 60% de las mismas. Se reporta en el año 2017 la producción de piezas con la calidad requerida fue del 39% del tiempo productivo, lo que representó una pérdida mensual de \$12,500,000.00 dólares para la empresa.

El envase tiene dimensiones de 410 milímetros de altura por 603 milímetros de diámetro; los métricos considerados son la eficiencia de la línea 1, un indicador basado en la calidad del producto que es la tasa mensual de calidad y que se calcula a partir del porcentaje producido sin defecto. La eficiencia de la línea se define por la ecuación (1):

$$Eficiencia = \frac{Cantidad\ de\ piezas}{Tiempo\ empleado} \quad (1)$$

La tasa de calidad mensual se define por la ecuación (2):

$$Tasa\ de\ calidad\ mensual = \frac{Total\ de\ piezas\ buenas}{Total\ de\ piezas\ producidas} \quad (2)$$

Etapas de medir el proceso

Para Gómez (2012), para medir el desempeño del proceso se deben considerar las características críticas de calidad que establezcan cuantitativamente los defectos. Por ello se realizó un análisis del desempeño en tiempo real (Gemba) y se analizó la información obtenida de 2017, lo que permitió identificar las causas tanto de rechazo como de tiempo improductivo que impactaron en la eficiencia de la línea 1 y en el indicador de calidad.

Para el registro de la información se consideraron datos como: el número de orden, el código del producto y su descripción, las unidades por hora esperadas (que en este caso fue de 900 piezas por hora), el turno y la fecha, la hora de inicio y la hora final, el tiempo total de producción, los tiempos de paro y la clave de paro, la cantidad producida con la calidad requerida, la cantidad defectuosa y su código de rechazo.

De la herramienta DMAMC, solo se aplicaron las dos primeras etapas, que son las de Definir y Medir para identificar los aspectos y variables que influyen en el desempeño de la línea 1 de la fabricación de envases.

Para la etapa de Definir se utilizaron las herramientas GEMBA, SIPOC, y el Diagrama de Ishikawa y para Medir el Mapeo del Proceso.

Resultados

Para el año 2017, se determinó en la línea 1 una eficiencia promedio del 50% (tabla 1 y gráfica 1). Alcanzando la máxima eficiencia en el mes de mayo (57.21%) y la mínima en el mes de junio (41.34%).

Mes	% Eficiencia	Mes	% Eficiencia
Enero	46.48	Julio	47.85
Febrero	53.03	Agosto	50.12
Marzo	47.95	Septiembre	53.03
Abril	53.42	Octubre	47.01
Mayo	57.21	Noviembre	55.00
Junio	41.34	Diciembre	53.81
% promedio de eficiencia 50.52			

Tabla 1 Eficiencia de producción 2017 en la línea 1



Gráfica 1 Variación en la eficiencia de producción anual (2017) en la línea 1

En esta etapa del proyecto, se identificaron los procesos, las operaciones y las características críticas del producto (CQT) como se muestra en la Tabla 2.

Proceso	Operación	CQT
Cortar cuerpo	Cortar lámina en tiras.	Altura: 410 mm Ancho: 603 mm
Formar cuerpo	Crear cilindro en máquina.	Diámetro: 603mm
Barnizado	Aplicar barniz para evitar corrosión.	Cobertura 100% las caras del envase.
Curado	Curar barniz en horno.	Curado en superficie al 100%.
Pestañado	Crear pequeño doble en la orilla.	Altura de pestaña, 0.10 mm
Acordonado	Mejorar la resistencia del envase con tres deformaciones.	Profundidad del cordón: 0.47 mm
Engargolado	Colocar tapa en fondo del envase.	Gancho de cierre: 0.30 mm
Probadora	Detectar fugas con aire a presión.	30 lb. De aire a presión.
Paletizado	Paletizado automático	Revisión visual por material extraño (físico, químico o biológico).
Embalado	Aplicar película plástica a toda la tarima	Envoltura total sin orificios externos.

Tabla 2 Proceso de fabricación de envase metálico y CTQ

Las causas de rechazo por las cuales se produce una eficiencia promedio del 50% fueron en cuerpo: 1) descuadrado, 2) con rebaba, 3) rallado, 4) oxidado y 5) fuera de dimensiones; en pestaña: 1) reventada, 2) abierta, 3) golpeada; envase deforme: 1) costuras sin soldar/abierta, 2) oxidación interior, 3) forma ovalada, 4) golpe leve exterior, 5) costura sin soldar; barniz: 1) crudo, 2) quemado; polvo: 1) mal aplicado, 2) quemado, 3) crudo; y pruebas de calidad.

Diagrama de Ishikawa

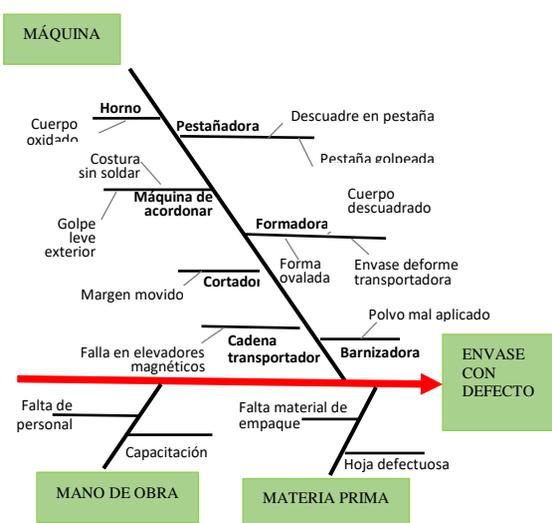


Figura 2 Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa (Figura 2) se realizó con el propósito de identificar la causa raíz del bajo desempeño de la Línea 1. Se identificaron los procesos y las características críticas de calidad que generan en mayor cantidad envases defectuosos.

SIPOC

El SIPOC (Tabla 3), muestra el proceso con proveedores, materias primas, procesos, salidas y clientes.

Prov.		Almacén materia prima	Área de corte	Área formado Almacén de Materia prima	Área de barniz	Área de barniz
Entrada	Material	Rollo de acero o aluminio	Tiras de lámina	Barniz	Envase con barniz	Envase c/barniz curado
	Medición	Altura del envase: 410 mm	Diámetro de cilindro	Aplicar de polvo	Temperatura de curado	Altura pestaña
	Método	Corte	Formado por rolado	Barniz electro-estático	Horneado	Plegado
Máquina	Máquina de corte	Máquina formado	Brazo aplicador	Horno	Pestañador a	
Proceso		1 corte de cuerpo. Corte lámina en tiras.	2 formado del envase cilíndrico	3 barniz FDA interior-exterior	4 curado Curar barniz	5 pestañado Hacer dobles
Salidas		Plantillas	Cilindro	Cilindro con barniz interior y exterior	Envase curado con costura para uso alimenticio	Envase con poner tapa en fondo
Clientes		Formado de cuerpo	Barniz	Curado	Pestañado	Acordonado
Prov.		Área de pestañado	Área de acordonar	Área de engargolar	Área de probadora	Envase en pallet
Entrada	Material	Envase con dobles en orilla	Envase c/cordón	Envase engargolado	Envase sin fugas de aire	Envase terminado
	Medición	Profundidad del cordón	Gancho de cuerpo	Presión de aire Libras	Cantidad de envases	N/A
	Método	Acordonar	Engargolar	Aplicar aire a presión	Empacado	Emplayar
Máquina	Máquina acordonado	Máquina cerradora	probadora de fugas	Paletizador a Edgon	Máquina emplaye M. R	
Proceso		6 acordona p/mejorar su resistencia	7 engargola tapa en fondo d/envase	8 probador aire a presión, p/fugas	9 paletizado De acuerdo a especificación	10 embalar Emplaye p/evitar polvo y humedad
Salidas		Envase con cordón	Envase con fondo	Envase sin fuga	Envase empacado	Producto terminado
Clientes		Engargola	Área de probado	Área de empaque	Área de emplayado	Área de producto terminado

Tabla 3 Detalle del proceso de acuerdo al análisis SIPOC.

