

METODOLOGÍA AMEF EN EL ÁREA DE MOLDES EN UNA EMPRESA PROVEEDORA PARA LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ Y LÍNEA BLANCA

FMEA METHODOLOGY IN THE AREA OF MOLDS IN A COMPANY SUPPLIER FOR THE AUTOMOTIVE AND WHITE LINE INDUSTRY

Juan Patricio Trejo Mendoza ^a, Alejandro Gálvez Mendoza ^a, y Jonathan Daniel Estrada Barrera ^a

^a Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo (División de Ingeniería Industrial), Paseo del Agrarismo 2000, Carr. Mixquiahuala - Tula km 2.5, Mixquiahuala de Juárez, C.P. 42700, Hidalgo, México. jtrejo@itsoeh.edu.mx

RESUMEN. Este trabajo expone el caso de una empresa establecida en el estado de México, dedicada al desarrollo, diseño, fabricación de piezas plásticas, proveedora para la industria automotriz y línea blanca. La empresa para mantener sus ventajas competitivas ha establecido el indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness) que traducido es la Efectividad General del Equipo, para medir la efectividad de la maquinaria en toda la planta, este indicador se encontraba en 61%, lejos de la meta establecida del 85%, problemática detectada siendo que el indicador OEE se ve afectado en gran manera por la disponibilidad de los equipos. El objetivo de este trabajo fue aumentar el indicador OEE en el área de moldes, área en donde era fundamental elevar el indicador, afectado por las fallas en los moldes de inyección. La metodología implementada fue la metodología AMEF (FMEA: Failure Modes Effect Analysis; Análisis de Modo Efectos de Fallas). La aplicación de la metodología permitió identificar de un total de doscientos moldes, los diez moldes más críticos del proceso, sus fallas potenciales, su efecto, el grado de severidad, la probabilidad y grado de ocurrencia para su predicción, la evaluación de detección, el nivel de riesgo para tomar acciones de prevención o eliminación, se documentaron y se implementaron las acciones correctivas y preventivas. Los resultados obtenidos después de la implementación fueron el aumento del 13% del indicador OEE, pasando de 61% al 74%, que se traduce en el aumento de la disponibilidad de los moldes de inyección, consiguiendo llevar el máximo trabajo al costo previsto. Los buenos resultados obtenidos permitirán extender la metodología AMEF en otras áreas de la empresa como una alternativa de mejora para eliminar gradualmente las ineficiencias en los procesos.

Palabras clave: AMEF, Efectividad, Moldes de inyección.

ABSTRACT. This work presents the case of a company established in the state of Mexico, dedicated to the development, design, manufacture of plastic parts, supplier for the automotive industry and white goods. In order to maintain its competitive advantages, the company has established the OEE (Overall Equipment Effectiveness) indicator, which translated is the General Equipment Effectiveness, to measure the effectiveness of the machine throughout the plant, this indicator was at 61%, far from the goal established of 85%, a problem detected since the OEE indicator is greatly affected by the availability of the equipment. The objective of this work was to increase the OEE indicator in the mold area, an area where it was essential to raise the indicator, affected by the failures in the injection molds. The methodology implemented was the FMEA methodology (FMEA: Failure Modes Effect Analysis). The application of the methodology allowed the identification of the ten most critical molds of the process from a total of two hundred molds, their potential failures, their effect, the degree of severity, the probability and degree of occurrence for their prediction, the detection evaluation, the risk level to take prevention or elimination actions, corrective and preventive actions were documented and implemented. The results obtained after the implementation were a 13% increase in the OEE indicator, going from 61% to 74%, which translates into an increase in the availability of injection molds, achieving maximum work at the expected cost. The good results obtained will allow the FMEA methodology to be extended in other areas of the company as an alternative for improvement to gradually eliminate inefficiencies in the processes.

Key words: FMEA, Effectiveness, Injection molds.

