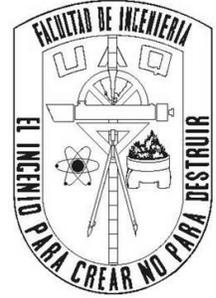




Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería



AMEF de Diseño y Proceso Para La Industria Automotriz

Tesina

Que como parte de los requisitos para obtener el título de:

Ingeniero en Automatización

Especialidad en Sistemas Industriales

Presenta

Alejandra Reséndiz Mendoza

José Luis Pérez García

Asesor de tesina.

M. en C. Julio Rojo Hernández

Querétaro, Qro. Septiembre 2011

La presente obra está bajo la licencia:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.

ÍNDICE

RESUMEN.....	6
JUSTIFICACIÓN.....	7
OBJETIVO.....	8
ANTECEDENTES DEL AMEF.....	9
INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO I. AMEF (ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLA POTENCIAL)...	15
1.1 Tipos de AMEF.....	16
1.2 Importancia de AMEF de Diseño y AMEF de Proceso.....	17
1.2.1 AMEF de Diseño.....	17
1.2.2 AMEF de Proceso	19
CAPÍTULO II. ELABORACIÓN Y DESARROLLO DE AMEF DE DISEÑO Y DEL AMEF DEL PROCESO.	22
2.1 Desarrollo de un AMEF de Diseño.....	22
2.1.1 Requisitos Previos para AMEF de Diseño.....	23
2.1.2 Diagrama de Bloques	24
2.1.3 Parámetro Diagramas-P	25
2.1.4 Otras Herramientas y fuentes de información para el desarrollo de AMEF de Diseño.....	26
2.2 Desarrollo de un AMEF de Proceso.....	26
2.2.1 Requisitos Previos para AMEF de Proceso.....	27
2.2.2 El diagrama de flujo del proceso y la relación con AMEF de Proceso.....	28

2.2.3 Otras Herramientas y fuentes de información para el desarrollo de AMEF de Proceso.....	29
2.2.4 Búsqueda de información para AMEF de Proceso.....	30
2.3 Encabezados del AMEF.....	31
2.4 Cuerpo del AMEF.....	34
2.4.1 Para AMEF de Diseño: material/componente y función.....	34
2.4.2 Para AMEF de proceso o de servicio: Operación del proceso y función.....	36
2.4.3 Requisitos.....	37
2.4.4 Modo de falla potencial.....	37
2.4.5 Efecto de falla potencial.....	39
2.4.5.1 Efecto de falla potencial para AMEF de Diseño.....	40
2.4.5.2 Efecto de falla potencial para AMEF de Proceso.....	40
2.4.6 Clasificación (Identificación de afectación a características especiales).....	42
2.4.7 Severidad del efecto de la falla potencial.....	44
2.4.8 Causa del modo de falla potencial.....	45
2.4.8.1 Causa de modo de falla potencial del AMEF de Diseño.....	47
2.4.8.2 Causa de modo de falla potencial del AMEF de Proceso.....	48
2.4.9 Controles de prevención de las causas actuales.....	49
2.4.10 Probabilidad de ocurrencia de la causa del modo de falla potencial.....	50
2.4.11 Controles de detección e inspecciones actuales.....	51
2.4.11.1` Los controles actuales de Diseño.....	52
2.4.11.2 Los controles actuales de proceso.....	53
2.4.12 Probabilidad de detección de los controles e inspecciones actuales.....	54
2.4.13 Número de prioridad de riesgo NPR.....	56
2.4.14 Riesgo S*O.....	58
2.4.15 Acciones recomendadas.....	61
2.5 Revisión y actualización del AMEF.....	64

CAPÍTULO III. TÓPICOS DEL AMEF.....	67
CAPÍTULO IV. DISPOSITIVOS A PRUEBA DE ERROR POKAYOKE.....	71
BIBLIOGRAFÍA.....	73
ANEXO 1.....	74
ANEXO 2.....	75
ANEXO 3.....	76
ANEXO 4.....	77

AMEF de Diseño y Proceso Para La Industria Automotriz

Resumen

AMEF es una metodología analítica, utilizada para asegurar que problemas potenciales de un producto o proceso se han considerado.

El AMEF de diseño debe iniciarse en las primeras etapas y el AMEF de proceso antes de desarrollar y/o adquirir herramientas o equipo de fabricación; el AMEF también se puede utilizar en la solución de problemas.

Existen cuatro tipos de AMEF:

1. AMEF de Sistema.
2. AMEF de Producto (TAMBIEN LLAMADO AMEF DE DISEÑO).
3. AMEF de Proceso.
4. AMEF de Servicio.

En los casos de empresas que diseñan y producen productos, se requiere la elaboración y seguimiento del AMEF de diseño y AMEF de proceso.

El AMEF de Diseño debe incluir todos los posibles modos de falla y las causas que pueden ocurrir durante el proceso de fabricación o montaje que son el resultado del diseño.

El AMEF de Proceso asume el producto según su diseño. Los modos de fallas potenciales que pueden ocurrir debido a una debilidad del diseño pueden ser incluidos en un AMEF de Proceso.

En el AMEF de Proceso se tiene en cuenta las características de un producto de diseño en relación con la fabricación planificada o proceso de montaje para asegurar que, en la medida de lo posible, el producto resultante cumple con las necesidades y expectativas del cliente.

JUSTIFICACIÓN

Desde un comienzo las fábricas y empresas que son proveedoras de productos o servicios, están obligadas a satisfacer las necesidades del cliente, de tal forma que deben de ofrecer garantías del producto o servicio al cliente, es decir, estos deben de comprometerse con el cliente a reparar o sustituir de manera total o parcial los productos o servicios que presenten fallas operacionales o de fabricación.

Esto da a los clientes tranquilidad de que están respaldados por su proveedor; pero el hecho de no poder disponer del producto durante un determinado tiempo porque este tenga que ser reparado, sustituido o presente averías con frecuencia o incluso se llegue a pérdida humana, representa para los consumidores una insatisfacción, la cual da una pérdida de confianza al proveedor del servicio o producto, con la consecuencia de perder clientes y los clientes potenciales, porque su producto no es confiable.

Nosotros nos basamos especialmente en las fallas de la industria automotriz; ya que si llega a fallar una parte crítica pudiera ser fatal para el cliente, pues podría perder la vida y la empresa se vería en vuelta en serios problemas legales y financieros; las empresas automotrices necesitan prevenir este tipo de fallas es por eso que necesitan desarrollar un AMEF el cual ayudará a prevenir estos incidentes.

Por estos motivos hemos decidido que es necesario llevar el análisis y control en forma ordenada de las posibles fallas en proceso o productos nuevos o existentes, ya que favorece a la solución de problemas potenciales del proceso y/o producto. Con el apoyo del Manual FMEA 4ª Ed. De AIAG, se desarrollará la siguiente investigación; ya que este se utiliza en la industria automotriz.

A continuación presentamos el siguiente trabajo donde exponemos el Análisis de modos y efectos de fallas potenciales (AMEF), ya que es una metodología de gran utilidad para así aumentar la confiabilidad de los diseños, procesos y productos, y nos ayudará a buscar posibles problemas que pueda presentarse durante su fabricación, y evitar que estos sucedan.

OBJETIVO

El objetivo es dar a conocer la aplicación del AMEF, ya que es de gran ayuda para prevenir fallas en el desarrollo de cualquier tipo de productos, partes, ensambles, máquinas o proyectos dirigidos a la industria automotriz, nos dirigimos a este tipo de industria, ya que es en esta, donde la mayoría de los clientes lo piden como una especificación.

La empresa que lo desarrolle puede definir sus propios criterios de severidad, frecuencia de ocurrencia y probabilidad de detección, el formato del AMEF, así como otros criterios.

Es por eso que nosotros proponemos un formato para AMEF de Diseño y Proceso con referencia al FMEA 4^a Ed. de AIAG.

ANTECEDENTES DEL AMEF

A mediados de la década de los 60's en la industria militar de EU en California, en la fabricación de aviones, se desarrollo el concepto de identificar fallas potenciales, estimar su efecto y su probabilidad de ocurrencia, y tomar contramedidas como prevención, este antecedente se desarrollo como el AMEF actual y como técnica de Análisis de Árbol de falla "FTA".

En 1972 las Operaciones Automotrices de Ford en EU (NAO) se desarrollo un programa de confiabilidad (Identificación y prevención de fallas a través de técnicas estadísticas) para sus productos, el cual incluyo un módulo de entrenamiento para el desarrollo del AMEF. Con el Manual de requerimientos de Ford Q-101, el empleo de esta disciplina fue ampliamente difundido y requerido dentro del Control Estadístico del Proceso "CEP" con énfasis en la prevención en lugar de detección de defectos.

En el manual Q-101 de Ford, se estableció el AMEF como un requisito para los productos y proceso con afectación a variables denominadas "Ítem de Control" e identificadas con una delta invertida (∇), que a su vez afectan a regulaciones gubernamentales y/o a la seguridad del usuario final, sin embargo, su aplicación se recomendó a todos los otros productos y procesos nuevos o modificados para la prevención de fallas , y reducir significativamente la probabilidad de fallas con el consumidor final y la aplicación de campañas.

En las empresas americanas de la industria automotriz rápidamente se difundió el requisito del AMEF en dos formas: AMEF de producto (también llamado AMEF de diseño) y AMEF de proceso, y con la aparición de la norma QS 9000 y actualmente ISO/TS 16949, el AMEF se instituyo como el elemento de prevención de fallas y aseguramiento de calidad en un sistema de calidad, homologado con la norma de la Sociedad de Ingenieros Americanos SAE J-1739.

El AMEF del ISO/TS 16949 requiere incluir a todas las características especiales del producto, que son aquellas variables que afectan a la seguridad, regulaciones de

gobierno y funcionamiento, definidas en los documentos de diseño (especificaciones), por lo tanto, según requerimientos específicos de clientes que apliquen, los clientes se pueden reservar el derecho de revisar y aprobar los AMEF'S, esto le otorga al AMEF una importancia crítica durante el diseño y desarrollo de nuevos productos y procesos.

Fuera de la industria automotriz, el AMEF no es un requisito a un sistema de calidad, pero es una técnica excelente para identificar y planear acciones preventivas al producto desde el aseguramiento de la calidad y la planeación de calidad, y con la aparición y popularización de metodología "6 Sigma" de análisis y solución de problemas y/o de reducción de variabilidad, que tiene el AMEF como una de las herramientas estándar de la metodología, en las últimas dos décadas se ha difundido y popularizado el AMEF en todo tipo de sectores, incluyendo el servicio.

INTRODUCCIÓN

Esta tesina ha sido escrita con el fin de instruir en la elaboración y desarrollo de Análisis del Modo Y Efecto de Falla Potencial para diseño y proceso en la industria automotriz ya que está escrito tomando como base el Manual de FMEA 4ª Ed. de AIAG.

El AMEF es un método que se debe elaborar durante el proceso de planeación de la calidad (APQP en la industria automotriz), antes del inicio de la producción, durante el diseño y desarrollo de nuevos productos y procesos, y se debe continuar desarrollando durante toda la vida del producto.