Considerando la máquina, la mano de obra y la materia prima, se destaca que el mayor impacto se observa en el proceso de las máquinas con 11 aspectos que se deben considerar; por otro lado, en la mano de obra, se registraron dos aspectos que son la falta de personal y la capacitación; en cuanto a la materia prima, destacan hojas defectuosas y la falta de material de empaque.

Mapeo del Proceso

En el mapeo del proceso (Figura 2), se indican las etapas de fabricación y las características críticas de calidad que tuvieron la mayor cantidad de rechazo, así mimos se indican todos los materiales, así como los insumos y la subcontratación del proceso de análisis microbiológicos necesario para el aseguramiento de la calidad del producto.

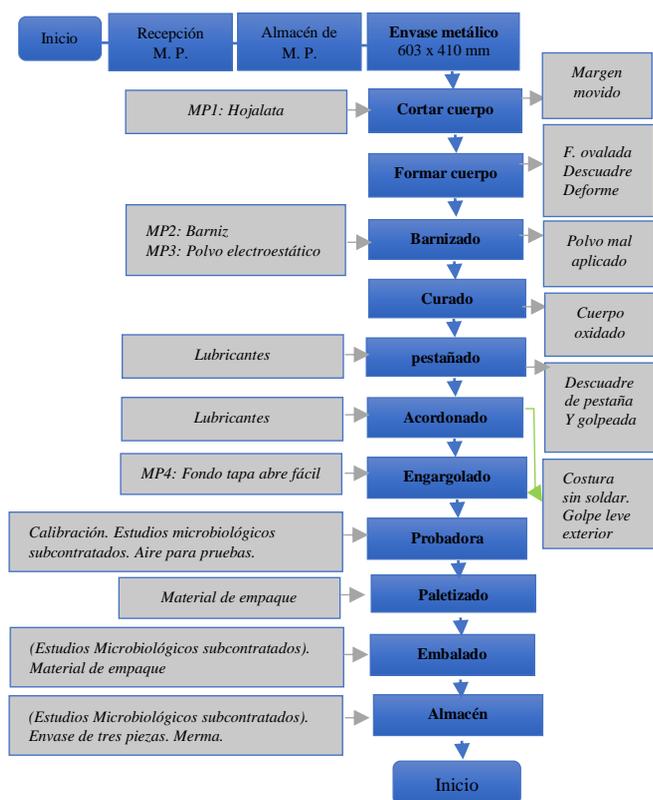


Figura 3 Mapeo del proceso de la lineal con producto defectuoso

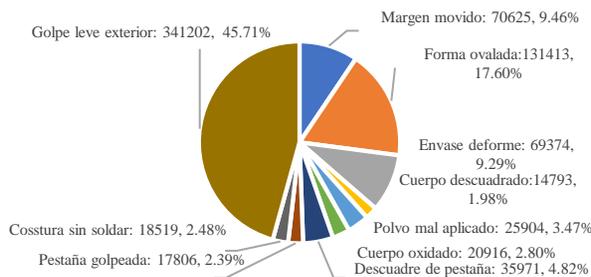
Se identificaron seis procesos con mayor margen de rechazos y CTQ (Tabla 4 y Gráfica 2), en donde el golpe leve en el exterior (46%), la forma ovalada (18%) y el margen movido (9%) representan los CTQ con mayor impacto en el rechazo.

Proceso	CTQ	Rechazos Feb-abril 2017
Cortar cuerpo	Margen movido	70,625
Formado de cuerpo	Forma ovalada	131,413
	Envase deforme	69,374
	Cuerpo descuadrado	14,793
Barnizado	Polvo mal aplicado	25,904
Curado	Cuerpo oxidado	20,916
Pestañado	Descuadre de pestaña	35,971
	Pestaña golpeada	17,806
Acordonado	Costura sin soldar	18,519
	Golpe leve en el exterior	341,202

Tabla 4 Proceso y CTQ de mayor rechazo

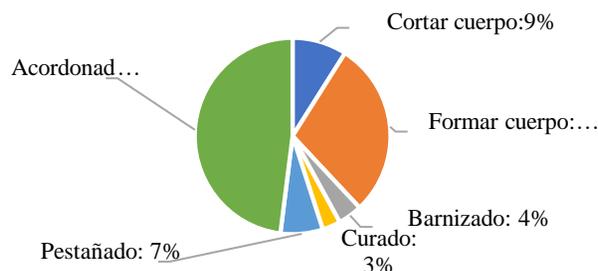
La Gráfica 2 muestra los rechazos por proceso y por características críticas de calidad en cantidad y porcentaje del mismo periodo, como se muestra, el rechazo por golpe leve en el exterior asciende a 341,202 equivalente al 46%.

Piezas rechazadas por CTQ's de febrero-abril 2017



Gráfica 2 Porcentajes de CTQ de rechazo en la línea 1

El porcentaje acumulado de rechazo corresponde al proceso de acordonado (48%), seguido del proceso de la forma del cuerpo (29%).



Gráfica 3 Porcentaje de rechazo por proceso.

Conclusiones

Para el año 2017, se determinó en la línea 1 de producción de envases una eficiencia promedio del 50%.

Se identificaron 8 características críticas de calidad del producto en las etapas del proceso de ensamble y se identificaron las causas de rechazos y de tiempo improductivo. De los procesos y las características críticas de calidad que generan en mayor cantidad envases defectuosos, destaca la máquina, la mano de obra y la materia prima.

El mayor impacto se observa en el proceso de las máquinas con 11 aspectos observados; seguida de la mano de obra con dos aspectos que son la falta de personal y la capacitación; así como la materia prima, con hojas defectuosas y la falta de material de empaque.

El porcentaje acumulado de mayor rechazo fue para el proceso de acordonado con el 48%.

Con lo anterior se concluye que se cumple con la hipótesis planteada en la introducción.

Con los resultados obtenidos, se llevará a cabo una investigación posterior, en donde se aplicarán las etapas de analizar, mejorar y controlar.

Referencias

- Bersbach, P. (08 de 10 de 2009). Bersbach Consulting from Process to Profit. Obtenido de <http://www.sixsigmatrainingsonsulting.com/uncategorized/the-roadmap-to-a-successful-six-sigmas-project/>
- Flores, M. S. (Octubre de 2018). Aplicación de Seis Sigma para reducir la merma de cinta de sellado en una empresa de productos lácteos. Revista Ciencia Administrativa 2018. Congreso CIFCA, 4(Número especial), 35-45.
- García, J. G. (Octubre de 2018). Control y Optimización de Procesos de Manufactura. Revista Administrativa 2018. Congreso CIFCA, 4(Número especial), 112-126.
- Garcinuño, R. (2013). Contaminación de los alimentos durante los procesos de origen y almacenamiento. Revista del Centro asociado a la UNED de Melilla. Dialnet(36), 51-64.
- Gómez, R. B. (11 de 06 de 2012). Seis sigma: un enfoque teórico y aplicado en el ámbito empresarial basándose en información científica. Biblioteca Digital Lasallista, 223-241.
- Gutiérrez, H. D. (2013). Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma . Mc Graw Hill Education.
- Herrera, R. F. (s.f.). Seis Sigma Métodos Estadísticos y sus aplicaciones. 2011: Edición electrónica gratuita.
- Pérez, E. G. (29 de 01 de 2014). Implementación de la Metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal,. Tecnología en Marcha, 27(3), 88-106.
- Pyzdek, T. K. (2010). The Six Sigma Handbook. Mc Graw Hill.
- Redacción Énfasis Packaging. (10 de 06 de 2016). Packaging.enfasis.com. Obtenido de <http://www.packaging.enfasis.com/articulos/75177-panorama-los-envases-metalicos>
- Socconini, L. (2016). Certificación Six Sigma Green Belt para la excelencia en los negocios. . Alfaomega.
- Suárez, M. (2007). El Kaizen, la filosofía de Mejora Continua e Innovación de la Administración Total de la Calidad en Manufactura y Servicios. Panorama.
- Tennant, G. (2002). Six Sigma Control Estadístico y Administración Total de la Calidad en Manufactura y Servicios. Panorama.
- Vilela, E. (2018). Implementación de la Metodología DMAIC para mejorar la productividad de productos de Embalaje en la Empresa Sivein A. C. Lima. Lima Perú