INTRODUCCIÓN

En el mundo competitivo de hoy, las organizaciones necesitan ser más eficientes, actualizando o cambiando sus procesos o procedimientos para responder a las exigencias de la demanda y de la competencia. La complejidad que experimenta cada empresa dentro de su contexto incide en procurar y mantener su ventaja competitiva al crear o implementar nuevas estrategias a los cambios que propician los nuevos horizontes productivos.

Para el caso de la empresa proveedora de partes para la industria automotriz y línea blanca que nos

referimos aquí, una actividad constante e indispensable es la implementación de las herramientas de mejora continua para mantener su ventaja competitiva.

Una herramienta para contribuir a mantener la ventaja competitiva en la empresa, fue el adoptar y establecer el indicador OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), que traducido es la *Efectividad General del Equipo*, este indicador permite medir la efectividad de la maquinaria en toda la planta. La medición del índice por áreas dentro de la empresa

ha permitido identificar posibles ineficiencias originadas en los procesos¹.

El OEE es un indicador que se utiliza como una herramienta clave dentro de la cultura de mejora continua, permite indicar, mediante un porcentaje, la eficacia real de cualquier proceso productivo, esto es un factor clave, para poder identificar ineficiencias que se originen durante el proceso de fabricación.

El OEE es un cálculo que multiplica la disponibilidad de los equipos, la eficiencia y calidad. La disponibilidad está relacionada directamente con los paros no programados, la eficiencia es la relación existente entre el trabajo desarrollado, el tiempo, la inversión y el resultado logrado.

OEE = Disponibilidad * Eficiencia * Calidad

La efectividad se traduce con el equilibrio entre la eficiencia y la eficacia, consiguiendo llevar a cabo el máximo trabajo previsto al mejor precio².

La disponibilidad de un equipo se calcula dividiendo las horas que el equipo estuvo en producción entre las horas asignadas en el turno.

La problemática principal por atender surge de la necesidad de subir el indicador general de la planta: OEE del 61% y conducirlo paulatinamente a la meta institucional establecida del 85% controlando la disponibilidad de equipos y así mantener la ventaja competitiva de la empresa como proveedora de partes para la industria automotriz y línea blanca. Cada área relacionada con la producción de la empresa contribuye o afecta el indicador OEE, el cual se calcula y se analiza cada mes.

El objetivo del trabajo fue aumentar el indicador OEE en el área de moldes, área que no estaba contribuyendo en elevar el indicador OEE, teniendo como causa principal las fallas de los moldes de inyección, y que a su vez estaba afectando la disponibilidad de los moldes.

Ante la problemática de disminuir o eliminar las fallas de los moldes de inyección causantes de la pérdida del indicador OEE, la metodología implementada fue la herramienta AMEF (*Análisis de Modo Efectos de Fallas Potenciales*), desarrollada por las fuerzas armadas de los Estados Unidos en 1949, bajo la denominación FMEA (*Potential Failure Modes Effect Analysis*)³.

El AMEF era conocido como el estándar militar MIL-P-1629, titulado "*Procedimiento para la ejecución de análisis de criticidad y efecto de modo de falla*", (*Procedures for performing a failure mode, effects and criticality analysis*), elaborado el 9 de noviembre de 1949; era empleado como una técnica para evaluar la confiabilidad y para determinar los efectos de las fallas de los equipos y sistemas, en el éxito de las misiones espaciales, la seguridad del personal y de los equipos. Después en 1974 la US Navy, desarrolló el MIL-STD-1629, donde señala el uso apropiado de esta herramienta. Posteriormente, en febrero de 1993, el grupo de acción automotriz industrial (AIAG) y la Sociedad Americana para el Control de Calidad (ASQC), registraron las normas AMEF para su implementación en la industria, estas normas son el equivalente al procedimiento técnico de la Sociedad de Ingenieros Automotrices SAE J - 1739.