El AMEF involucra a todos los modos de falla potenciales en un producto y sus procesos, así como sus posibles efectos, causas y ocurrencias, y además las acciones recomendadas para prevenir estas fallas, con el fin de prevenir que los productos fallen en proceso o con el usuario.

El AMEF es una técnica analítica que identifica:

- Los modos de falla potencial relacionados con el producto.
- Los efectos potenciales en el cliente por las fallas.
- Las causas potenciales de las fallas en los procesos.
- Los controles e inspección que actualmente existan en el proceso para detectar los modos de falla y/o las causas de los modos de falla.
- Las acciones relevantes recomendadas en el proceso para prevenir los modos de falla.
- El seguimiento necesario de un problema y su acción correctiva.

El AMEF es una técnica analítica que estima:

- La severidad de los defectos por las fallas.
- La probabilidad o frecuencia de ocurrencia de las causas de las fallas
- La probabilidad de que los controles o inspecciones actuales detecten los modos de falla y/o las causas de los modos de falla.
- La importancia de las fallas potenciales a través del Numero de Prioridad de Riesgo (NPR) y los índices de riesgo SOD (Severidad, Ocurrencia y Detección) Y SxO (multiplicación de Severidad por Ocurrencia), por medio de las cuales se definen las acciones recomendadas.

El análisis o la evaluación para identificar las fallas pueden ser efectuados combinando dos criterios:

- Usando experiencia y datos históricos de productos similares anteriores (datos de garantías, reclamaciones de clientes, rechazos internos y cualquier otra información disponible)
- Usando inferencia estadística, modelación matemática, simulación, ingeniería concurrente e ingeniería de confiabilidad.

El AMEF se elabora por un equipo interdepartamental que conozca el producto y sus procesos de producción, y debe ser liderado y coordinado por una persona asignada como responsable. El AMEF es un método que necesita sentido común, porque se basa en la experiencia de los productos y procesos.

El AMEF es un documento que se debe actualizar en cada modificación al producto y al proceso.

El AMEF cuando es elaborado y desarrollado correctamente, es una eficiente metodología de prevención de las fallas y errores en los procesos, incluso el AMEF por

si solo puede ser considerado como pequeño un sistema de calidad para el aseguramiento de la durabilidad, calidad y confiabilidad de un producto.

CAPÍTULO I

**AMEF (ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLA
POTENCIAL)**

CAPÍTULO I. AMEF (ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLA POTENCIAL)

AMEF es una metodología analítica, utilizada para asegurar que problemas potenciales de un producto o proceso se han considerado. Su resultado más visible está en la documentación de conocimientos en los equipos o áreas que están encargados de realizar el AMEF.

La evaluación y el análisis general, es parte de la evaluación del riesgo. El desarrollo se lleva a cabo sobre el diseño (producto o proceso), revisión de funciones, cambios en la aplicación y el riesgo de falla potencial.

Cada AMEF debe garantizar que se presta atención a todos los componentes en el producto o el montaje, los que están relacionados con la seguridad crítica y los procesos, deben tener una prioridad más alta.

Uno de los factores más importantes para la implementación exitosa de un programa de AMEF es la puntualidad en su desarrollo; para lograr el objetivo del AMEF debe hacerse antes de la aplicación de un producto o proceso.

El AMEF de diseño debe iniciarse en las primeras etapas y el AMEF de proceso antes de desarrollar y/o adquirir herramientas o equipo de fabricación; el AMEF también se puede utilizar en la solución de problemas.

Existen 3 casos en los que el AMEF de proceso puede aplicar, cada uno con distinto alcance o enfoque:

Caso 1: Nuevos diseños, nuevas tecnologías o nuevos procesos.

Caso 2: Las modificaciones de diseño o de proceso; la interacción es posible debido a la modificación, y la historia de campo. Esto puede incluir cambios en los requisitos reglamentarios.

Caso 3: El uso de un diseño existente o proceso en un nuevo entorno, la ubicación, la aplicación o perfil de uso (incluyendo el ciclo de trabajo, los requisitos reglamentarios, etc.).

AMEF también se puede aplicar a las zonas no manufactureras. Por ejemplo el AMEF se podría utilizar para analizar el riesgo en un proceso de administración o de la evaluación de un sistema de seguridad.

1.3 Tipos de AMEF

La elaboración específica del AMEF depende del objetivo del AMEF, existen cuatro tipos:

5. AMEF de Sistema. Se aplica sistemas intangibles, como la administración de una oficina, un sistema de computacional de control de personal, o un sistema de seguridad en una organización, se identifica las fallas que pueden existir en cada una de los elementos del sistema y los subsistemas.
6. AMEF de Producto (TAMBIEN LLAMADO AMEF DE DISEÑO). Se aplica durante el diseño de un producto, identificando las fallas que pueden ocurrir en cada una de las partes, subensambles o componentes del producto.
7. AMEF de Proceso. Se aplica a cada una de las operaciones de un proceso productivo, identificando las fallas en el producto que se pueden originar en cada una de las operaciones.
8. AMEF de Servicio. Al igual que el AMEF anterior se aplica a las operaciones de un proceso, pero en este caso un proceso de servicio, identificando también las fallas en el producto que se pueden originar en cada una de las operaciones.

En los casos de empresas que diseñan y producen productos, se requiere la elaboración y seguimiento del AMEF de diseño y AMEF de proceso.

La elaboración general de todos los tipos de AMEF es igual, lo que cambia es el punto de análisis hacia donde se identifican las fallas, es decir, el elemento a observar.

Este punto se muestra en el encabezado y en la primera columna de AMEF, por lo que el resto de las columnas tienen los mismos conceptos y fórmulas.

1.4 Importancia de AMEF de Diseño y AMEF de Proceso

1.4.1 AMEF de Diseño

El Análisis de Modo y Efecto de Falla Potencial de Diseño, apoya al proceso para deducir riesgos de fallos potenciales, por ejemplo:

- Ayudar en la evaluación objetiva del diseño, incluyendo los requisitos funcionales y de alternativas de diseño.
- El aumento de la probabilidad de que los modos de falla potencial en el sistema y el funcionamiento del vehículo han sido considerados en el diseño y proceso de desarrollo.
- Proporcionar información adicional para ayudar en la planificación del diseño completo y el desarrollo de los programas de validación.
- Desarrollo de una lista clasificada de los modos de fallo potenciales de acuerdo a su efecto sobre el cliente, estableciendo así un sistema de prioridades para mejoras en el diseño, desarrollo, pruebas de validación y análisis.

- Proveer una referencia futura, (por ejemplo, lecciones aprendidas), para ayudar a abordar la evaluación de cambios en el diseño y el desarrollo de diseños avanzados.

El AMEF de Diseño debe incluir todos los posibles modos de falla y las causas que pueden ocurrir durante el proceso de fabricación o montaje que son el resultado del diseño.

Tales modos de falla pueden ser incluidos en los cambios de diseño, por ejemplo una característica de diseño evita que una parte pueda ser montada en la orientación equivocada (es decir, a prueba de errores).

Cuando no es incluido el modo de falla durante el análisis del AMEF de Diseño (como se señala en el plan de acción), su identificación, efectos y control deben ser transferidos y cubiertos por el AMEF de Proceso.

El AMEF de Diseño no se basa en los controles de proceso para superar las posibles deficiencias de diseño, pero tiene las limitaciones técnicas y físicas de un proceso de fabricación y montaje, por ejemplo:

- Superficie limitada, capacidad de acabado.
- Montaje de espacio.
- Limitada capacidad de endurecimiento de los aceros.
- Tolerancia / capacidad de proceso y rendimiento.

En el AMEF de Diseño también se pueden tomar en consideración las limitaciones técnicas y físicas de mantenimiento de productos, una vez que el producto ha entrado en uso, ejemplo:

- Herramienta de acceso
- Capacidad de diagnóstico

- Material de los símbolos de clasificación (para el reciclaje)
- Los materiales y productos químicos utilizados en los procesos de fabricación.

1.4.2 AMEF de Proceso

El AMEF de Proceso, apoya el desarrollo del proceso de fabricación para reducir el riesgo de fallos, por ejemplo:

- Identificar y evaluar las funciones de proceso y los requisitos.
- Identificar y evaluar el potencial del producto y los modos de falla relacionados con el proceso, y los efectos de las posibles fallas en el proceso y los clientes.
- Identificar el potencial de fabricación o las causas del proceso de ensamblaje.
- Identificar de las variables de proceso, para centrar los controles del proceso en reducir la aparición o una mayor detección de las condiciones de falla.
- Permite la creación de un sistema de prioridades para prevenir, controlar y realizar acciones correctivas.

El AMEF de Proceso es un documento vivo el cual debe:

- Ser iniciado antes o en la etapa de factibilidad.
- Ser iniciados antes de las herramientas para la producción.
- Tener en cuenta todas las operaciones de fabricación de los componentes individuales.
- Incluir todos los procesos dentro de la planta que pueden afectar las operaciones de fabricación y montaje como recepción, transporte de material, almacenamiento, cintas transportadoras o el etiquetado.

En el inicio del análisis de los procesos nuevos o revisados, se aconseja anticipar, resolver o controlar los posibles problemas del proceso durante las etapas de planificación de la fabricación.

El AMEF de Proceso asume el producto según su diseño. Los modos de fallas potenciales que pueden ocurrir debido a una debilidad del diseño pueden ser incluidos en un AMEF de Proceso.

En el AMEF de Proceso se tiene en cuenta las características de un producto de diseño en relación con la fabricación planificada o proceso de montaje para asegurar que, en la medida de lo posible, el producto resultante cumple con las necesidades y expectativas del cliente.

La definición de "cliente" para un AMEF de Proceso normalmente debería ser el "usuario final". Sin embargo, el cliente también puede ser una fabricación posterior, intermedia, una operación de montaje o una operación de servicio.

CAPÍTULO II

ELABORACIÓN Y DESARROLLO DE AMEF DE DISEÑO Y DEL AMEF DEL PROCESO

CAPÍTULO II. ELABORACIÓN Y DESARROLLO DE AMEF DE DISEÑO Y DEL AMEF DEL PROCESO

Para asegurar el desarrollo uniforme del Análisis de Modo y Efecto de Falla Potencial se debe definir un formato, en esta tesina se propone el formato del Anexo “1”, que está basado en la forma E del Anexo A del Manual FMEA 4ª Ed. De AIAG, aunque cada empresa puede definir un formato diferente porque este manual declara esta flexibilidad.

2.1 Desarrollo de un AMEF de Diseño

El AMEF de Diseño se centra en el diseño del producto, que se entrega al cliente final (usuario final).

La tarea de los requisitos previos para un análisis efectivo del diseño del producto incluye:

- El montaje de un equipo, para determinar el alcance.
- La creación de diagramas de bloques o diagramas-P que representan la función del producto y los requisitos.

Una definición clara y completa de las características del producto deseado facilita la identificación de los modos de falla potencial. Una utilidad del AMEF de Diseño es documentar los resultados de los análisis, incluyendo las acciones recomendadas y responsabilidades.

El proceso de AMEF de Diseño se puede asignar al cliente.