Reducción de tiempos de espera en el cambio de modelo mediante la aplicación de la herramienta SMED, un caso de estudio

Reduction of waiting times at the change of model through the application of SMED tool, a case study

MARTINEZ-HERNANDEZ, Julio Cesar†*, CRUZ-SOLIS, Edgar Jesús, GARRIDO-ROSADO, Rafael y SANTIAGO-ESCUADERO, Anselmo

Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango / Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla

ID 1er Autor: *Julio Cesar, Martínez-Hernández* / ORC ID: 0000-0001-9528-156X, Researcher ID Thomson: I-3507-2018 arXiv Author ID: 0000-0001-9528-156X, CVU CONACYT ID: 904537

ID 1er Coautor: *Edgar Jesús, Cruz-Solis* / ORC ID: 0000-0003-4083-0888, Researcher ID Thomson: I-4334-2018, arXiv Author ID: 0000-0003-4083-0888, CVU CONACYT ID: 904718

ID 2do Coautor: *Rafael, Garrido-Rosado* / ORC ID: 0000-0002-7703-5450, Researcher ID Thomson: D-4420-2019, arXiv Author ID: 0000-0002-7703-5450, CVU CONACYT ID: 639139

ID 3er Coautor: *Anselmo, Santiago-Escudero* / ORC ID: 0000-0003-3409-3826, Researcher ID Thomson: F-5198-2019 arXiv Author ID: 0000-0003-3409-3826, CVU CONACYT ID: 971224

DOI: 10.35429/JIE.2019.8.3.21.29

Recibido 24 de Abril, 2019, Aceptado, 19 de Junio, 2019

Resumen

En gestión de la producción, SMED (acrónimo de Single-Minute Exchange of Die) derivada de la metodología Lean Manufacturing, se puede interpretar como una filosofía de trabajo nacida en Toyota, su aplicación está basada en la eliminación del desperdicio de forma sostenible en el tiempo, permitiendo mejorar la productividad. Esta investigación presenta la aplicación de la metodología SMED en una empresa especializada en la producción de embalaje del tipo Honeycomb, donde la problemática principal se ubicaba en la línea de CHS, esta produce el componente principal del producto, sin embargo, el tiempo de demora es de hasta 71 minutos por cambio de modelo, ajuste de la máquina y posteriormente el arranque, reflejándose en 1500 libras de producto retrasado, viéndose afectado en los tiempos de respuesta al cliente, generándose horas extraordinarias e incumpliendo con las metas de producción diarias. El objetivo de esta investigación es reducir el tiempo de preparación y montaje de los herramientas de acuerdo con los cambios de modelo solicitados, a través de la aplicación del SMED se obtendrá un sistema de producción flexible que pueda responder a los constantes cambios en el mercado, reducción de tiempos de entrega y aumento en la capacidad de producción.

Producción, Sistema, Reducción

Abstract

In the management of the production, SMED (acronym of Single-Minute Exchange of Die) derived from the Lean Manufacturing methodology can be interpreted as a philosophy of work born in Toyota, its application is based on the elimination of waste in a sustainable way over time, allowing improve the productivity. This research presents the application of the SMED methodology in a company specialized in the production of honeycomb type packaging, where the main problem is in the line of CHS, this produces the main component of the product, however, the delay time is up to 71 minutes per model change, adjustment of the machine and then the start, reflecting in 1500 pounds of delayed product, being affected in customer response times, generating overtime and not meeting the daily production goals. The objective of this research is to reduce the time of preparation and assembly of the tooling according to the requested changes, through the application of SMED a flexible production system will be obtained that allows responding to the constant changes in the market, reduction of delivery times and increase in production capacity.

Production, System, Reduction

Citación: MARTINEZ-HERNANDEZ, Julio Cesar, CRUZ-SOLIS, Edgar Jesús, GARRIDO-ROSADO, Rafael y SANTIAGO-ESCUADERO, Anselmo. Reducción de tiempos de espera en el cambio de modelo mediante la aplicación de la herramienta SMED, un caso de estudio. Revista de Ingeniería Industrial. 2019 3-8: 21-29

* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: jc.martinez@huauchinango.tecnm.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La manufactura esbelta reúne diversos métodos y técnicas que son desarrollados a lo largo del sistema de producción de la empresa, enfocándose en la reducción o eliminación de desperdicios.

Existen distintas definiciones de desperdicio de acuerdo con cada autor o enfoque que se le dé a la palabra, según la Real Academia Española (2018) define al desperdicio como: “residuo de lo que no se puede o no es fácil de aprovechar o se deja de utilizar por descuido”.

Hablar de desperdicio en producción es referirse a todas las actividades que no agregan valor al producto o servicio que se le brinda al cliente. Socconini (2008) menciona que en muchos de los casos sólo del 5% al 10% de todas las actividades desarrolladas en las empresas agregan valor y lo restante es desperdicio.

En la actualidad las empresas deben de tomar conciencia de los desperdicios generados dentro de sus procesos de producción, especialmente el tiempo perdido, a fin de reducirlo al máximo y ser más productivos.

El impacto de los desperdicios es la razón principal de una baja competitividad de las empresas ante el mercado, debido a que no se trabaja bajo un enfoque esbelto, ocasionando el incumplimiento de los requisitos de sus clientes.

Roqueme y Suarez (2015) señalan que para reducir al máximo los desperdicios, muchas empresas en la actualidad optan por las herramientas del principio Lean Manufacturing que suponen un enfoque de mejora continua para alcanzar una mayor productividad y éxito empresarial.

La preparación rápida es una innovación aportada por los japoneses en la organización científica del trabajo. Efectivamente, el sistema SMED, según su creador Shigeo Shingo, tiene sus orígenes en ciertos trabajos que le fueron encargados, en 1950, en la fábrica Toyo Kogyo de Mazda. Sin embargo, se desarrolló completamente alrededor de los años setenta del siglo pasado cuando realizaba trabajos para Toyota y ésta adoptó, promovida por los propios operarios, el sistema SMED como uno de los pilares básicos de su modo de fabricación (Rajadell, 2010).

Los tiempos de espera son el desperdicio más común dentro de las empresas, por ejemplo; esperar a que la máquina termine su ciclo de producción o cuando un operario espera a otro para poder empezar o finalizar una actividad, así como el tiempo que se necesita para el cambio de un producto o modelo y la preparación de una máquina.

La diversificación de la demanda ha exigido una rápida adaptación de los sistemas de producción, en particular para los sistemas de producción que trabajan bajo pedido en los que se requiere controlar tanto la cantidad de cambios de referencia como desarrollar actividades muy ajustadas para reducir el tiempo de preparación de sus equipos y generar eficiencia lo que redundará en la disminución de los tiempos de entrega, considerado hoy como elemento esencial en la calidad del servicio (Vergara, 2019).

Lo anterior sirve de base para comprender la oportunidad de mejora que se presenta en el caso de estudio realizado en una empresa productora de embalaje de cartón secundario. La empresa cuenta con 5 líneas de producción comenzando con CHS, PANEL, CONVERTION, MABE'S CORNER BOARD Y CORNER BOARD.

La línea de producción CHS es considerada como el motor de la empresa ya que produce el componente principal del producto, la producción es medida en libras, el tiempo de ciclo depende del modelo y espesor que se fabrique. Sin embargo, los paros en esta línea de producción son originados por la preparación de herramientas y cambios de modelo, generando tiempos de espera de por lo menos 60 minutos, tiempo que representa el atraso mayor a 1,500 libras, evidenciando una baja productividad e incumplimientos en las metas de producción diarias.

El objetivo del proyecto es reducir el tiempo de preparación y montaje de los herramientas por cambio de modelo, con la finalidad de incrementar la productividad en la línea CHS en una empresa productora de embalaje tipo Honeycomb. El proyecto contribuye sustancialmente a la aplicación de conocimientos teóricos llevados a la práctica, a través de la adquisición de experiencia para el equipo de trabajo y el impacto beneficio para la empresa.