Si bien la metodología AMEF no es tan reciente, fue hasta en 1960 que se utilizó por la NASA para llevar al hombre a la luna, en 1970 la empresa FORD, lo introdujo a la industria automotriz para aumentar la seguridad de los usuarios. Actualmente el AMEF forma parte de las herramientas centrales de calidad (Quality Core Tools), que tienen muchas aplicaciones de ingeniería, manufactura, calidad y venta de un producto. Actualmente muchos auditores, técnicos, líderes se están certificando bajo la norma IATF 16949-2016, otorgada por la AIAG (Automotive Industry Group), asociación americana de mejora de la calidad en la industria automotriz norteamericana, siendo una metodología de mejora de uso actual, con un nuevo enfoque de desarrollo que se ha presentado en el nuevo manual de AIAG, con un método estructurado para la identificación de los pasos del proceso⁴.

METODOLOGÍA

El AMEF es un proceso sistemático para la identificación de las fallas potenciales de un producto o de un proceso de cualquier clase de empresa, antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas⁵.

Los AMEF's son una parte integral de la administración de riesgos y soporte del mejoramiento continuo, son parte clave del desarrollo de un producto o proceso, constantemente la clave del mejoramiento continuo es la retención del conocimiento de los aprendizajes que a menudo son capturados en AMEF's.

Esta metodología se divide en seis fases, la Figura 1, muestra un esquema detallado de la metodología AMEF aplicada a este trabajo⁶.

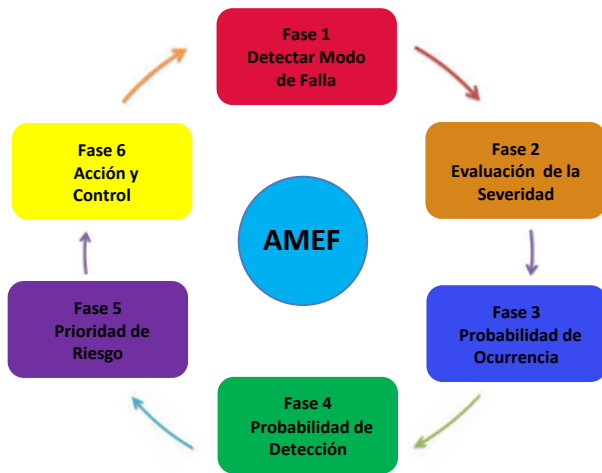


Figura 1. Metodología AMEF (Borja, 2018).

Un modo de falla es definido como la forma o manera en la cual un producto o proceso podría fallar para cumplir con la intención del diseño o requerimientos del proceso.

El efecto de falla potencial es el análisis de las consecuencias de las fallas y la severidad o seriedad de dichas consecuencias.

Una causa potencial de falla es definida como la manera en que la falla ocurre, algo que puede corregirse o controlarse, su identificación permite el desarrollo de controles apropiados y planes de acción. Los controles son las actividades que previenen o detectan las causas de las fallas o modos de fallas.

La evaluación de los riesgos en el AMEF se realiza de tres maneras: severidad, ocurrencia y detección. En donde la severidad es la evaluación del nivel de impacto de la falla, la ocurrencia es la evaluación de la frecuencia de la causa de la falla, la detección es una evaluación del actuar de los controles para detectar las causas de las fallas o modos de fallas.

La eliminación de los modos de falla potenciales tiene beneficios a corto y largo plazo. A corto plazo representa ahorros de los costos de reparaciones y disminución de los tiempos de paro de los equipos. A largo plazo los beneficios están relacionados con la

percepción de calidad y satisfacción del cliente que se traduce en compras futuras de los productos y el prestigio de la empresa.

Metodología aplicada

Fase 1. Detectar modo de falla potencial.

Para determinar las maneras en que los moldes de inyección fallaban en la línea de producción, se revisó la información histórica de un total de doscientos moldes de inyección en el software de mantenimiento industrial MP, este programa contiene información de todos los mantenimientos a los moldes de inyección desde el año 2010. El programa MP es un software profesional de control y administración del mantenimiento, que permite mantener organizada toda la información que requiere el departamento de mantenimiento de una empresa. Mantiene organizada y disponible para consulta toda la información histórica referente a los trabajos realizados, fechas, recursos utilizados, tiempo invertido, es capaz de generar gráficos reportes e índices⁷.