2.1.1 Requisitos Previos para AMEF de Diseño

Otro paso en el proceso importante en el AMEF de Diseño, es una recopilación de los requisitos funcionales y de interfaz de diseño:

- General: En esta categoría se considera que la finalidad del producto y su intención de diseño en general.
- Seguridad.
- Regulaciones gubernamentales.
- Carga y ciclos de trabajo: el producto al cliente perfil de uso.
- Ruido, vibraciones y asperezas (Noise, vibration and harshness (NVH)).
- Retención de líquidos.
- Ergonomía.
- Apariencia.
- Embalaje y transporte.
- Servicio.
- Diseño para el montaje.
- Diseño para la fabricación.

2.1.2 Diagrama de Bloques

En el diagrama de bloques del producto se muestran las relaciones físicas y lógicas entre los componentes del producto. Hay diferentes enfoques y formatos para la construcción de un diagrama de bloques.

El diagrama de bloques indica la interacción de componentes y subsistemas en el ámbito del diseño. Esta interacción puede incluir: flujo de información, energía, fuerza o líquido. El objetivo es comprender los requisitos o las entradas al sistema.

El diagrama puede ser en forma de cajas conectadas por líneas con cada caja que corresponde a un componente principal del producto o de un paso importante del proceso. Las líneas corresponden a cómo los componentes del producto están relacionados.

La organización tiene que decidir el mejor enfoque o formato para el diagrama de bloques. La Figura 1 contiene un ejemplo del diagrama de bloques.

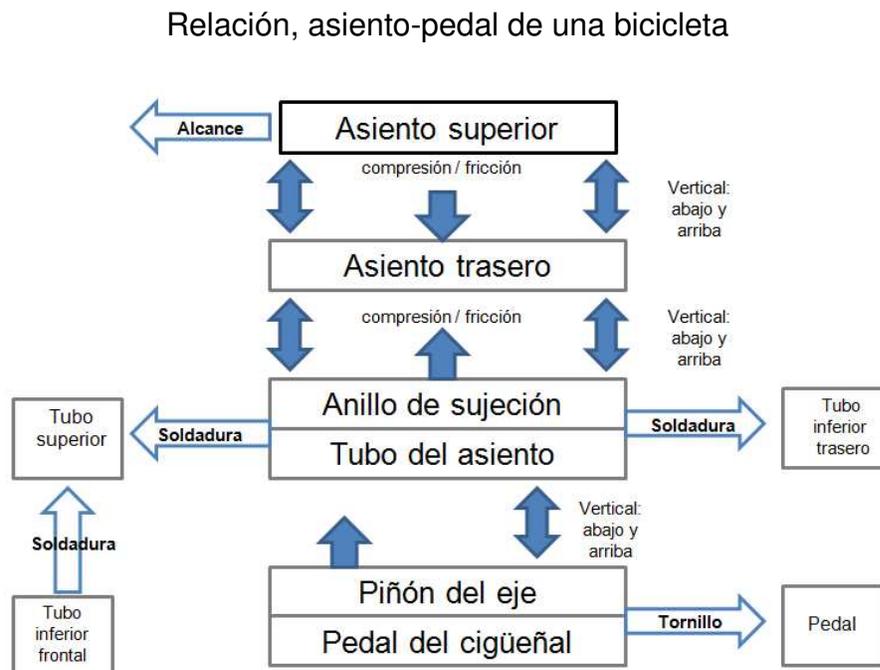


Figura 1. Diagrama de Bloques

2.1.3 Parámetro Diagramas-P

El diagrama-P es una herramienta estructurada para ayudar al equipo a comprender la relación de la función con el diseño, el equipo de análisis de los insumos destinados y salidas para el diseño, así como los factores controlados y no controlados que pueden afectar al rendimiento. Ver figura 2 que es un ejemplo de diagrama P.

Las entradas para el producto y los resultados del producto, son útiles en la identificación de los estados de error, los factores de ruido, y los factores de control.

Los estados de error corresponden a los modos de falla potencial en el AMEF de Diseño.

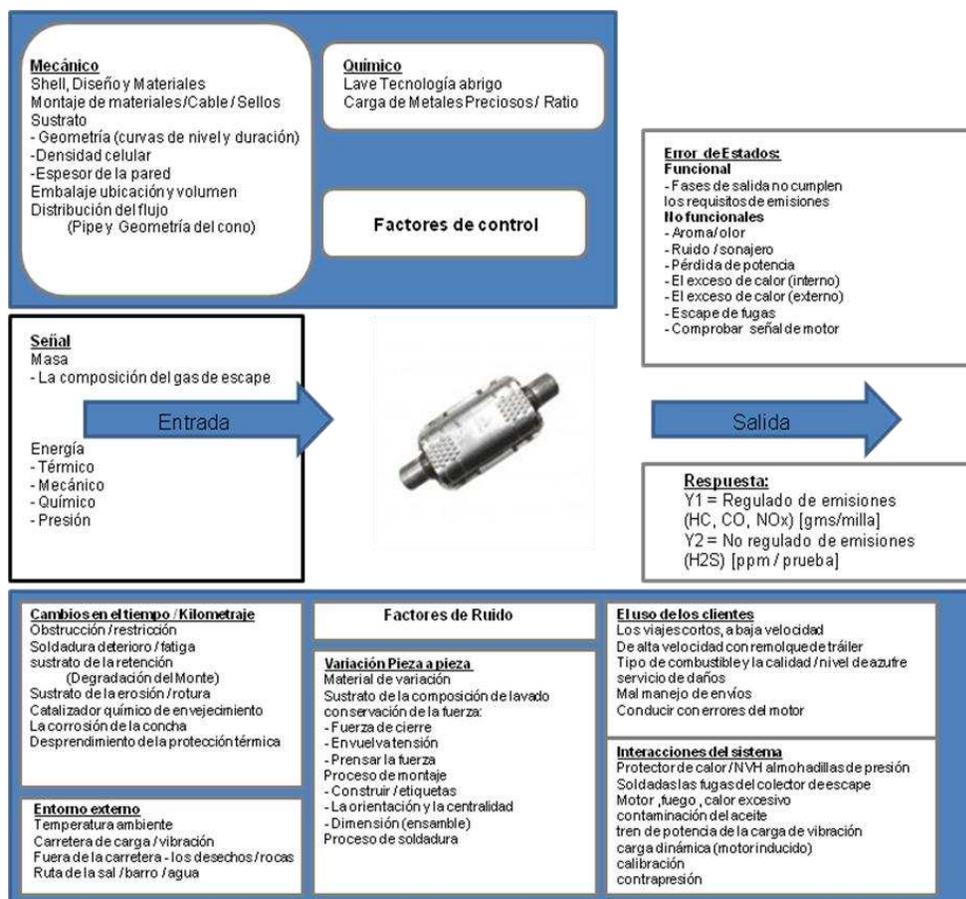


Figura 2. Ejemplo de un parámetro (p) Diagrama de un convertidor catalítico de generico

2.1.4 Otras Herramientas y fuentes de información para el desarrollo de AMEF de Diseño

Otras herramientas y recursos que pueden ayudar al equipo a comprender y definir los requisitos de diseño pueden ser:

- Esquemas, dibujos.
- Lista de materiales.
- Interrelación matrices.
- Interfaz de matriz.
- Calidad de despliegue de la función (QFD).

El uso de estas herramientas, con el apoyo de experiencia en ingeniería y la información histórica que se ha recolectado, puede ayudar a definir un conjunto de requisitos y funciones.

2.2 Desarrollo de un AMEF de Proceso

El ingeniero de procesos, responsable o jefe de equipo tiene a su disposición una serie de documentos que serán de utilidad en la preparación del AMEF de Proceso.

El AMEF de Proceso comienza por elaborar una lista de lo que se espera que haga el proceso y lo que se espera que no deba hacer, es decir, la intención del proceso.

El AMEF de Proceso debe ser con un diagrama de flujo del proceso general. Este diagrama de flujo debe identificar las características asociadas a cada operación. El diagrama de flujo utilizado en la preparación del AMEF de Proceso debe ser incluido.

2.2.1 Requisitos Previos para AMEF de Proceso

Un AMEF de Proceso debe ser desarrollo con la suficiente información para comprender la fabricación y operaciones de montaje que se analiza y definir sus necesidades.

El diagrama de flujo del proceso es una entrada principal al AMEF de Proceso. El diagrama de flujo se utiliza como una herramienta, para ayudar a establecer el objeto de análisis durante la fabricación diseño del sistema.

2.2.2 El diagrama de flujo del proceso y la relación con AMEF de Proceso

Un diagrama de flujo del proceso describe la trayectoria del producto a través del proceso, desde que llega la materia prima y sale transformada en un producto. Esto debe incluir cada paso en un proceso de fabricación o montaje, así como sus productos conexos (característica del producto, requisitos, resultados, etc.) y entradas (las características del proceso, las fuentes de variación, etc.).

El AMEF de proceso debe ser coherente con la información en el diagrama de flujo del proceso.

El ámbito de aplicación del diagrama de flujo del proceso debe incluir todas las operaciones de fabricación de la transformación de los componentes individuales de las

asambleas incluyendo el envío, recepción, transporte de material, almacenamiento, cintas transportadoras, etiquetado, etc.

Una forma de evaluación preliminar del riesgo, es utilizando el diagrama de flujo del proceso, donde se puede identificar cuál de estas operaciones o etapas individuales pueden tener un impacto en la fabricación de productos.

El desarrollo del AMEF de proceso identifica el requisito para cada proceso o función.

Los requisitos son los resultados de cada operación y se refieren a los requisitos para el producto. Los requisitos deben proporcionar una descripción de lo que debe ser archivado en cada operación. Los requisitos deben proporcionar al equipo una base para identificar modos de fallo potenciales.

Con el fin de asegurar la continuidad, es muy recomendable que el mismo equipo multifuncional desarrolle el diagrama de flujo del proceso, AMEF de proceso, y plan de control.

El la figura 3 se muestra un ejemplo de un diagrama de flujo de un cilindro maestro PF.