Metodología

De acuerdo con la clasificación de Gordon Dankhe (1986), las investigaciones se dividen en: exploratorias, descriptivas, correlacionales y explicativas. Los estudios descriptivos por lo general son la base de las investigaciones correlacionales, las cuales a su vez proporcionan información para llevar a cabo estudios explicativos que generan un sentido de entendimiento y son altamente estructurados. (Hernández, 2010).

El proyecto pretende reducir el tiempo de preparación, de modo que se propone realizar un estudio de alcance descriptivo correlacional, el cual nos brinda la posibilidad de describir como el método actual tiene efectos negativos en la productividad de la línea CHS. Para el desarrollo de esta investigación se efectuará un diseño experimental de tipo cuasiexperimental, descriptivo correlacional, ya que se interactúa con la metodología SMED (variable independiente), observando los efectos sobre la productividad (variable dependiente). Por su parte Valderrama (2013), sugiere manipular la variable independiente para ver los efectos que se crean en la variable dependiente.

En la figura 1, se describen las etapas desarrolladas para lograr el objetivo del proyecto, estas fueron el resultado de una extensa revisión bibliográfica combinada con las necesidades de este caso de estudio.

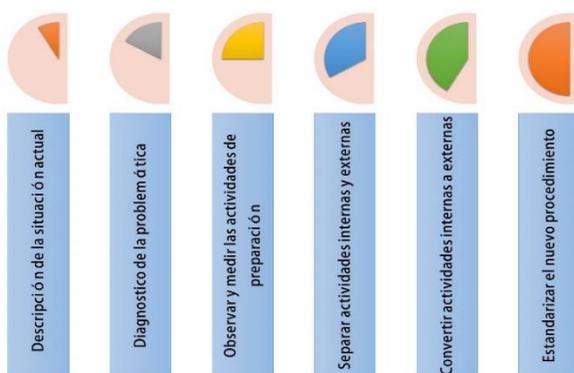


Figura 1 Metodología propuesta
Fuente: *Elaboración Propia*

Descripción de la situación actual

La empresa cuenta con tres turnos con jornadas laborales de 12 horas, con 25 personas interactuando en el proceso, distribuidas en las áreas de producción en su mayoría, almacén y embarques, excluyendo al personal directivo.

Existen 5 líneas de producción, en las cuales se comienza con la elaboración de Core (material de soporte para el producto con forma de nido de abeja) en distintos espesores, éste es utilizado para la fabricación de paneles que pueden ser para venta directa o bien realizarle transformaciones en las siguientes estaciones, obteniendo como resultados separadores, protectores de esquina, etc.

En la figura 2 se muestra la maquina CHS (Core Machine Sections), esta integra la línea principal de producción, es operada por dos personas (líder del área y asistente), requiere de 6 rollos de papel de un peso aproximado de 4,100 libras, no obstante, puede operar con 4.

Los 6 rollos son colocados en porta rollos rotativos, cada papel es desenvuelto y colocado a través de un manifold que le aplica resistol en líneas para después ser empalmado con los demás papeles, éstos se dirigen de manera horizontal a una cuchilla para cortarlos en tiras que caen verticalmente en una mesa pegándose uno con otro convirtiéndose en Core. El tiempo de ciclo depende del espesor que se realice y de los cortes por minutos configurados, siendo el estándar de 550 CPM.



Figura 2 Core Machine Sections

Las actividades que se realizan en la línea CHS son: el estibado del producto, preparación de la máquina y herramienta (cambio de rollo, cambio de modelo), la colocación o configuración de manifolds, el jalado y corte de papel para su alineación, el ajuste del espesor a manufacturar, entre otras.

El tiempo de espera (paro de la línea) va de por lo menos 60 minutos, siendo una actividad crítica dentro de la operación diaria todas las tareas relacionadas con el ajuste por cambio de modelo, preparación de herramientas y arranque de máquina.

El tiempo no aprovechado representa el 24% del total de la jornada laboral, causando grandes retrasos en el programa de producción diario, sin considerar los paros de línea por mantenimiento preventivo y correctivo, esto fomenta un sistema de producción débil e incrementa las operaciones que no agregan valor al producto, sin mencionar el desabasto de materia prima para el proceso de manufactura de las siguientes líneas.

Diagnóstico de la problemática

Para poder determinar los problemas significativos que afectan la productividad de la línea CHS, se emplean herramientas administrativas (lluvia de ideas) y estadísticas (diagrama de Ishikawa y diagrama de Pareto). En la figura 3 se muestra el diagrama de causa-efecto o de Ishikawa, el cual es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan.

La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas (Gutiérrez,2009).

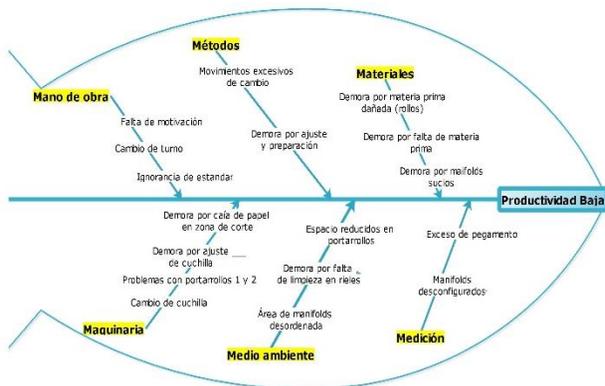


Figura 3 Diagrama de Ishikawa productividad baja

No se pretende resolver todos los problemas de un proceso o atacar todas las causas al mismo tiempo. En este sentido, el diagrama de Pareto es un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis son los datos categóricos y ayudar a localizar los problemas vitales, así como sus causas más importantes (Gutiérrez, 2010). En el gráfico 1, se muestra la incidencia de los problemas considerados y sus frecuencias presentadas durante el periodo de observación de 30 días en la línea CHS.

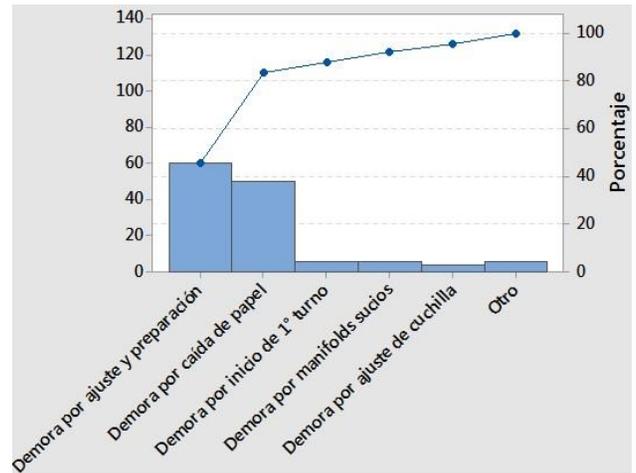


Gráfico 1 Diagrama de Pareto tiempos de espera
Fuente: Elaboración Propia

Se observa en la tabla 1 que los principales problemas de retraso que influyen en la productividad son los tiempos de espera causados por el ajuste, preparación y cambio de modelo con 45.5% de incidencia, seguido de la caída de papel en zona de ajuste con 37.9%.

De acuerdo con los porcentajes presentados se determinó reducir el tiempo por ajuste, preparación y cambio de modelo, con la finalidad de mejorar la productividad en la línea CHS.

Problemas registrados	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Demora por ajustes y preparación	60	45.5	45.5
Demora por caída de papel en zona de corte	50	37.9	83.3
Demora por inicio de 1º turno (Lunes)	6	4.5	87.9
Demora por manifolds sucios	6	4.5	92.4
Demora por ajuste de cuchilla	4	3.0	95.5
Otro	6	4.5	100.0

Tabla 1 Porcentajes de los problemas registrados
Fuente: Elaboración Propia

Observar y medir las actividades de preparación

Realizar una preparación para un nuevo modelo en la Línea CHS requiere de un gran número de actividades ya que es conformada de 193, obteniendo la medición se observaron que aquellas de mayor tiempo en minutos fueron desde el abastecimiento de materia prima, montaje de rollos, jalado de papel hasta el ajuste de turca, como se menciona en la tabla 2 donde se registraron las observaciones críticas.