Con la ayuda del software MP, se recopiló de cada molde de inyección la siguiente información:

- Número del molde.
- Fecha, inicio y término de la reparación.
- Descripción del mantenimiento.
- Falla y causa de la falla.

El análisis minucioso de la información histórica de cada uno de los doscientos moldes, permitió obtener una relación de diez moldes críticos y las fallas potenciales que estaban impactando severamente la disponibilidad de los equipos de inyección en la línea de producción, así cada molde crítico fue relacionado por el impacto al indicador OEE y su respectiva falla potencial. La razón de priorizar solo en diez moldes críticos es decisión de la gerencia del área de moldes con base a los costos que las fallas representaban y del impacto en la disponibilidad.

En las fases siguientes se utilizaron una serie de ponderaciones las cuales fueron definidas en una reunión de trabajo conjuntamente con el jefe del área de moldes y el equipo de trabajo, tomando como base los criterios del manual AMEF de AIAG (Automotive Industry Group), asociación americana de mejora de la calidad en la industria automotriz norteamericana.

Los tipos de moldes analizados que integran el área de moldes para la producción de piezas para

diferentes modelos y marcas de automóviles entre los cuales se encuentran:

- Tapas del freno
- Guanteras
- Marco del tableros
- Manijas
- Perillas
- Soportes de bocinas
- Reposabrazos
- Paneles de puertas
- Cubiertas laterales y de cajuela
- Parrillas
- Base para placas
- Techo corredizo del quemacocos.
- Panel de faros de niebla.
- Faldón delantero
- Alojadores de faros de luces.
- Parrillas de aire acondicionado.
- Molduras de asientos.

Fase 2. Evaluación de la severidad.

El nivel de impacto de las fallas y los efectos potenciales de las mismas, de cada molde de inyección, fueron definidos por criterios cualitativos y cuantitativos, en donde la letra “S”, representa el efecto de severidad, las ponderaciones cuantitativas 1, 4, 7 y 10, representan el grado de severidad de menor a mayor, cualitativamente la calificación 1 no representa ningún grado de severidad, el número 4 representa un grado de severidad bajo, el número 7 representa un grado de severidad moderado, el número 10 representa un grado de severidad alto.

Se mostrara en sentido práctico a partir de esta etapa para referencia de los trabajos desarrollados en los AMEFs individuales de los diez moldes críticos, el AMEF individualizado de un solo molde, al cual llamaremos A-2450, el nombre real de se reserva por motivos de confidencialidad.

La Tabla 1, muestra la evaluación de severidad de del molde de inyección A-2450.

Fase 3. Evaluación probabilidad de ocurrencia.

Para la evaluación de probabilidad de ocurrencia de la causa de la falla, se establecieron criterios de evaluación en donde la letra “O”, representa la probabilidad de ocurrencia, las ponderaciones cuantitativas 1, 4, 7 y 10, representan el grado de probabilidad de ocurrencia, la calificación 1 representa una probabilidad de ocurrencia baja (0 a 24%), el número 4 representa una probabilidad de ocurrencia moderada (25% a 49%), el número 7 representa una probabilidad de ocurrencia alta (50%

a 74%), el número 10 representa una probabilidad de ocurrencia muy alta (75% a 100%).

La Tabla 2, muestra la evaluación de la probabilidad de ocurrencia de uno de los moldes de inyección y la identificación de las causas potenciales.

Tabla 1. Evaluación de severidad

SEVERIDAD DE FALLAS			
AMEF-EPS-001			
Molde	Modo de Falla	Efecto Potencial	S
A-2450	Falla 17	Paro no programado	10
	Falla 14	Paro no programado	10
	Falla 35	Generación de Scrap	7
	Falla 8	Generación de Scrap	4
	Falla 3	Ninguno	1
	Falla 40	Paro no programado	10

Tabla 2. Evaluación de ocurrencia

CAUSA DE FALLA Y OCURENCIA			
AMEF-CFO-001			
Molde	Falla potencial	Causa Potencial	O
A-2450	Falla 17	Aire atrapado	10
	Falla 14	Desgaste de textura	10
	Falla 35	Residencia de material	4
	Falla 8	Exceso de temperatura	7
	Falla 3	Daño en cilindros	1
	Falla 40	Fatiga en material	10

Fase 4. Probabilidad de detección.

La probabilidad de detección corresponde a la capacidad de detectar la falla y del actuar de los controles de detección.

Los controles de detección son el conjunto de mecanismos, acciones o herramientas realizadas para detectar la presencia de errores en los moldes de inyección. La función principal del control de detección es asegurar que moldes funcionen correctamente durante el proceso de inyección.

El grado de detección se estableció bajo criterios de evaluación en donde la letra “D”, representa la probabilidad de detección, las ponderaciones cuantitativas que van desde 1 a 10, representan el nivel de probabilidad de detección de la falla, la calificación 1 representa una probabilidad de detección segura, el numero 4 representa una probabilidad de detección alta, el número 7

representa una probabilidad de detección muy baja, el número 10 representa una probabilidad de detección imposible.

La Tabla 3, muestra la evaluación de la probabilidad de detección de la fallas de uno de los moldes de inyección y la existencia apropiada de los controles de detección.

Tabla 3. Probabilidad de detección

Molde	GRADO Y CONTROLES DE DETECCIÓN		
	AMEF-CDD-001		
	Causa Potencial	Controles de detección	D
A-2450	Falla 17	No existe	10
	Falla 14	Prueba de rugosidad	4
	Falla 35	Requerimiento antes del montaje	4
	Falla 8	Prueba de temperatura	1
	Falla 3	Requerimiento antes del montaje	4
	Falla 40	No existe	10

Fase 5. Prioridad de riesgo.

La evaluación de los riesgos y la prioridad de cada falla son determinados mediante el *número de prioridad de riesgo* NPR (Risk Priority Number).

El NPR, es el producto de multiplicar la evaluación de severidad "S", la evaluación de ocurrencia "O" y el grado de detección "D". El RPN es un número entre 1 y 1000 que indica la prioridad que se le debe dar a cada falla para controlarla o eliminarla.

La evaluación del nivel de riesgo por su parte es definido a partir de las puntuaciones cuantitativas obtenidas del NPR.

Las puntuaciones que están entre el rango de 0 a 199 representan un nivel de prioridad de riesgo de falla inexistente, un rango entre 200 a 499 representan un nivel de prioridad de riesgo de falla bajo, un rango entre 500 a 799 representan un nivel de prioridad de riesgo de falla medio, y un rango entre 800 a 1000 representan un nivel de prioridad de riesgo de falla alto.

La Tabla 4, muestra el cálculo NPR y el respectivo nivel de prioridad de riesgo de falla de uno de los moldes de inyección.

Fase 6. Acción y control.

En la última fase de la metodología se determinan las acciones preventivas, correctivas o de mejora, como resultado de la evaluación de severidad, ocurrencia, detección, y de la prioridad de riesgo. En esta etapa

final se cuenta con información relevante relacionada con las fallas de cada molde, las causas y los controles de detección.

La Tabla 5, muestra el AMEF completo de uno de los moldes de inyección detectado como crítico por el impacto al indicador OEE y su respectiva falla potencial, así como las acciones recomendadas.

Tabla 4. NPR y nivel de riesgo de falla

Molde	NPR Y NIVEL DE RIESGO DE FALLA				
	AMEF-NRF-001				
	S	O	D	NPR	NIVEL DE RIESGO
A-2450	10	10	10	1000	Alto
	10	10	4	400	Bajo
	7	4	4	112	Inexistente
	4	7	1	28	Inexistente
	1	1	4	4	Inexistente
	10	10	10	1000	Alto