No	Actividades	Tiempo (min)	No	Actividades	Tiempo (min)
40	Entregar solicitud a almacén	1.353	49	Extraer rollo sobrante	4.743
41	Regresar a máquina CHS	1.332	51	Montar rollo nuevo	1.684
42	Esperar abastecimiento de rollos	18.682	162	Jalar papel	12.395
43	Buscar herramientas	1.523	188	Ajustar tuerca	1.166
45	Retirar núcleos	1.858			

Tabla 2 Medición de tiempos de cambio
Fuente: Elaboración Propia

En la figura 4 se muestran las actividades básicas de preparación y ajuste para cambio de modelo, iniciando con la solicitud de rollos y terminando con el ajuste del modelo a manufacturar.

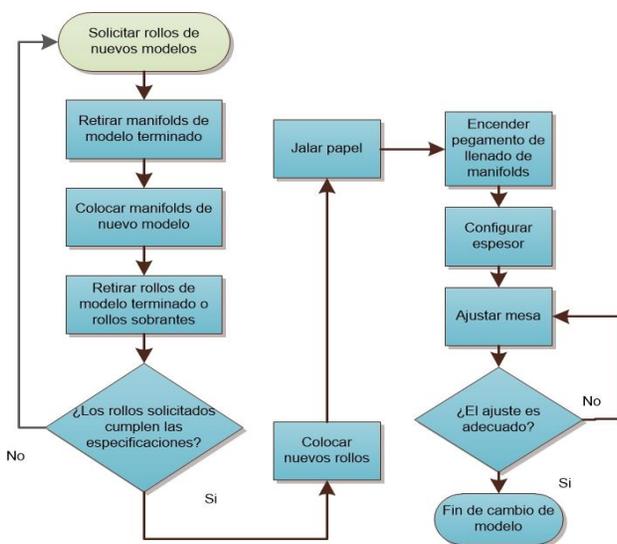


Figura 4 Diagrama de Flujo preparación, ajuste para cambio de modelo en línea CHS
Fuente: Elaboración Propia

En la figura 5, podemos observar que se tiene un descontrol con los manifolds en cuanto a orden y limpieza, por lo tanto, se demora en su búsqueda y colocación de estos, afectando el tiempo de cambio en los modelos.



Figura 5 Área de manifolds
Fuente: Empresa (caso de estudio)

En esta fase se procedió a realizar un diagrama de flujo de proceso para visualizar cada una de las etapas necesarias para realizar un ajuste, preparación y cambio de modelo en la línea CHS, en la tabla 3 se muestra un resumen de los eventos registrados en el diagrama con la finalidad de identificar áreas de oportunidad.

Evento	Presente
Operación	103
Transporte	84
Retrasos	4
Inspección	2
Almacenamiento	0

Tabla 3 Resumen de eventos diagrama de flujo de proceso
Fuente: Elaboración Propia

Separación de actividades internas y externas

De las 193 actividades registradas para el cambio de modelo se procede a la separación de actividades externas de las internas, por lo que se logran identificar 87, en la tabla 4, se indican aquellas actividades críticas que pueden realizarse con la máquina encendida.

No	Actividades	Tiempo (min)	No	Actividades	Tiempo (min)
40	Entregar solicitud de rollo a almacén	1.353	49	Extraer rollo sobrante 1	4.743
41	Regresar a máquina CHS	1.332	51	Montar rollo nuevo 1	1.684
42	Esperar abastecimiento de rollos	18.682	72	Extraer rollo sobrante 2	4.743
43	Buscar herramientas	1.523	73	Montar rollo nuevo 2	1.684
45	Retirar núcleos	1.858			

Tabla 4 Separación de actividades internas y externas
Fuente: Elaboración Propia

Convertir actividades internas en externas

En la tabla 5, se muestra el extracto de la conversión de actividades internas a externas y su respectivo ahorro en tiempo, dentro de las mejoras aplicadas fue el cambio de 2 de 6 rollos (1 y 2) de papel sin realizar paro de máquina, dar seguimiento a 5's en orden y limpieza para disminuir el tiempo de búsqueda de manifolds y herramental, solicitar materia prima antes del paro, realizar actividades de limpieza e inspección después del arranque.

No	Actividades	Tiempo antes (min.)	Tiempo después	Interno	Externo
24	Buscar nuevos manifold 5	0.305	0	A. I	A. E
43	Llenar solicitud de rollos	0.851	0	A. I	A. E
44	Entregarlo a almacén	1.353	0	A. I	A. E
45	Regresar a máquina CHS	1.332	0	A. I	A. E
46	Esperar abastecimiento	18.682	0	A. I	A. E
47	Buscar herramientas	1.523	0	A. I	A. E
49	Retirar núcleos	1.858	0	A. I	A. E
52	Mover portarrollo 1A al área de extracción	1.665	0	A. I	A. E
53	Extraer rollo sobrante	4.743	0	A. I	A. E
55	Montar rollo nuevo	1.684	0	A. I	A. E
72	Mover portarrollo 2 al área de extracción	1.665	0	A. I	A. E

Tabla 5 Conversión de actividades Internas a Externas

En la tabla 6, se indica el resumen de los eventos registrados después de la optimización de actividades

Evento	Presente
Operación	65
Transporte	51
Retrasos	1
Inspección	0
Almacenamiento	0

Tabla 6 Resumen de eventos diagrama de flujo de proceso optimizado

Estandarizar el nuevo procedimiento

Después de realizar observaciones, separaciones, mejoras en actividades convirtiéndolas de internas a externas, se determinó el tiempo estándar promedio para el tiempo operativo de 10.54 horas, esta información se presenta en la tabla 7.

No.	Tiempo operativo	No. De cambios	Tiempo operativo	No. De cambios	Tiempo operativo
1	10.55	21	10.55	41	10.52
2	10.52	22	10.55	42	10.56
3	10.55	23	10.52	43	10.55
4	10.52	24	10.53	44	10.55
5	10.53	25	10.53	45	10.52
6	10.51	26	10.54	46	10.53
7	10.55	27	10.54	47	10.56
8	10.55	28	10.53	48	10.55
9	10.55	29	10.53	49	10.55
10	10.55	30	10.52	50	10.53
Promedio					10.54

Tabla 7 Resumen de eventos diagrama de flujo de proceso optimizado

Dentro de las actividades realizadas en esta etapa se organizó el área de manifolds en dos clasificaciones; los señalados de rojo son de uso frecuente (99%); mientras que los manifolds señalados con la flecha azul, su uso corresponde al 1% o menor, esto derivado de operaciones especiales (trabajo con papel reciclado), tal y como se muestra en la figura 6.



Figura 6 Clasificación de manifolds
Fuente: Empresa (caso de estudio)

Las 5's son una herramienta esencial para facilitar las actividades de mejora en un cambio de producto (Socconini, 2008), derivado de lo anterior se realizaron diferentes actividades referentes a esta herramienta, se muestran en la figura 7.



Figura 7 Actividades de 5's en el área de CHS
Fuente: Empresa (caso de estudio)

Resultados

Para un análisis más detallado en esta etapa se consideraron las dimensiones de tiempo de paro por cambio de modelo (ajuste y preparación) y disponibilidad de la máquina, como parte de la variable independiente; a su vez se consideró a la eficiencia y eficacia como dimensiones para la variable dependiente (productividad), como se puede apreciar en la tabla 8.

Variables	Dimen.	Indicador
Independiente SMED	Cambio de modelo	TCC $= \frac{\text{Tiempo consumido por cambio}}{\text{Tiempo disponible}}$ TCC= Tiempo consumido por cambio
	Disponibilidad	DM $= \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo disponible}}$ DM= Disponibilidad de maquina
Dependiente Productividad	Eficiencia	Eficiencia $= \frac{\text{Horas máquinas realizadas}}{\text{Horas máquinas programadas}}$
	Eficacia	Eficacia $= \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción programada}}$

Tabla 8 Matriz de operacionalización de variables
 Fuente: Elaboración Propia

En relación con los tiempos consumidos por cambios de modelo, se registraron durante un periodo de 30 días, el tiempo promedio obtenido fue de 70.99 minutos (1.18 horas), considerando 71 minutos.

En el gráfico 2 se muestra el comportamiento de los tiempos por cambio de modelo.

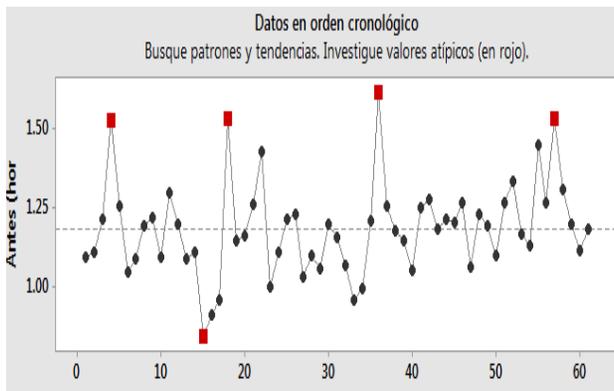


Gráfico 2 Comportamiento de los tiempos de cambio antes de la mejora
 Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con las dimensiones consideradas en la variable independiente (SMED), se procedió a realizar el cálculo como se indica en la tabla 9.

Variable	Dimen.	Fórmula	Res.
SMED	Cambio de modelo	TCC = $\frac{\text{Tiempo consumido por cambio}}{\text{Tiempo disponible}}$	$\frac{1.18\text{hrs}}{11\text{hrs}} = 10.72\%$
	Disponibilidad	D = $\frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo disponible}}$	$\frac{9.82\text{hrs}}{11\text{hrs}} = 89.27\%$

Tabla 9 Matriz de operacionalización de variable independiente

En el gráfico 3 se observa que el 100% de tiempo disponible se utiliza un 10.72% para los cambios de modelo, la disponibilidad de la máquina CHS es del 89.27%, reflejando la necesidad de mejora en la línea de producción.

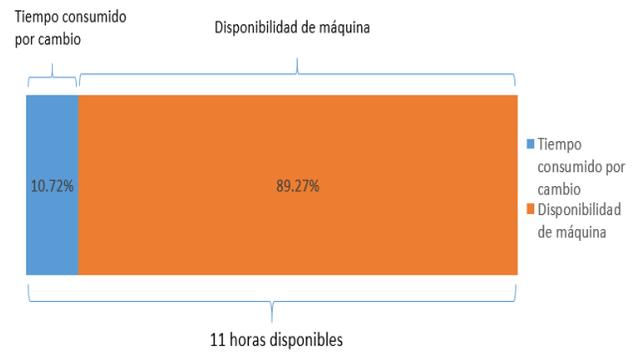


Gráfico 3 Tiempo consumido por cambio de modelo y disponibilidad de máquina antes de la mejora

Con respecto a la variable dependiente (productividad) antes de la mejora, se realizaron las operaciones de las dimensiones eficiencia y eficacia, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 10.

Variable	Dimen.	Fórmula	Res.
Productividad	Eficiencia	Eficiencia $= \frac{\text{Horas máquinas realizadas}}{\text{Horas máquinas programadas}}$	$\frac{9.82\text{ hrs}}{11\text{ hrs}} = 0.89$
	Eficacia	Eficacia $= \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción programada}}$	$\frac{12180\text{ libras}}{16000\text{ libras}} = 0.76$

Tabla 10 Matriz de operacionalización de variable dependiente

Uno de los beneficios posteriores a la implementación de la herramienta SMED en la línea CHS, fue la disminución de los tiempos por cambio de modelo como se visualiza en el gráfico 4 presentando un tiempo promedio de 27.6 minutos (0.46 horas).

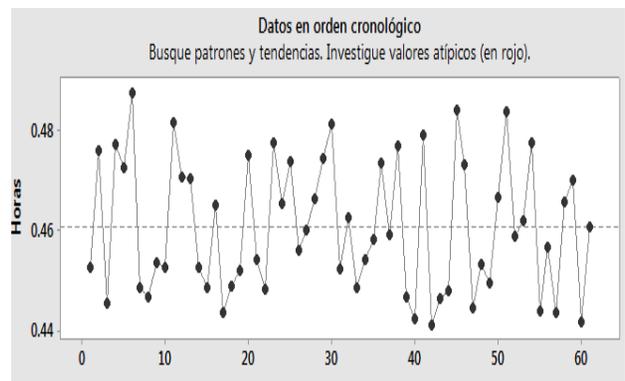


Gráfico 4 Comportamiento de los tiempos de cambio después de la mejora
 Fuente: Elaboración Propia

Después de realizar las actividades correspondientes para la implementación del SMED en línea CHS, se procedió a realizar el cálculo como se indica en la tabla 11 referentes a las dimensiones consideradas en la variable independiente (SMED) después de la mejora.

Variable	Dimen.	Fórmula	Res.
SMED	Cambio de modelo	$TCC = \frac{\text{Tiempo consumido por cambio}}{\text{Tiempo disponible}}$	$\frac{0.46hrs}{11hrs} = 4.18\%$
	Disponibilidad.	$DM = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo disponible}}$	$\frac{10.54hrs}{11hrs} = 95.81\%$

Tabla 11 Matriz de operacionalización de variable independiente

Fuente: *Elaboración Propia*

En el grafico 5 se observa que el 100% de tiempo disponible se redujo a un 4.18% para los cambios de modelo, la disponibilidad de la máquina CHS se incrementó y alcanzo un 95.81%, reflejando impactos positivos después del proceso de implementación.

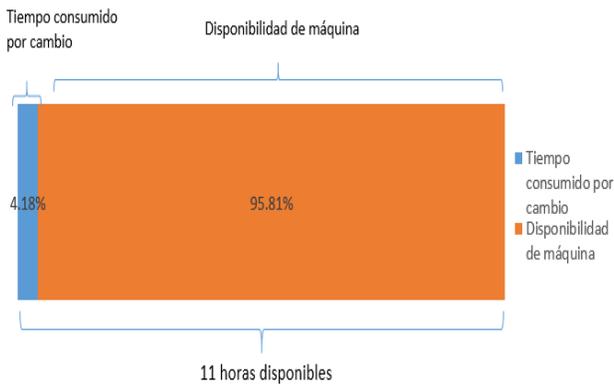


Gráfico 5 Tiempo consumido por cambio de modelo y disponibilidad de máquina después de la mejora

Fuente: *Elaboración Propia*

En la tabla 12 se realizaron las operaciones de las dimensiones eficiencia y eficacia, de acuerdo con la variable dependiente (productividad) después de la mejora.

Variable	Dimen.	Fórmula	Res.
Productividad	Eficiencia	$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Horas máquinas realizadas}}{\text{Horas máquinas programada}}$	$\frac{10.54 hrs}{11 hrs} = 0.95$
	Eficacia	$\text{Eficacia} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción programada}}$	$\frac{14385 libra}{16000 libras} = 0.89$

Tabla 12 Matriz de operacionalización de variable dependiente

Por último, se realizó el comparativo mostrado en el grafico 6, este muestra el comportamiento de la productividad antes y después de la aplicación de la técnica SMED para un periodo de análisis de 30 días, es decir 60 turnos, así mismo la productividad registrada al inicio de este proyecto fue de 68% (en color azul), posteriormente como resultado de la aplicación sistemática de la metodología desarrollada, se logró incrementar al 86 % (en color rojo).

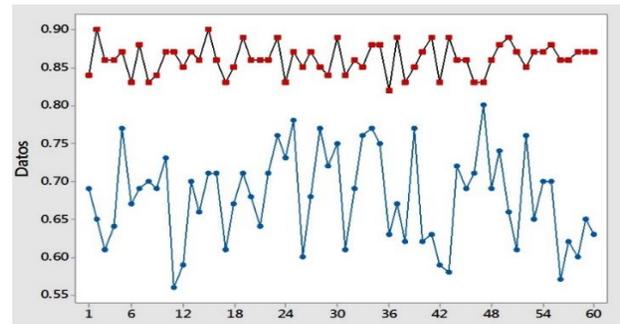


Gráfico 6 Comportamiento de la productividad antes y después de la mejora

Agradecimiento

A la carrera de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Huachinango por el apoyo y las facilidades en el desarrollo del proyecto, así mismo, este artículo fue realizado como producto de la colaboración interinstitucional entre los cuerpos académicos de Tecnología Aplicada del ITSH y Ciencias de la Ingeniería del ITSSNP.