Tabla 5. AMEF del molde A-2450

Molde	AMEF No. A-2450				
	AMEF				
Modo de Falla	Efecto Potencial	S	Causa Potencial	O	
Falla 17	Paro no programado	10	Aire atrapado	10	
Falla 14	Paro no programado	10	Desgaste de textura	10	
Falla 35	Generación de Scrap	7	Residencia de material	4	
Falla 8	Generación de Scrap	4	Exceso de temperatura	7	
Falla 3	Ninguno	1	Daño en cilindros	1	
Falla 40	Paro no programado	10	Fatiga en material	10	
Controles de detección	D	NPR	Nivel de Riesgo	Acciones recomendadas	
No existe	10	1000	Alto	Implementar salidas de aire	
Prueba de rugosidad	4	400	Bajo	Implementar RPPA	
Requerimiento antes del montaje	4	112	Inexistente	Procedimiento de montaje	
Prueba de temperatura	1	28	Inexistente	Implementar Termorregulador	
Requerimiento antes del montaje	4	4	Inexistente	Reburbish	
No existe	10	1000	Alto	Verificar sujeción de colada	

El concentrado AMEF, es complementando para seguimiento con tres columnas adicionales a la derecha que consideran los responsables por cada acción recomendada, las fechas de programación para la ejecución de las mismas, y las acciones implementadas, posteriormente se realiza un ciclo repetitivo al anexarle nuevamente las columnas "S", "O", "D" y "NPR", para reevaluar constantemente los riesgos de severidad, ocurrencia, detección y el nivel

prioridad de riesgo, la metodología se convierte entonces en un proceso de mejora continua viva.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La metodología AMEF, tuvo un impacto directo con el indicador OEE en el área de moldes de inyección durante los tres meses posteriores a su implementación, ya que permitió elevar el indicador OEE en un 13%, el cual era de 61% pasando a 74%. Véase Figura 2.

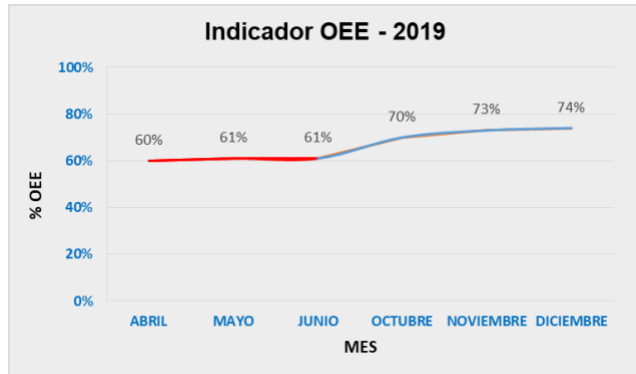


Figura 2. Indicadore OEE-2019

Los AMEF's desarrollados para cada molde, la detección de sus fallas potenciales y las acciones implementadas para la reducción del nivel de riesgo alto de las fallas, mejoraron la disponibilidad y eficiencia de cada uno de los diez moldes, ambos indicadores relacionados directamente con el indicador Efectividad General del Equipo (OEE)⁸.

OEE = Disponibilidad * Eficiencia * Calidad

El análisis minucioso de la información histórica de cada uno de los doscientos moldes, permitió obtener una relación de los diez moldes críticos del área de moldes y la detección de las fallas potenciales que estaban impactando severamente la disponibilidad de los equipos, así cada molde crítico fue sometido a un proceso de mejora continua por medio del seguimiento individualizado de su propio AMEF, con el cual se establecieron y documentaron las acciones recomendadas.

La aportación técnica de la metodología AMEF en el área de moldes, es su implementación mediante un nuevo enfoque de aplicación con el objetivo de aumentar la disponibilidad y eficiencia de los moldes al reducir los tiempos de paros no programados y la disminución de la ocupación de mano de obra directa, mediante la detección, eliminación o minimización de las fallas potenciales, un nuevo enfoque de aplicación de la metodología AMEF.

La comparativa de la disponibilidad de los diez moldes críticos antes y después de la implementación de la metodología AMEF, se presenta a continuación. (Cálculo realizado con base a las horas de producción y horas de paros no programados, tres meses antes y tres meses después de la implementación):

Molde 1: Disponibilidad anterior 59%, actual 85%
 Molde 2: Disponibilidad anterior 66%, actual 90%
 Molde 3: Disponibilidad anterior 72%, actual 92%
 Molde 4: Disponibilidad anterior 73%, actual 95%
 Molde 5: Disponibilidad anterior 74%, actual 94%
 Molde 6: Disponibilidad anterior 76%, actual 95%
 Molde 7: Disponibilidad anterior 76%, actual 90%
 Molde 8: Disponibilidad anterior 75%, actual 91%
 Molde 9: Disponibilidad anterior 78%, actual 95%
 Molde 10: Disponibilidad anterior 82%, actual 94%

Discusión: En comparación con este proyecto la Universidad Tecnológica de Querétaro, realizó un estudio en una empresa proveedora de la industria automotriz establecida en el estado de Querétaro, en donde actualizaron una propuesta de AMEF, desarrollaron un estudio para conocer las causas del porque no se implementaba el AMEF ya existente, encontrándose una serie de problemáticas organizacionales, que tal vez pudieran suscitarse en su momento en la actual empresa, para eso surge la consideración de establecer un procedimiento acoplado directamente a las características particulares de cada organizacion.⁹

CONCLUSIONES

Se puede concluir que la metodología AMEF, es una excelente herramienta para la gestión de riesgos de fallas potenciales, es también muy apropiada para incidir directamente en la disponibilidad de los equipos de una línea de producción al detectar y eliminar los modos efectos de fallas de los equipos y es un soporte probado para la mejora continua. Se constató además que la metodología AMEF es un proceso viviente que no concluye después de un primer análisis, sino que es un proceso continuo de mejora al someter cada molde a un nuevo análisis cuando concluya el análisis previo. La metodología AMEF podrá ser implementada con bases sólidas en otras áreas de la empresa en donde también se han detectado deficiencias que inciden en el indicador OEE para conducir al indicador a la meta institucional establecida del 85%.

REFERENCIAS

1. Belohlaverk, P. (2006). OEE: Overall Equipment Effectiveness. Editorial Blue Eagle Group.
2. Flores J. (2004). Medición de la efectividad de la cadena de suministros. Panorama Editorial. México.
3. General Motors, C. (2008). Análisis de Modos y Efectos de Fallas Potenciales. Manual de referencia. USA: AIAG. ISBN:978-1-60534-136-1
4. Plexus S.C. (2017). Certificación AIAG en FMEA. Disponible en: <https://www.plexusintl.com.mx/index.php/entrenamientos/a-iag-core-tools/certificacion-aiag-en-fmea>. Accesado: 17 octubre 2020.
5. Fernandez, M., García, J., & Carmenate, Y. (2020) Aplicación del análisis modal de fallas y efectos en el proceso de encapsulado del Palmex. Revista CENIC Ciencias Biológicas, Vol. 51(2), paginas 121-131. ISSN:2221-2450.
6. Borja (2018). ¿Qué es AMFE y que nos aporta como organización?. Arrizabalagaurarte Consulting. Disponible en: <https://arrizabalagaurarte.com/que-es-amfe-fmea-en-ingles-y-que-nos-aporta-como-organizacion/>. Accesado: 19 octubre 2020.
7. Técnica Aplicada Internacional S.A. de C.V. (2018). MP Software. Soporte Técnico MPsoftware. Disponible en: <https://support.mpsoftware.com.mx/index.html#>. Accesado: 14 octubre 2020.
8. Navarrete, R. A., Martín E. V. & Parra, F. Y. (2015). Medición del desempeño de los equipos de la industria del calzado a partir del indicador denominado Eficiencia Global de los Equipos. 20vo. Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México. AMECIDER-CRIM, UNAM. México.
9. Montalban, L. E., Arenas, E. J. & Talavera, (2015). Herramienta de mejora AMEF como documento previo vivo en un área operativa. Experiencia de aplicación en empresa proveedora para la industria automotriz. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería. ECORFAN®, Bolivia.