Conclusiones

La mayoría de las organizaciones, de acuerdo con su operación diaria, no disponen de la información detallada necesaria para determinar las pérdidas que se producen durante sus procesos, en consecuencia, no pueden determinar la causa raíz de sus problemas (Gutiérrez, 2010). El éxito del proyecto dependió de la correcta ejecución de la metodología propuesta, tal y como recomienda Socconini (2010), así mismo se utilizaron técnicas estadísticas y Lean Manufacturing para el sustento y cuantificación de las problemáticas presentes en la línea CHS, en cuanto a instrumentos, la toma y registro de tiempos con cronometro para los cambios de modelo fue clave para el análisis de las actividades críticas. A través de la implementación de la herramienta SMED en la línea CHS, se obtuvo un impacto monetario significativo, puesto que las 1500 libras retrasadas por turno corresponden a \$692.31 USD (\$1384.62 USD por día), gasto que a partir de la aplicación del proyecto dejo de representar una perdida para la empresa y el inicio de una filosofía de trabajo orientada a la reducción de desperdicios y la mejora continua de todos sus procesos. El impacto del proyecto se vio reflejado en la productividad de la línea CHS, puesto que se logró un incremento del 18%, así mismo se redujo en un 23% las jornadas de trabajo extraordinarias para cumplir con las ordenes de producción diarias.

La técnica SMED es una herramienta poderosa que si se desarrolla siguiendo las instrucciones y recomendaciones de distintos autores como Socconini (2010), Hernández (2013) y Huerta (2017), puede impactar de manera significativa en la productividad; además de ser una técnica fácil de aplicar, consigue resultados rápidos y positivos, algunos beneficios son: aumento de la capacidad de producción, incremento del número de cambios de modelo, reducción de tiempos de ciclo, disminución de tiempos de entrega, entre otros; no obstante durante el desarrollo se pueden presentar limitantes ya que lejos de una resistencia al cambio existe una disposición a mejorar el flujo productivo de las empresas.

La competitividad del mercado actual obliga a disponer de sistemas flexibles que permitan una adaptación a los cambios constantes, y por lo tanto cada vez tienen más importancia las pequeñas series, que además contribuyen a reducir los niveles de stocks tanto en producto acabado, como en material en curso (Rajadell, 2010). Este proyecto fue producto de la vinculación entre la institución de educación superior y el sector industrial, con la finalidad de tecnificar sus procesos e incrementar su productividad.

Comentarios finales

Derivado de los beneficios obtenidos a través de la aplicación del proyecto, la empresa sugirió la implementación de la herramienta SMED en la línea de panel, esta presenta elevados tiempos de espera, para trabajos a futuro se recomienda combinar la herramienta SMED con ingeniería de métodos y control estadístico para estandarizar las actividades y tener evidencia del comportamiento del proceso, con la finalidad de presentar soluciones que impacten de manera sistemática en los procesos industriales.

Toda empresa debe optar por estrategias, medidas y filosofías orientadas a la Manufactura esbelta, puesto que es una fuente de mejora y está relacionada con la calidad en el ciclo de la mejora continua, por lo que implementar Lean Manufacturing como una estrategia, no solo conlleva una ejecución, sino también busca tener un impacto en todas las personas involucradas en el proceso, ya sea operativos, directivos, etc., así como incrementar la productividad.

Referencias

Gonzales, C., Isaac, M., & Escriba Gutiérrez, M. G. (2019). Propuesta de mejora en el proceso de costura de las PYME del sector exportador de confecciones de prendas de vestir de tejido de punto de algodón aplicando herramientas Lean basadas en celdas de manufactura flexible y sistema Pull.

Gutiérrez Pulido H., de la Vara Salazar R. (2009). Control estadístico de calidad y seis sigmas, Segunda edición, México, editorial McGraw-Hill.

Gutiérrez Pulido H. (2010). Calidad total y productividad, Tercera edición, México, D.F., McGraw-Hill.

Hernández Matías J.C., Vizán Idoipe A. (2013). Lean Manufacturing; conceptos, técnicas e implementación, Madrid, Editorial Escuela de organización industrial.

Huerta V. S. (2017). Análisis y propuesta de mejora en la productividad de una línea de envasado de desodorantes utilizando la metodología SMED. (Tesina de grado). Universidad Nacional Mayor De San Marcos. Lima. Perú.

Rajadell Carreras Manuel, Sánchez García José Luis (2010). Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad, Albasanz, Madrid, Ediciones Díaz de Santos.

RAE (2018). Diccionario de la Real Academia Española. Recuperado de <https://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=desperdicio>.

Roqueme Salazar. E., Suarez Ballesteros L. (2015). Implementación de la Metodología Lean para el mejoramiento del proceso comercial de la pyme Tres60 logística, Bogotá DC, Universidad Militar Nueva Granada.

Socconini L. (2008). Lean Manufacturing: Paso a paso, México; Editorial Norma Ediciones.

Vergara, I. G. P., & López, J. A. R. (2019). Lean, Seis Sigma y Herramientas Cuantitativas: Una Experiencia Real en el Mejoramiento Productivo de Procesos de la Industria Gráfica en Colombia//Lean, Six Sigma and Quantitative Tools: A Real Experience in the Productive Improvement of Processes of th. Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa.

MARTINEZ-HERNANDEZ, Julio Cesar, CRUZ-SOLIS, Edgar Jesús, GARRIDO-ROSADO, Rafael y SANTIAGO-ESCUADERO, Anselmo. Reducción de tiempos de espera en el cambio de modelo mediante la aplicación de la herramienta SMED, un caso de estudio. Revista de Ingeniería Industrial. 2019

Instrucciones para la Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

[Título en Times New Roman y Negritas No. 14 en Español e Inglés]

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2^{do} Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3^{er} Coautor

Institución de Afiliación del Autor incluyendo dependencia (en Times New Roman No.10 y Cursiva)

International Identification of Science - Technology and Innovation

ID 1^{er} Autor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Autor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 1^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 2^{do} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 2^{do} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 3^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 3^{er} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

Resumen (En Español, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Español)

Resumen (En Inglés, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Inglés)

Citación: Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Autor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2do Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3er Coautor. Título del Artículo. Revista de Ingeniería Industrial. Año 1-1: 1-11 (Times New Roman No. 10)

* Correspondencia del Autor (ejemplo@ejemplo.org)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del Artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No. 10 y Negrita]

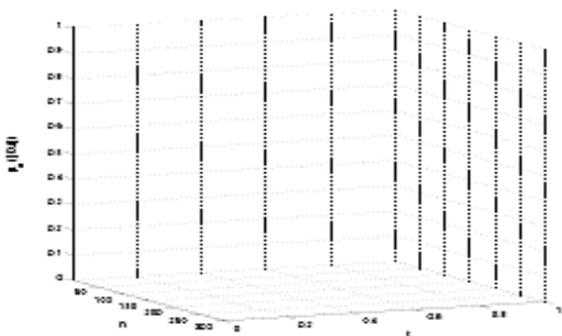


Gráfico 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

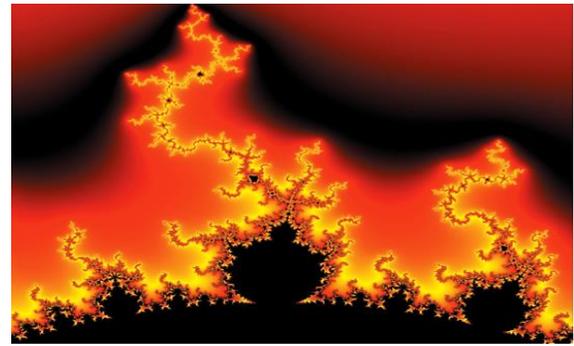


Figura 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Cada Artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Titulo secuencial.

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

Referencias

Utilizar sistema APA. No deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del Artículo.

Utilizar Alfabeto Romano, todas las referencias que ha utilizado deben estar en el Alfabeto romano, incluso si usted ha citado un Artículo, libro en cualquiera de los idiomas oficiales de la Organización de las Naciones Unidas (Inglés, Francés, Alemán, Chino, Ruso, Portugués, Italiano, Español, Árabe), debe escribir la referencia en escritura romana y no en cualquiera de los idiomas oficiales.

Ficha Técnica

Cada Artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Originalidad del Autor y Coautores

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Aceptación del Autor y Coautores

Reserva a la Política Editorial

Revista de Ingeniería Industrial se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar los Artículos a la Política Editorial del Research Journal. Una vez aceptado el Artículo en su versión final, el Research Journal enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN® únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación del Artículo.

Código de Ética – Buenas Prácticas y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Declaración de Originalidad y carácter inédito del Artículo, de Autoría, sobre la obtención de datos e interpretación de resultados, Agradecimientos, Conflicto de intereses, Cesión de derechos y distribución

La Dirección de ECORFAN-México, S.C reivindica a los Autores de Artículos que su contenido debe ser original, inédito y de contenido Científico, Tecnológico y de Innovación para someterlo a evaluación.

Los Autores firmantes del Artículo deben ser los mismos que han contribuido a su concepción, realización y desarrollo, así como a la obtención de los datos, la interpretación de los resultados, su redacción y revisión. El Autor de correspondencia del Artículo propuesto requisitara el formulario que sigue a continuación.

Título del Artículo:

- El envío de un Artículo a Revista de Ingeniería Industrial emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.
- Ninguno de los datos presentados en este Artículo ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeo en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.
- Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en el Artículo, así como las teorías y los datos procedentes de otros Artículos previamente publicados.
- Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Perú considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.
- Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
- El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de este Artículo se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en el Artículo.

Copyright y Acceso

La publicación de este Artículo supone la cesión del copyright a ECORFAN-Mexico, S.C en su Holding Perú para su Revista de Ingeniería Industrial, que se reserva el derecho a distribuir en la Web la versión publicada del Artículo y la puesta a disposición del Artículo en este formato supone para sus Autores el cumplimiento de lo establecido en la Ley de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo a la obligatoriedad de permitir el acceso a los resultados de Investigaciones Científicas.

Título del Artículo:

Nombre y apellidos del Autor de contacto y de los Coautores	Firma
1.	
2.	
3.	
4.	

Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Responsabilidades del Editor

El Editor se compromete a garantizar la confidencialidad del proceso de evaluación, no podrá revelar a los Árbitros la identidad de los Autores, tampoco podrá revelar la identidad de los Árbitros en ningún momento.

El Editor asume la responsabilidad de informar debidamente al Autor la fase del proceso editorial en que se encuentra el texto enviado, así como de las resoluciones del arbitraje a Doble Ciego.

El Editor debe evaluar los manuscritos y su contenido intelectual sin distinción de raza, género, orientación sexual, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad, o la filosofía política de los Autores.

El Editor y su equipo de edición de los Holdings de ECORFAN® no divulgarán ninguna información sobre Artículos enviado a cualquier persona que no sea el Autor correspondiente.

El Editor debe tomar decisiones justas e imparciales y garantizar un proceso de arbitraje por pares justa.

Responsabilidades del Consejo Editorial

La descripción de los procesos de revisión por pares es dado a conocer por el Consejo Editorial con el fin de que los Autores conozcan cuáles son los criterios de evaluación y estará siempre dispuesto a justificar cualquier controversia en el proceso de evaluación. En caso de Detección de Plagio al Artículo el Comité notifica a los Autores por Violación al Derecho de Autoría Científica, Tecnológica y de Innovación.

Responsabilidades del Comité Arbitral

Los Árbitros se comprometen a notificar sobre cualquier conducta no ética por parte de los Autores y señalar toda la información que pueda ser motivo para rechazar la publicación de los Artículos. Además, deben comprometerse a mantener de manera confidencial la información relacionada con los Artículos que evalúan.

Cualquier manuscrito recibido para su arbitraje debe ser tratado como documento confidencial, no se debe mostrar o discutir con otros expertos, excepto con autorización del Editor.

Los Árbitros se deben conducir de manera objetiva, toda crítica personal al Autor es inapropiada.

Los Árbitros deben expresar sus puntos de vista con claridad y con argumentos válidos que contribuyan al que hacer Científico, Tecnológica y de Innovación del Autor.

Los Árbitros no deben evaluar los manuscritos en los que tienen conflictos de intereses y que se hayan notificado al Editor antes de someter el Artículo a evaluación.

Responsabilidades de los Autores

Los Autores deben garantizar que sus Artículos son producto de su trabajo original y que los datos han sido obtenidos de manera ética.

Los Autores deben garantizar no han sido previamente publicados o que no estén siendo considerados en otra publicación seriada.

Los Autores deben seguir estrictamente las normas para la publicación de Artículos definidas por el Consejo Editorial.

Los Autores deben considerar que el plagio en todas sus formas constituye una conducta no ética editorial y es inaceptable, en consecuencia, cualquier manuscrito que incurra en plagio será eliminado y no considerado para su publicación.

Los Autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la naturaleza del Artículo presentado a arbitraje.

Servicios de Información

Indización - Bases y Repositorios

RESEARCH GATE (Alemania)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

Servicios Editoriales

Identificación de Citación e Índice H

Administración del Formato de Originalidad y Autorización

Testeo de Artículo con PLAGSCAN

Evaluación de Artículo

Emisión de Certificado de Arbitraje

Edición de Artículo

Maquetación Web

Indización y Repositorio

Traducción

Publicación de Obra

Certificado de Obra

Facturación por Servicio de Edición

Política Editorial y Administración

1047 Avenida La Raza -Santa Ana, Cusco-Perú. Tel: +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 1260 0355, +52 1 55 6034 9181; Correo electrónico: contact@ecorfan.org www.ecorfan.org

ECORFAN®

Editor en Jefe

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Publicidad y Patrocinio

(ECORFAN® Republic of Peru), sponsorships@ecorfan.org

Licencias del Sitio

03-2010-032610094200-01-Para material impreso, 03-2010-031613323600-01-Para material electrónico, 03-2010-032610105200-01-Para material fotográfico, 03-2010-032610115700-14-Para Compilación de Datos, 04 -2010-031613323600-01-Para su página Web, 19502-Para la Indización Iberoamericana y del Caribe, 20-281 HB9-Para la Indización en América Latina en Ciencias Sociales y Humanidades, 671-Para la Indización en Revistas Científicas Electrónicas España y América Latina, 7045008-Para su divulgación y edición en el Ministerio de Educación y Cultura-España, 25409-Para su repositorio en la Biblioteca Universitaria-Madrid, 16258-Para su indexación en Dialnet, 20589-Para Indización en el Directorio en los países de Iberoamérica y el Caribe, 15048-Para el registro internacional de Congresos y Coloquios. financingprograms@ecorfan.org

Oficinas de Gestión

1047 Avenida La Raza -Santa Ana, Cusco-Perú

Revista de Ingeniería Industrial

“Aplicación de RCM en equipo de esterilizado de acuerdo a la Gestión de Riesgos”

MENDEZ-GOVEA, Luis Alberto & TUDÓN-MARTÍNEZ, Alberto

Universidad Tecnológica de San Luis Potosí

“Técnicas de mantenimiento”

FERNANDEZ-GOMEZ, Tomas, RAMIREZ-RODRIGUEZ, Ramón Rodolfo, MIRANDA-SANCHEZ, Francisco Javier y MERINO-ROSAS, Ignacio Celestino

Instituto Tecnológico de Orizaba

“Implementación de las etapas Definir y Medir de la metodología DMAMC en una línea de producción”

GARCÍA-ÁVILA, Héctor José, CAMPOS-GARCÍA, Josefina, CERVANTES-TRUJANO, Margarita y ROMERO OCAMPO, María Lucía

Instituto Tecnológico de Ensenada

“Reducción de tiempos de espera en el cambio de modelo mediante la aplicación de la herramienta SMED, un caso de estudio”

MARTINEZ-HERNANDEZ, Julio Cesar, CRUZ-SOLIS, Edgar Jesús, GARRIDO-ROSADO, Rafael y SANTIAGO-ESCUDERO, Anselmo

Instituto Tecnológico Superior de Huauchinango

Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla