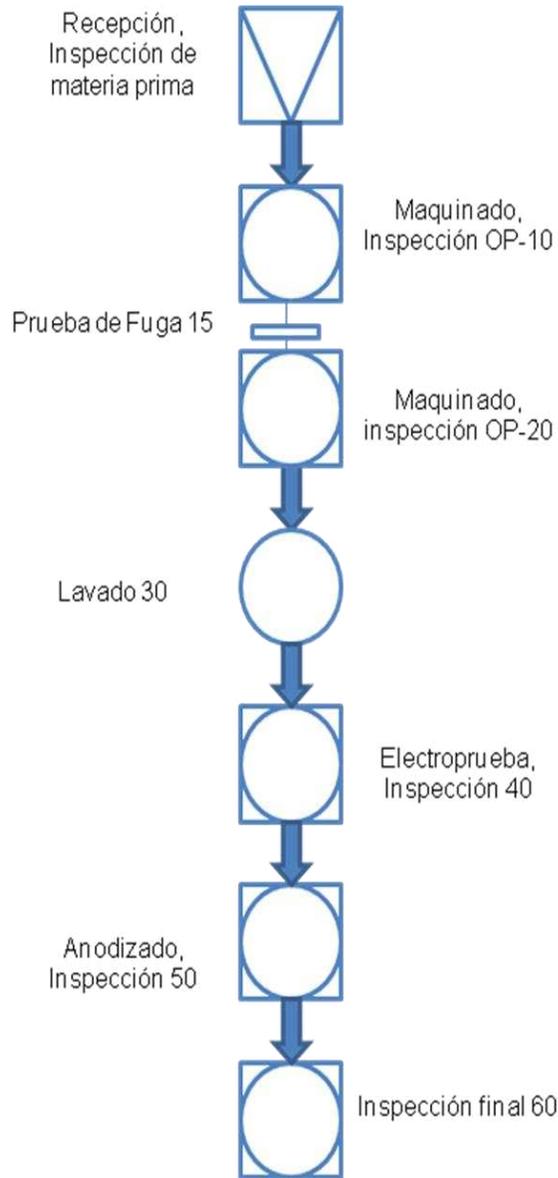


Figura 3. Ejemplo de un diagrama de flujo de un cilindro maestro PF

2.2.3 Otras Herramientas y fuentes de información para el desarrollo de AMEF de Proceso

Otras fuentes de información que son útiles para proporcionar el equipo con maneras de enfocar y capturar a los debates sobre los requisitos del proceso incluyen:

- AMEF de Diseño.
- Dibujos y registros de diseño.
- Carta de proceso.
- Interacción (carácter) de la matriz.
- Reclamaciones de clientes internos y externos.
- Modos de fallo sobre la base de datos históricos)
- Calidad y fiabilidad de la historia

2.2.4 Búsqueda de información para AMEF de Proceso

Después de establecer el alcance del esfuerzo de análisis, el equipo debe empezar por revisar la información histórica, ya que de esta podemos tener referencia. Las áreas de revisión deben incluir:

- Las lecciones que han aprendido de productos anteriores y la aplicación de diseño de procesos.
- Cualquier información disponible, que establezca mejores prácticas, incluyendo elementos tales como, las directrices y normas, la identificación de piezas estándar, o los métodos de corrección de errores.
- La calidad de la información de rendimiento disponibles del producto similar, anterior y diseño de procesos, incluyendo aspectos tales como: rendimiento del proceso, la capacidad por primera vez (ambos extremos de la línea y en cada operación), partes por millón (PPM), los índices de capacidad de proceso (Cpk y Ppk), y métricas de la garantía.

La información puede ser una contribución útil para la determinación de la severidad, la ocurrencia y la detección.

2.2 Encabezados del AMEF

La tabla 1, muestra el formato del encabezado del AMEF propuesto.

1) Tipo de AMEF Diseño Proceso		2) Número de AMEF	
3) Nombre-Número del producto		4) Núm/Nivel/Rev de Ingeniería (si aplica)	
5) Responsable del proceso	10) Equipo de AMEF (y proveedores si aplica) (Nombre, Depto y Teléfono)	11) Fecha de Emisión de AMEF	
6) Cliente si aplica		12) Fecha/Número de última revisión de AMEF	
7) Modelo y año si aplica		13) Página	
8) Fecha Clave de AMEF		14) Nombre y Firma de revisión y aprobación de AMEF	
9) Líder/Coordinador de AMEF			

Tabla 1. Encabezado del AMEF

A continuación se describe cada una de las partes del encabezado del AMEF.

- 1) Se debe indicar el tipo de AMEF que se va a realizar ya sea de Diseño o Proceso; se marca la opción que corresponda.
- 2) Se debe registrar el Nombre-Número de parte, ensamble o proceso que se está analizando en el AMEF; debe ser la clave alfanumérica usada para el control de documentos.
- 3) Nombre y/o número del producto (en el manual AIAG se llama "Item"). Se escribe el nombre (y número de parte si aplica) del (los) producto(s) o familia de productos que define claramente el alcance del AMEF.

- 4) Número de revisión o nivel de ingeniería. Se puede incluir el número de revisión o nivel de ingeniería por medio de letras y/o sufijos cuando aplique.
- 5) Nombre del responsable del proceso. Se escribe el nombre de la organización y departamento responsable del proceso, también se puede incluir el nombre del proveedor, si aplica.
- 6) Nombre del cliente. En caso de ser necesario, si aplica, coloca el nombre de este.
- 7) Nombre y año del Modelo (si aplica y si es conocido). Escriba el modelo y la línea del vehículo que utilizará y/o por el diseño/proceso que está siendo analizado.
- 8) Fecha clave del AMEF. Es la fecha programada; es el plazo para emitir el AMEF. En la industria automotriz debe ser anterior a la fecha programada para el proceso de aprobación Proceso de Aprobación para la Producción de Partes (PPAP) y la fecha de inicio o arranque de producción. Si el producto está dividido en componentes o partes con fechas diferentes programadas de liberación, se anota la última de la fechas.
- 9) Líder/Coordinador del AMEF (en el manual AIAG se llama “Preparado por”). Para poder tener una mejor información acerca de coordinador, se anota: nombre y número de teléfono del líder del AMEF.

Idealmente el líder de un AMEF de Producto debe ser quien tiene la responsabilidad principal del diseño final del producto, y el líder de un AMEF de Proceso debe ser quien tiene la responsabilidad principal del proceso, máquina o equipo de producción, en la industria automotriz en el proceso Planeación Avanzada de la Calidad del Producto (APQP) se anota el “TEAM LEADER”. En la figura 4 se muestra un ejemplo de un organigrama.

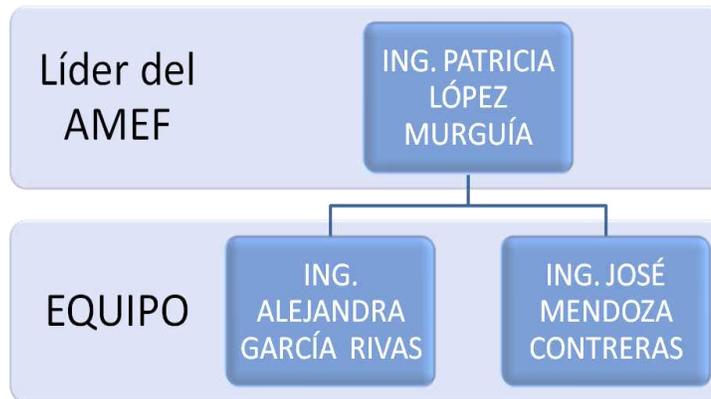


Figura 4. Ejemplo de un organigrama

- 10) Equipo multidisciplinario o interdepartamental. Es el personal que participa en la elaboración y revisión del AMEF, generalmente el personal tiene que ser del área de producción, almacenes, mantenimiento, ingeniería, calidad y otras áreas involucradas, se recomienda tener los nombres, puestos y números de teléfono de estos; se pueden agregar nombres, puestos y números de teléfonos de personal de los proveedores involucrados si se considera conveniente que participen en la elaboración del AMEF.
- 11) Fecha y/o número de emisión del AMEF. Es la fecha del primer AMEF elaborado, revisado y aprobado para el proceso.
- 12) Fecha y/o número de última revisión del AMEF. Es la primera elaboración, se anota la misma fecha de emisión y última revisión, en las revisiones posteriores se anota la fecha de revisión y actualización del AMEF para el producto.
- 13) Número de página y número total de páginas, es para llevar un mejor control del AMEF.
- 14) Revisión y aprobación de AMEF (este punto no lo tiene el manual de FMEA 4ta ED de AIAG, pero es recomendable colocarlo, ya que el control de este documento sería mucho mejor).

Los datos que deberá llevar son: Nombre y firma de la persona que revisa y a prueba al AMEF, el responsable de la planta debe aprobar el AMEF. EL cliente puede reservarse el derecho de aprobar el AMEF.

2.3 Cuerpo del AMEF

La siguiente tabla 2 muestra el Cuerpo del AMEF parte 1, donde explicaremos el contenido que debe llevar para poder llevar a cabo el AMEF.

Operación/ Material/ Componente y Función	Requisito	Modo de falla potencial	Efecto(s)del Modo de Falla	T i p o	S e v	Causa(s) del Modo de Falla	Control actual de Prevención de la Causa	O c u	Control Actual de Detección	
									De la Causa	Del Modo de Falla

Tabla 2. Cuerpo del AMEF parte 1

La primera columna del AMEF se elabora dependiendo del tipo de AMEF: Producto, Proceso, sistema o Servicio.

2.5.1 Para AMEF de Diseño: material/componente y función

Para el AMEF de diseño se debe tener elaborado previamente una estructura de sus componentes hasta su nivel más alto de detalle: ensambles, subensambles y partes.

En la primera columna del AMEF se escribe:

Nombre del material o componente en el que se divide el producto, y la función del material/componente, si existe más de una función, se listan todas.

La función del producto, material o componente debe ser derivada de las necesidades, deseos, expectativas o requisitos de los clientes, se incluyen los requisitos de:

- Seguridad
- Funcionamiento
- Desempeño
- Fiabilidad
- Regulaciones del gobierno
- Otras restricciones externas o internas de la organización

La función del proceso debe estar relacionada a cumplir con las funciones del producto relacionadas a cada una de las operaciones.

Para que la descripción de la función sea útil, debe ser descrita concisa, exacta y fácil de entender; idealmente con un verbo infinito y un sustantivo común, a continuación se muestran ejemplos de funciones:

- Proveer soporte
- Amortiguar vibración
- Proveer elasticidad
- Informar a usuarios
- Resistir desgaste
- Proteger usuario
- Filtrar residuos
- Proveer nutrientes
- Aislar temperatura
- Permitir rotación
- Retirar material
- Decorar producto

- Sujetar piezas
- Energizar producto
- Dirigir fuerza
- Transmitir torque
- Permitir ajuste
- Resistir corrosión
- Alojamiento de componentes
- Soporte
- Mantener presión

La importancia de describir la función consiste en que un modo potencial de falla es pérdida parcial o total de una función, por lo que una buena definición ayuda a definir los modos de falla.

2.5.2 Para AMEF de proceso o de servicio: Operación del proceso y función

Se debe tener elaborado previamente el diagrama de flujo de proceso, de manufactura o de servicio, ya que en el diagrama de flujo se pueden observar claramente las operaciones que tiene el proceso y es más sencilla la elaboración del AMEF.

En la primera columna del AMEF se describe: El nombre de la operación de proceso de acuerdo a la numeración del diagrama de flujo del proceso y descripción breve de la función de proceso, esto es para un mejor entendimiento; la función de una operación se puede definir como la transformación o producción de una característica del producto que estaba ausente antes de la operación.

2.5.3 Requisitos

Cuando se considere necesario esta parte para el desarrollo del AMEF, se escriben los principales requerimientos que debe de cumplir el producto (tolerancia y especificaciones), del proceso (especificaciones de los parámetros de las máquinas, costos, especificaciones funcionales de módulos, subensambles, indicadores de productividad, lista de piezas u otros) y/o otras como las legales y reglamentarias.

2.5.4 Modo de falla potencial

Se define a Modo de falla potencial como:

- Falla Total
- Falla Parcial
- Falla Intermitente
- Falla Gradual
- Sobre funcionamiento

Se realiza una lista de cada modo de falla potencial para la operación en particular; para identificar todos los posibles modos de falla, aunque no necesariamente ocurra.

Para poder identificar los posibles modos de falla potencial se pueden realizar las siguientes preguntas:

- ¿Qué puede ocurrir mal en el producto o proceso?
- ¿Cómo puede el producto fallar por no cumplir especificaciones?

- ¿Independientemente de las especificaciones de ingeniería, que consideraría un cliente como objetable?

Puede existir más de un modo de falla en una función. Se presentan a continuación algunos ejemplos de modo de falla:

- | | | |
|------------------------|------------------------|-----------------------|
| • Acordado | • Dañado por ralladura | • Flojo, con juego |
| • Aterrizado | • Desalineado | • Mal abocardado |
| • Componente roto | • Ensamble equivocado | • Soporte deformado |
| • Con golpe | • Falla en abrir | • Áspero |
| • Con corrosión | • Golpe por manejo | • Circuito abierto |
| • Derrame | • Manchas | • Con fuga |
| • Doblado | • Sin presión | • Contaminación |
| • Falla eléctrica | • Arrugado | • Deformado |
| • Fundido | • Baja resistencia | • Distorsión |
| • Mal pegado | • Con burbujas | • Falla de componente |
| • Quebradizo | • Con ruido | • Frágil |
| • Agrietado | • Decolorado | • Mal ensamble |
| • Baja dureza | • Dimensión incorrecta | • Poros |
| • Componentes omitidos | • Excéntrico | • Torcido |
| • Con rebaba | | • Diámetro rallado |

- Diámetro desplazado
- Rugosidad

Para identificar modos de falla es requisito la revisión de los AMEF's de productos similares, si existen, de la información de reclamaciones de calidad y garantías, de información de servicio y campañas, de la retroalimentación de rechazos internos por inspección, de estudios de factibilidad, y en general de cualquier información de fallas potenciales.

Otra técnica para identificar modos de falla es el análisis de árbol de falla (FTA). En la estructura del FTA el nivel más alto corresponde a la pérdida de la función primaria del producto, y progresivamente en niveles inferiores la pérdida de funciones secundarias y de valor agregado.

2.5.5 Efecto de falla potencial

Los efectos potenciales de falla son los efectos del modo de fallo en la función, en términos de la percepción del cliente, recordando que el cliente puede ser interno, así como el usuario final, incluyendo el incumplimiento de regulaciones gubernamentales y esto debería ser claramente indicado.

Si un modo de falla tiene más de un efecto de falla, se escriben todos los efectos en el mismo renglón, y se usara el efecto de mayor severidad para calificar en la columna de "Severidad".

2.5.5.1 Efecto de falla potencial para AMEF de Diseño

Los efectos siempre deben ser expresados en términos específicos del sistema, subsistema o componente analizando.

El funcionamiento del sistema intermitente (no continuo) puede disminuir el rendimiento y en última instancia conducir a la insatisfacción de los clientes.

El objetivo es predecir los efectos a nivel de falla potencial del equipo. Los efectos de la falla potencial deben ser expresados en términos de rendimiento del producto o sistema.

2.5.5.2 Efecto de falla potencial para AMEF de Proceso

Los efectos de falla potencial del producto deben ser coherentes con los efectos de falla potencial del Diseño.

Para el usuario final, los efectos deben ser expresados en términos de rendimiento del producto o sistema. Si el cliente es la siguiente operación o funcionamiento posterior los efectos deben ser expresados en términos de proceso o rendimiento de la operación.

Para determinar el efecto de falla potencial deberían plantearse las siguientes preguntas:

1. ¿El modo de falla potencial impide el tratamiento posterior, causa daño potencial al equipo o los operadores?

Esto incluye la imposibilidad de montar o unirse a un componente de acoplamiento.

Si es así, evaluar el impacto de fabricación. No se requiere mayor análisis. Si no es así, pase a la pregunta 2.

Ejemplos:

- No se puede montar en la operación x.
- No se puede conectar a las instalaciones del cliente.
- No se dio en las operaciones de x.
- Causa excesivo desgaste de la herramienta en la operación x.
- Daños en el equipo de operación x.
- Pone en peligro las instalaciones del cliente.

Nota: la ubicación, la estación o la operación en la que se produce el efecto debe ser identificado. Si es en instalaciones del cliente, así deberá indicarse.

2. ¿Cuál es el impacto potencial sobre el cliente final?

Hay que considerar que el cliente final se daría cuenta en base a la experiencia o a simple vista. Esta información puede estar disponible en el AMEF de Diseño.

Ejemplos:

- Ruido
- Gran esfuerzo
- Olor desagradable
- Fuga de agua
- No se puede ajustar
- Dificultad para controlar

- Mal aspecto

3. ¿Qué pasaría si un efecto se detectó antes de llegar al cliente final?

Cuando el efecto de falla se detecta antes de que llegue al cliente final

Ejemplos:

- Línea parada
- Detener el envío
- 100% del producto rechazado
- Disminución de la velocidad en la línea
- Se ha añadido mano de obra para en la línea para mantener producción requerida

2.5.6 Clasificación (Identificación de afectación a características especiales)

Esta columna puede ser utilizada para poner de relieve los modos de alta prioridad de falla y sus causas asociadas, en caso de que aplique, se dibuja la simbología o codificación del tipo de característica del producto afectada.

En los sistemas de calidad formales es común definir y usar una simbología para identificar las características especiales, que las Tablas Militares Estándar 105 en su versión "D" de 1962 (ahora ANSI-ASQ Z 1.4:2008) estandarizo en tres tipos o categorías:

- Características que afectan a la seguridad del usuario final y/o regulaciones gubernamentales.

- Características que afectan a la función primaria del producto, su funcionamiento, desempeño o confiabilidad.
- Características que afectan a funciones secundarias o de valor agregado al producto.

Actualmente cada sector económico y organización define su propio nombre o símbolo, pero todos coinciden en las definiciones propuestas por la MIL-STD-105-D. En la norma ISO/TS 16949 a estas características se les llama especiales, algunos símbolos comunes son:

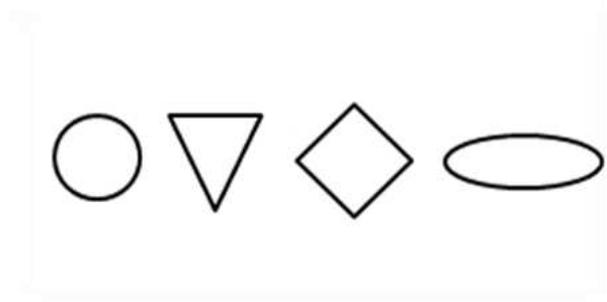


Figura 5. Símbolos de Características Especiales

Las características especiales se definen en dos fuentes:

- Los documentos de diseño del producto (dibujos, planos y especificaciones)
- La experiencia y conocimiento técnico del producto, tanto del cliente como del productor

Estas dos fuentes se definen a las características especiales desde antes de la elaboración del AMEF.

Como resultado de este análisis, el equipo puede utilizar esta información para identificar las características especiales.

Cuando una característica especial se identifica con una gravedad de 9 o 10 en el AMEF, el ingeniero responsable del diseño debe ser notificado, puesto que esto puede afectar a los documentos de ingeniería.

2.5.7 Severidad del efecto de la falla potencial

La estimación de la severidad de los efectos de las fallas potenciales en una escala de 1 al 10, la severidad es el factor que representa la gravedad de la falla para el cliente después de que la falla ha ocurrido. El criterio para evaluar severidad no es completamente cuantitativo, depende del conocimiento técnico del producto y del proceso, para lo cual generalmente se define una tabla de criterios de severidad.

La clasificación depende de la severidad de los efectos de un modo de falla con el cliente o consumidor final y/o con el proceso y operado (de manufactura o de ensamble), se debe analizar ambos y usar la calificación resultante más alta.

La siguiente tabla 3 muestra el criterio sugerido de evaluación a severidad en el AMEF.

Efecto	Severidad del efecto en el producto (efecto al cliente final)	Rango	Efecto	Severidad del efecto en el proceso (efecto de manufactura)
Incumplimiento de Seguridad y/o Requisitos Regulatorios	Modo de falla potencial que afecta a la seguridad en la operación del vehículo y/o que involucra incumplimiento de regulaciones gubernamentales sin aviso al usuario	10	Incumplimiento de Seguridad y/o Requisitos Regulatorios	El operador puede estar en peligro (en máquina o ensamble) sin aviso al operador
	Modo de falla potencial que afecta a la seguridad en la operación del vehículo y/o que involucra incumplimiento de regulaciones gubernamentales con aviso al usuario	9		El operador puede estar en peligro (en máquina o ensamble) con aviso al operador

Pérdida o deterioro de la función primaria	Perdida de la función primaria (vehículo inoperable, no afecta a la operación segura del vehículo)	8	Interrupción mayor	100% del producto debe ser scrap. La línea puede parar o detener su producción
	Degradación de la función primaria (vehículo operable pero con un nivel reducido de rendimiento)	7	interrupción significativa	Una porción de la producción puede ser scrap. Desviación del proceso primario incluyendo disminución de la velocidad de la línea o incremento de valor añadido de la mano de obra
Pérdida o deterioro de la función secundaria	Perdida de la función secundaria (vehículo operable, pero otras funciones son inoperables)	6	Interrupción moderado	100% del producción puede ser reprocesado, fuera de la línea, y después aceptado
	Degradación de la función secundaria (vehículo operable pero otras funciones tienen un nivel reducido de rendimiento)	5		Una porción de la producción puede ser reprocesado, fuera de la línea, y después aceptado
Molestias	Apariencia, ruido excesivo, sin confort (vehículo operable, el asunto es detectado por la mayoría de los clientes (>75%))	4		100% de la producción puede ser reprocesado en la línea (en la estación) antes de ser procesado
	Apariencia, ruido excesivo, sin confort (vehículo operable, el asunto es detectado por muchos clientes (>25 y <75%))	3	Una porción de la producción puede ser reprocesado en la línea (en la estación) antes de ser procesado	
	Apariencia, ruido excesivo, sin confort (vehículo operable, el asunto es detectado por pocos clientes (<25%))	2	Interrupción menor	Inconvenientes ligeros al proceso, a la operación o al operador
Sin efecto	Ningún efecto detectable	1	Sin efecto	Ningún efecto detectable

Tabla 3. Criterio sugerido de Evaluación a Severidad en el AMEF

2.5.8 Causa del modo de falla potencial

Aunque podemos hacer uso de técnicas para identificar causas, como:

- Lluvia de ideas
- Diagrama de Pareto

- Diagrama de Ishikawa
- Los 5 porqués
- Técnica Nominal de Grupo
- Estudios de correlación

Es posible identificar las causas basados en la experiencia, la cual se ha adquirido a lo largo del tiempo, y el conocimiento acerca del producto y proceso, buscando la causa raíz y no el síntoma.

Algunas causas de falla potenciales típicas son:

- Abertura inadecuada
- Colocación inadecuada de empaque
- Daño por empaque
- Espesor bajo
- Falta de capacitación del operador
- Falta de comunicación
- Falta de especificaciones
- Falla de material
- Herramienta desafilada
- Lubricación inadecuada
- Par de apriete inapropiado
- Sistema de control inadecuado
- Velocidad incorrecta
- Alimentación incorrecta
- Concentración de esfuerzos
- Daño por manejo
- Factores ambientales
- Falta de información
- Fatiga de operador
- Herramienta incorrecta
- Medición con equipo inexacto
- Preparación inapropiada de superficie
- Sobre calentamiento de máquina

- Ventilación inadecuada
- Capacitación excedida
- Contracción por tratamiento térmico
- Diseño inadecuado
- Falta de dispositivos de seguridad
- Falta de mantenimiento
- Herramental desgastado
- Instrucciones inadecuadas
- Operación faltante
- Procedimiento de control inadecuado

De acuerdo a Juran el 76% de todas las modificaciones del diseño (cambios e ingeniería) son debidos a correcciones de mal diseño, y solo el 24% son debidos a mejoras, por lo que es imperativo que el enfoque de la elaboración del AMEF sea identificar todas las fallas potenciales y todas las causas posibles de falla.

Si un modo de falla tiene varias causas, que es lo más común que ocurra, la primer causa se anota en el mismo renglón, nivel o espacio que el conjunto de efectos de falla potencial, la causa dos se anota en el siguiente renglón después del conjunto de efectos, y las siguientes causas en los siguientes renglones, todas las causas tienen asignado el mismo valor de severidad del conjunto de efectos de la falla potencial.

2.5.8.1 Causa de modo de falla potencial del AMEF de Diseño

Entre las posibles causas de fracaso, se define como una indicación de cómo el proceso de diseño puede permitir el hecho de no producirse, describir en términos de algo que puede ser corregido o se pueden controlar.

La causa potencial de fracaso puede ser una indicación de una deficiencia de diseño, cuya consecuencia es el modo de falla.

Al identificar las posibles causas de fracaso, es necesario hacer uso de descripciones concisas de las causas específicas de fracasos, para un mayor entendimiento del porque fallo.

La investigación de las causas tiene que centrarse en el modo de fallo y no en el efecto (s). En la determinación de la causa (s), el equipo debe asumir la existencia de la causa y por lo tanto tendrá que traducirlo en el modo de falla, es decir, saber por qué se dio la falla.

En la medida de lo posible, la lista de todas las posibles causas para cada modo de fallo / mecanismo de falla. La causa debe aparecer de la forma más concisa y completa posible.

La separación de la causa dará lugar a un análisis centrado para cada causa y pueden producir diferentes planes de acción.

2.5.8.2 Causa de modo de falla potencial del AMEF de Proceso

Las posibles causas de fracaso, se define como una indicación de cómo el fracaso puede ocurrir, y se describe en términos de algo que puede ser corregido o se pueden controlar.

Las causas potenciales puede ser un indicio de una debilidad del diseño o el proceso.

En la medida de que se avance hay que identificar y documentar todas las causas posibles para cada modo de fallo. La causa debe ser detallada la forma más concisa y completa posible para un mejor entendimiento.

La separación de la causa dará lugar a un análisis centrado para cada uno y pueden producir planes de acción.

Puede haber una o varias causas que pueden resultar en el modo de fallo que se analiza. Esto da lugar a varias líneas para cada causa en la tabla o el formulario.

En la preparación del AMEF de proceso el equipo debe asumir que la parte de entrada, el material, son correctos. Se pueden hacer excepciones a criterio del equipo donde los datos históricos indiquen la deficiencia en la calidad de las piezas.

Sólo el error o mal funcionamiento (por ejemplo, no instalar el sello o el sello instalado invertido) debe aparecer. Las frases ambiguas (por ejemplo, errores del operador o el sello mal instalados) no deben ser utilizadas.

2.5.9 Controles de prevención de las causas actuales

Lista de todos los controles de prevención utilizados actualmente (o definidos para ser aplicados al nuevo producto) para prevenir las causas del modo de falla potencial.

Los controles son métodos como dispositivos o sensores instalados en el proceso, procedimientos o rutinas que se realicen al inicio del proceso para prevenir fallas posteriores, hojas de proceso para hacer ajustes, concientización y capacitación dispositivos a prueba de error (Poka Yoke), etc., debe eliminar (impedir) la causa de la falla o el modo de fallo se produzca, o reducir su tasa de ocurrencia.

Se prefieren controles de prevención, si es posible. El ranking ocurrencia inicial se verá afectada por la prevención de los controles, siempre que se integran como parte del proceso.

Si existen actualmente más de un control de prevención para la misma causa, se listan todos los controles, pero el conjunto de controles se registra en un mismo renglón, nivel o espacio de cada causa que se está previniendo.

2.5.10 Probabilidad de ocurrencia de la causa del modo de falla potencial

Estimación de la probabilidad de ocurrencia de las causas en una escala del 1 al 10.

Cuando se estima la ocurrencia se considera la probabilidad de que la falla potencial ocurra, ocasionando el modo de la falla potencial indicado.

El número de ocurrencia asignado a una causa en particular es asignado a criterio del equipo que está encargado de la elaboración del AMEF. Para identificar esta frecuencia para cada una de las causas se puede usar la teoría de confiabilidad, el cálculo de las frecuencias esperadas (frecuencias relativas o históricas), el cálculo del Cpk, y cualquier otra estimación.

El criterio para evaluar ocurrencia no es completamente relativo, sino que también depende del conocimiento técnico del producto y el proceso, para el cual se define una tabla de criterios de ocurrencia como la siguiente, donde las estadísticas mostradas son únicamente una guía para estimar ocurrencia:

La clasificación depende de la frecuencia de ocurrencia de la causa de un modo de falla, si no existe tal información entonces se debe de evaluar con la frecuencia de ocurrencia del modo de falla, y en caso de ser necesario se deberá de evaluar con criterios relativos subjetivos.

La tabla 4 muestra el criterio sugerido de evaluación a ocurrencia en el AMEF.

Probabilidad de Falla	Criterios PFMEA: frecuencia de la causa (Incidentes por asunto/vehículo) (En todos los casos el criterio es mayor o igual)			Rango
Muy alta	≥ 100 por mil	≥ 1 en 10	$\geq 10\%$ / 100,000 ppm	10
Alta	50 por mil	1 en 20	5% / 50,000 ppm	9
	20 por mil	1 en 50	2% / 20,000 ppm	8

	10 por mil	1 en 100	1% / 10,000 ppm		7
Moderada	2 por mil	1 en 500	0.2% / 2,000 ppm	apox Cpk= 1.00	6
	0.5 por mil	1 en 2,000	500 ppm		5
	0.1 por mil	1 en 10,000	100 ppm	apox Cpk= 1.33	4
Baja	0.01 por mil	1 en 100,000	10 ppm		3
	0.001 por mil	1 en 1, 000,000	1 ppm	apox Cpk= 1.67	2
Muy Baja	La falla se elimina a través del control preventivo				1

Tabla 4. Criterio sugerido de evaluación a Ocurrencia en el AMEF

En caso de que las frecuencias esperadas de falla no pueden ser calculadas, es aceptable examinar AMEF de componentes similares o sustitutos.

2.5.11 Controles de detección e inspecciones actuales

Son todos los controles e inspecciones utilizados actualmente para detectar el modo de falla y la causa de modo de falla.

Los controles o inspecciones son métodos de detección como verificación periódica de parámetros de máquina, muestreo de aceptación de lotes, certificados de materiales, procedimientos de inspección o prueba en recibo o en línea, inspecciones visuales, inspecciones 100%, inspecciones patrulla, monitoreo con CEP, registro de parámetros de proceso, hoja de verificación en línea (check list), evaluación dimensional y funcional, dispositivos a prueba de error de detección (Poka yoke), alarmas automáticas del equipo y pruebas en laboratorio.

2.5.11.1` Los controles actuales de Diseño

Controles de Diseño actual son las actividades realizadas como parte del proceso de diseño que se han completado o se ha comprometido a, y que garantizarán la adecuación del diseño para el diseño de los requisitos funcionales y la fiabilidad que se trate.

La detección identifica la existencia de una causa, el mecanismo resultante del modo de fallo, ya sea por métodos analíticos o física, antes de lanzar el producto a producción.

El control de detección debe incluir la identificación de aquellas actividades que detectan el modo de fallo, así como los que detectan la causa.

El equipo debe considerar el análisis, ensayos, comentarios, y otras actividades que aseguren la idoneidad del diseño tales como:

- Evaluación comparativa de los estudios.
- A prueba de fallos de diseño.
- Diseñar normas de material (interna y externa).
- Documentación, registros de las mejores prácticas, lecciones aprendidas, etc. de los diseños similares.
- Simulación de los estudios de análisis de conceptos para establecer requisitos de diseño.
- Error de blindaje.

Detección de los controles

- Análisis del diseño.
- Prototipo de prueba.

- Las pruebas de validación.
- Estudios de simulación.
- La validación del diseño.
- Diseño de experimentos, que incluyeron pruebas de fiabilidad.
- Maqueta con piezas similares.

2.5.11.2 Los controles actuales de proceso

Los actuales controles de proceso son las descripciones de los controles que se pueden prevenir en la medida de lo posible, detectar el modo de falla o causa de la falla en caso de producirse.

La detección identifica la causa de la falla o el modo de fallo, lo que lleva al desarrollo de las correspondientes medidas correctivas o contra-medidas.

Las clasificaciones de detección inicial se basarán en los controles del proceso que detecten la causa de la falla, o detecten el modo de fallo.

Debido a que los métodos de gráficos estadísticos (es decir, el control estadístico del proceso (SPC)) suele utilizar el muestreo para evaluar la estabilidad del proceso y detectar las condiciones fuera de control, no deben ser considerados al evaluar la efectividad de los controles de detección específica, sin embargo el SPC puede ser considerado como un control de referencia, para la prevención de las causas específicas cuyas tendencias se pueden identificar antes de que se produzca una falta de conformidad, ejemplo: como desgaste de la herramienta.

La tabla 5 muestra el cuerpo del AMEF parte 2.

Det	NPR	S x O	SOD	Acción(es) Recomendada(s) (Si no se requiere escribir ninguna)	Responsable(s) y Fecha(s)	Nueva Revisión			
						Acción (es) Realizada (s)	S	O	D

Tabla 5. Cuerpo del AMEF parte 2

2.5.12 Probabilidad de detección de los controles e inspecciones actuales

Estimación en una escala del 1 al 10 de la probabilidad de detectar la causa de la falla potencial identificada antes de que el producto o componente salga del área de producción.

Se debe suponer que la causa del modo de falla ha ocurrido y evaluar la eficiencia de todos los controles actuales para detectar el problema y prevenir que el producto se entregue al cliente externo.

Igual que los criterios de severidad y ocurrencia, el criterio de detección también depende del conocimiento técnico del producto y del proceso, y también se debe definir una tabla de criterios, en donde la calificación depende del método de detección usado.

La tabla 6 muestra el criterio sugerido de evaluación a detección en el AMEF.

Oportunidad de Detección	Criterios: Probabilidad de detección con el control de proceso	Rango	Probabilidad de Detección
No hay oportunidad de detección	No hay proceso de control actual, no se puede detectar o no puede analizar	10	Casi imposible
No es probable de detectar en cualquier etapa	Modo de fallo y/o causa no es fácil de detectar (p.ej. Auditorias al azar o inspecciones indirectas)	9	Muy remoto
Detección después del proceso	Detección del modo de fallo después del proceso por el operador por medio visual, tacto, auditivo, etc. (sentidos y criterio humano)	8	Remoto
Detección en la fuente	Detección del modo de fallo en la estación por el operador por medio visual, tacto, etc. (sentidos y criterio humano); o después del proceso por medio de dispositivos de medición por atributos (pasa o no pasa, checador, etc.)	7	Muy bajo
Detección después del proceso	Detección del modo de fallo en la estación por el operador por medio de dispositivos de medición por atributos (pasa/no pasa, checador, etc.); o detección del modo de falla después del proceso por un operador por medio de equipos de medición por variables	6	Bajo
Detección en la fuente	Detección del modo de fallo en la estación por el operador por medio de equipos de medición por variables; o por controles automáticos en la estación que detectan partes defectuosas y notifican al operador (luz, sonido, etc.); o medición realizada en el arranque o puesta a punto con inspección de la primera pieza (solo para causas de arranque o puesta a punto)	5	Moderado
Detección después del proceso	Detección del modo de falla después del proceso por controles automáticos que detectan partes defectuosas y que bloquean la producción para prevenir que continúe procesándose (paro de pieza)	4	Moderadamente alta
Detección en la fuente	Detección del modo de falla en la estación por controles automáticos que detectan partes defectuosas y que bloquean la producción para prevenir que continúe procesándose (paro de la pieza)	3	Alta

Detección de causa y/o prevención de la falla	Detección de la causa en la estación por controles automáticos que detectan el error u previenen que la pieza sea procesada (Poka Yoke de detección)	2	Muy alta
Detección no aplicable, prevención de la causa	Prevención de la causa como resultado del diseño de un dispositivo, diseño de la maquina o diseño del producto, las fallas no pueden ser producidas por que existe un dispositivo a prueba de error	1	Casi seguro

Tabla 6. Criterio sugerido de Evaluación a Detección en el AMEF

Las auditorias al azar por inspectores de control de calidad son inadecuadas para detectar un defecto aislado y por lo tanto no ayudan mucho a la probabilidad de detección, el muestreo estadístico es un mejor control de detección, y un dispositivo a prueba de error es el control ideal o perfecto.

Si la capacidad de los controles para detectar es desconocida a la probabilidad de detección no puede ser estimada, entonces la calificación de la detección debe ser 10.

2.5.13 Número de prioridad de riesgo NPR

Una forma de ayudar a establecer prioridades de acción ha consistido en utilizar el número de prioridad de riesgo. Para llevar a cabo el cálculo del NPR multiplicamos las evaluaciones de Severidad, Ocurrencia y Detección para todas las causas de falla.

El NPR también es identificado como RPN por sus siglas en inglés.

$$\text{RPN} = \text{Severidad (S)} * \text{Ocurrencia (O)} * \text{Detección (D)}$$

El resultado de esta operación puede tener como mejor nivel si tiene un 1 y en el peor si es de 1000.

El uso de un umbral de RPN no es una práctica recomendada para determinar la necesidad de acciones. La aplicación de los umbrales supone que RPNs son una medida del riesgo relativo (que a menudo no lo son) y que la mejora continua no es necesario (que lo es).

Por ejemplo en la tabla 7, si el cliente aplica un umbral arbitrario de 90 a lo siguiente, el proveedor estaría obligado a adoptar una decisión sobre el B, característica con la RPN de 105.

item	Severidad	Ocurrencia	Detección	RPN
A	9	1	5	45
B	7	5	3	105

Tabla 7. Ejemplo

En este ejemplo, la RPN es mayor para B que en A. Sin embargo, la prioridad debe ser trabajar sobre A con la mayor severidad, de 9 a pesar de su RPN es de 45 que es más baja y por debajo del umbral.

Otra preocupación con el uso del enfoque de límite es que no hay ningún valor específico de RPN que requiere una acción obligatoria.

Por desgracia, el establecimiento de dichos umbrales puede promover el comportamiento incorrecto que causa los miembros del equipo para pasar el tiempo tratando de justificar un hecho menor o detecciones valor de categoría para reducir la RPN.

Este tipo de comportamiento evita abordar el verdadero problema que subyace a la causa del modo de fallo y se limita a la RPN mantiene por debajo del umbral.

El uso del RPN en las discusiones del equipo puede ser una herramienta útil, para determinar y observar donde se encuentra algunos de los problemas. Sin embargo, el uso de los umbrales de RPN para determinar las acciones prioritarias no se recomienda.

A los valores más altos de NPR o de severidad se les debe dar prioridad para recomendar acciones correctivas o preventivas. Un ejemplo son las gráficas de control estadístico del proceso.

2.5.14 Riesgo S*O

El manual de FMEA 4ª Ed. De AIAG, en su apéndice “C” muestra hasta 15 diferentes situaciones que dan un valor de NPR DE 360 que se muestran en la tabla 8.

Caso	Severidad del Problema	Clasificación de Severidad	Probabilidad de Ocurrencia	Clasificación de Ocurrencia	Probabilidad de Detección	Calificación de Detección	NPR
1	Peligroso	10	Alta	9	Moderada	4	360
2	Peligroso	10	Moderada	6	Baja	6	360
3	Peligroso	10	Moderada	4	Muy remota	9	360
4	Peligroso	9	Muy alta	10	Moderada	4	360
5	Peligroso	9	Alta	8	Moderada	5	360
6	Peligroso	9	Moderada	5	Remota	8	360
7	Peligroso	9	Moderada	4	Imposible	10	360
8	Alta	8	Alta	9	Moderada	5	360
9	Alta	8	Moderada	5	Muy remota	9	360
10	Moderada	6	Muy alta	10	Baja	6	360
11	Moderada	6	Moderada	6	Imposible	10	360
12	Moderada	5	Alta	9	Remota	8	360
13	Moderada	5	Alta	8	Muy remota	9	360

14	Moderada	4	Muy alta	10	Muy remota	9	360
15	Moderada	4	Alta	9	Imposible	10	360

Tabla 8. Valores NPR de 360

En la tabla 8 se puede observar que un efecto peligroso a la salud o integridad física, con buen control de detección, tiene un mismo valor de NPR de un efecto en funciones de valor agregado, por lo que se recomienda que el valor NPR no sea el único factor para decidir realizar “Acciones Recomendadas”.

Un segundo índice para tomar decisiones puede ser el índice:

- SxO = multiplicación de Severidad por Ocurrencia

y un tercer índice puede ser el índice:

- SOD = Severidad Ocurrencia Detección

Es decir se colocan los números sin realizar ninguna operación en el orden que se menciona anteriormente.

A continuación en la tabla 9 se muestran algunos ejemplos de SOD:

Severidad	Ocurrencia	Detección	SOD
5	3	4	534
2	8	9	289
7	8	9	789
9	9	9	999

Tabla 9. Ejemplo SOD

A estos valores de SOD se les nombra “Combinación no aritmética”.

El manual AMEF 4^a Ed. AIAG, no explica como asignar valores de SOD, en los casos de que exista un valor de 10 en alguno de los tres criterios o en algunos casos de los tres criterios, por ejemplo en la tabla 10 se muestra:

Severidad	Ocurrencia	Detección
5	10	4

Tabla 10. Ejemplo 2 SOD

Esta abierta la posibilidad de que cada empresa establezca su propio criterio, se recomienda el siguiente:

En el ejemplo anterior, el valor de 10 en la ocurrencia hace que la asignación de SOD sea no solo escribir la combinación no aritmética de los número (5104), porque entonces un numero de cinco mil estaría fuera de lógica, por lo que se propone que cuando exista el valor de 10 en ocurrencia y/o Detección, el valor de SOD que se asigne sea similar al concepto de sumar, para el ejemplo de Severidad 5, Ocurrencia 10 y Detección 4:

1. Como Detección es 5, primero se escribe el 6 en el lugar de la derecha.
2. Como Ocurrencia es 10, se escribe solo el 0 en el segundo lugar de la derecha (y se presta el uno a la severidad).
3. Como Severidad es 4, pero se suma 1 de ocurrencia, se escribe 5 en el tercer lugar.

En la tabla 11 se muestra el ejemplo anterior a pasos.

Pasos	Operación
1	4

2	04
3	604

Tabla 11. Ejemplo SOD concepto sumar

En la tabla 12 existen ejemplos de esta lógica:

Caso	Clasificación de Severidad	Clasificación de Ocurrencia	Calificación de Detección	NPR	SxO	SOD
1	10	9	4	360	90	1094
2	10	6	6	360	60	1066
3	9	10	4	360	90	1004
4	9	4	10	360	36	950
5	6	10	6	360	60	706
6	6	6	10	360	36	670
7	4	10	9	360	40	509
8	4	9	10	360	36	500

Tabla 12. Ejemplos Lógica SOD

2.5.15 Acciones recomendadas

Damos una descripción de las acciones correctivas o preventivas recomendadas para disminuir los valores de NPR, SxO y SOD, incluyendo la persona responsable, la fecha de acuerdo y la fecha de inicio.

La intención de cualquier acción recomendada es reducir ranking en el siguiente orden: Severidad, Ocurrencia y Detección.

Las acciones recomendadas para reducir estos los explicamos a continuación:

- **Para reducir la severidad (S)**

Sólo una revisión de diseño o proceso puede provocar una reducción en el ranking de la gravedad.

Cambiar el diseño del producto o cambiar el diseño del proceso, en sí mismo, no implica que la gravedad se reduzca. Cualquier cambio en el diseño del producto o en el diseño del proceso debe ser revisado por el equipo para determinar el efecto sobre la funcionalidad del producto y proceso.

Para lograr la máxima eficacia y eficiencia de este enfoque, los cambios en el diseño del producto y el proceso debe ser aplicado tempranamente en el proceso de desarrollo.

- **Para reducir la ocurrencia (O)**

Una reducción en la ocurrencia de la causa del modo de falla potencial con aplicación de controles efectivos, con o sin inversión económica, este tipo de acciones son óptimas para un AMEF.

Se realizarán estudios para comprender las fuentes de variación del proceso, el uso de métodos estadísticos pueden ser implementados.

Estos estudios pueden dar lugar a acciones que disminuyan la ocurrencia. Además, la experiencia y los conocimientos adquiridos durante el desarrollo del AMEF, puedan ayudar en la identificación de los controles apropiados, incluidos los comentarios en curso de información para las operaciones apropiadas para la mejora continua y prevención de problemas.

- **Para reducir detección (D)**

Tenemos que identificar e implementar nuevos y mejores controles e inspecciones del proceso, aunque generalmente involucra una inversión de recursos, no eficiente para mejorar la calidad.

El aumento de la frecuencia de la inspección general no es una acción efectiva y sólo debe utilizarse como una medida temporal para recoger información adicional sobre el proceso para que las acciones permanentes de prevención o corrección se puede aplicar; la inspección deberá ser utilizada como último recurso.

En algunos casos, puede recomendarse un cambio en el diseño del producto para ayudar a la detección, o se puede recomendar el uso de gráficas de control estadístico del proceso para mejorar la detección.

Para las acciones de proceso, la evaluación puede incluir:

- El proceso de actualización: diagrama de flujo, de planta, instrucciones de trabajo o un plan de mantenimiento preventivo.
- Revisión de equipos, accesorios o las especificaciones de la maquinaria.
- Los nuevos o modificados dispositivos de detección que se tienen.

Las acciones para mejorar la detección a su vez las podemos dividir en tres tipos:

1. Detección de la causa antes de que ocurra.
2. Detección de la causa después que ocurrió.
3. Detección del modo de efecto de falla potencial, después que la causa haya ocurrido.

Las mejores acciones de detección para poder realizar un AMEF son las antes de que ocurra, pues el objetivo es detectar una causa de modo de falla potencial tan pronto como sea posible.

Un AMEF que este bien desarrollado esta limitado si no tiene las acciones preventivas, pues no solo se trata de detectar el error y aplicar la acciones correctivas, si no hay que evitar que sucedan para así lograr el objetivo de la calidad en el producto y el proceso.

2.6 Revisión y actualización del AMEF

Se deben de registrar las acciones ejecutadas después de un periodo de tiempo establecido y/o de una revisión por algún otro motivo, actualizar las calificaciones de severidad, ocurrencia y detección, calcular los nuevos valores de NPR, SxO y/o SOD, y definir nuevas acciones recomendadas.

Un AMEF está sujeto a revisiones y actualizaciones, un error grave es elaborar un AMEF y no revisarlo nunca, o no revisarlo a conciencia. La columna de acciones recomendadas define responsabilidades y fechas para las acciones, por lo que después de un periodo definido (muchas organizaciones definen semestralmente) se debe revisar y dar seguimiento a la ejecución de las acciones recomendadas, y registrar la ejecución y sus resultados en la columna de acciones ejecutadas, o en su defecto se registra el estado de las acciones definidas, es recomendable anexar al AMEF los documentos de evidencia de ejecución de las acciones.

Los AMEF también se deben revisar en cualquiera de las siguientes situaciones:

- Modificación del diseño del producto (cambio de ingeniería)
- Modificación al proceso de producción como: distribución de planta, diagrama de flujo de proceso, maquinaria o equipo nuevo o con modificación a instrucciones de trabajo al operador (hojas de proceso), nueva fuente de materiales, etc.
- Rechazos internos por problemas nuevos, con frecuencia o impacto nuevo
- Reclamaciones del cliente

- Revisiones del cliente
- Revisiones por mejora continua

Durante la revisión de un AMEF, después que se ejecute una o varias acciones se actualiza la estimación de severidad, ocurrencia y detección para la causa correspondiente, así como se calcula los nuevos valores de NPR, SxO y/o SOD.

En el primer AMEF elaborado la columna de acciones ejecutadas, y las columnas de los nuevos valores de severidad, ocurrencia, detección y NPR, se muestran en blanco, y en cada revisión se registra su actualización. Después del registro de estas actualizaciones, se elabora un nuevo AMEF con las actualizaciones de la fecha y número de última revisión de AMEF en los encabezados, y el llenado de todas las columnas se hace con toda la situación actualizada en ese momento, copiando los nuevos valores de severidad, ocurrencia, detección, NPR, SxO y SOD del AMEF anterior.

CAPÍTULO III
TÓPICOS DEL AMEF

CAPÍTULO III. TÓPICOS DEL AMEF

Los AMEF de Producto y de Proceso son métodos analíticos para identificar y prevenir modos de falla potenciales o conocidos, y proveer el seguimiento y las acciones necesarias antes de que la primera corrida de producción ocurra, la primera corrida de producción genera el producto, sistema, bien o servicio, para un cliente específico bajo las bases de un contrato o convenio. Un enfoque válido de AMEF es construirlo a través de una secuencia de pasos o niveles: iniciando con AMEF para el producto terminado y desarrollando posteriormente otros AMEF para sus componentes, sistemas, ensambles, subensambles y partes.

El AMEF es un proceso dinámico que involucra una filosofía de calidad (liderazgo de dirección general, concientización del personal, trabajo en equipo, comunicación efectiva), así como la identificación y uso de tecnologías y métodos para producir un resultado efectivo de diseño. La selección de las tecnologías apropiadas podría incluir el uso de los sistemas existentes en el mercado, técnicas estandarizadas conocidas, resultados de investigación aplicada, o una combinación de todos estos factores. Esto involucra que el AMEF puede requerir incrementar el estado del arte o “know how” de la organización, con posible inversión en recursos.

Un AMEF efectivo se realiza básicamente a través de una combinación de diseño o desarrollo de producto, diseño o ingeniería de proceso, investigación y desarrollo aplicada, investigación de mercado, y conocimientos y experiencias de los procesos de producción, como por ejemplo los siguientes elementos a considerar en un AMEF:

- Control de diseño y desarrollo del producto: planeación del diseño, identificación de entradas del diseño, revisión de diseño, verificación de diseño, validación del diseño e identificación de salidas del diseño, y control de cambios de diseño en cada una de las tres fases del diseño:

Fase de Diseño Preliminar

Fase de Diseño de Conjunto

Fase de Diseño de Detalle

- Documentos aplicables:

Función primaria y funciones secundarias del producto

Especificaciones y estándares del cliente (dibujos, planos y normas).

Normas de seguridad y regulaciones gubernamentales aplicables

Requisitos aplicables de diseño del producto: mecánicos, confiabilidad, vida útil, seguridad, material, objetivos de conservación ambiental, consideraciones de mantenimiento, objetivos de costos, etc.

Explosión de materiales y componentes requeridos para la producción del producto

Diagramas de flujo de proceso

- Información de aseguramientos de calidad:

Requisitos del sistema de calidad de documentación y aplicación del AMEF

Requisitos de inspección y prueba (recursos, técnicas, equipos, capacitación, etc.)

Requisitos de metrología (resolución requerida, error máximo aceptable, etc.)

Requisitos de empaque y manejo del producto

- Información general opcional:

Análisis de las funciones del producto (p.ej. un diagrama FAST de ingeniería del Valor)

Identificación del cliente (investigación de mercado, perfil, etc.)

Necesidades, deseos y expectativas del cliente

Análisis de la interface del producto con su macrosistema

Documentos de productos previos o similares

Documentos de productos sustitutos

Resultados de estudios de factibilidad

Análisis de riego – beneficio (estudios de evaluación de inversión)

Resultados de ejercicios de creatividad y alternativas de diseño y producción

Identificación de componentes críticos (p.ej. fuente única de material, componentes producidos por tecnología especializada, operaciones con alto valor agregado de mano de obra, etc.)

Información de fuentes de energía involucradas en la producción y uso del producto

Documentos de reingeniería o de ingeniería simultánea

Información de subproductos creados con la producción o con el uso del producto

Información de uso, mantenimiento, reparación y refacciones del producto

Información del desecho del producto final de su vida útil

El objetivo del AMEF durante la planeación de calidad es asegurar la calidad, confiabilidad, costo y mantenibilidad del producto y del proceso. Esto puede lograrse con al menos tres factores: asegurando el liderazgo e involucramiento de la dirección, asegurando el trabajo en equipo, y dando un seguimiento efectivo periódico al AMEF.

El resultado del AMEF es un diseño preliminar (puede cambiar con información nueva o modificada del cliente antes o después de la primera corrida de producción), con una configuración base de especificaciones cualitativas y cuantitativas.

CAPÍTULO IV

DISPOSITIVOS A PRUEBA DE ERROR POKAYOKE

CAPÍTULO IV. DISPOSITIVOS A PRUEBA DE ERROR POKAYOKE

Conforme se mejora un proceso y se reduce la ocurrencia de fallas, errores y defectos, es más difícil y complejo la siguiente mejora, por lo que es útil la aplicación de técnicas para identificar las fallas, como el AMEF de este texto, o como los dispositivos a prueba de error.

Uno de los factores del proceso más eficientes para trabajar y lograr la reducción de las fallas es el factor humano, las fuentes de fallas debidas al factor humano incluyen:

- Actitud, cultura y valores de calidad
- Cansancio
- Concentración y aburrimiento
- Conocimientos, capacitación y entrenamiento
- Liderazgo y motivación de la supervisión
- Necesidades personales

Una técnica para reducir las fallas debidas al error humano es el diseño de dispositivos a prueba de error ("Poka Yoke"), que son mecanismos, objetos o componentes de la maquinaria y/o herramental que evitan físicamente la producción del error (dispositivos a prueba de error de inspección), o que evitan físicamente la continuación en el proceso de productos con fallas (dispositivos a prueba de error de inspección).

El término "Poka Yoke" viene de las palabras japonesas "poka" (error inadvertido) y "yoke" (prevenir). Un dispositivo Poka Yoke es cualquier mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan, o los hace que sean muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y lo corrija a tiempo.

La finalidad del Poka Yoke es eliminar los defectos en un producto ya sea previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible.

Un ejemplo de dispositivo a prueba d error de prevención puede ser un tope o configuración en el herramental que sitúa al producto en una sola posición , evitando que el producto no se centre correctamente, o no se introduzca mas hasta donde debe ser, o no se produzca una pieza izquierda en lugar de una derecha.

Otro ejemplo de dispositivo a prueba de error de inspección puede ser que a la salida de una maquina productora de balines exista un tubo de salida con un diámetro exacto que no permita que balines con diámetro mayor de lo especificado pueda salir de la operación.

BIBLIOGRAFÍA

Douglas C. Montgomery (2007). Control estadístico de la calidad (3ra Ed.) México: Limusa Wiley

Quality Control Handbook 5ta Ed de Mc Graw Hill.

Manual FMEA 4a Ed. de AIAG de 2008.

Manual de FMEA de las divisiones Internacionales de Ford Motor Co de Septiembre de 1988.

ANEXO 2

Potential
Failure Mode and Effects Analysis
(Process FMEA)

FMEA Number _____
Page _____ Of _____
Prepared by _____
FMEA Date(Orig.) _____

Item _____ Process Responsibility _____
Model Year(s)/Vehicle(s) _____ Key Date _____
Core Team _____

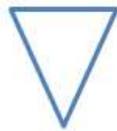
Process Step/ Function	Requirements	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Classification	Potential Cause(s) of Failure	Current Process Controls (Preventio)	Occurrence	Current Detection Process		RPN	Completed Action	Responsibility & Target Completion Date	Action Results						
									Cause	Failure Mode				Action Taken & Effective Date	Severity	Occurrence	Detection	RPN		

ANEXO 3

Tipo de AMEF		Producto <input type="checkbox"/> Proceso <input checked="" type="checkbox"/>		Número de AMEF		A-03																											
Nombre-Número del producto		ING. Javier Alcántara		Mém/Nitr/Rev de Ingeniería (si aplica)		R-02																											
Responsable del proceso		TRWA		Fecha de Emisión de AMEF		11/06/2007																											
Cliente si aplica		no aplica		Fecha/Número de última revisión de AMEF		11/06/2011																											
Modelo y año si aplica		11/07/2007		Nombre y Firma de revisión y aprobación de AMEF I		Página																											
Fecha Clave de AMEF		11/07/2007		ING. Javier Alcántara		1																											
Líder/Coordinador de AMEF		S. PATRICIA LÓPEZ MURGUÍA		Nombre y Firma de revisión y aprobación de AMEF I		ING. Javier Alcántara																											
Operación/ Material/ Componente y Función		Requisito		Modo de falla potencial		Efecto(s) del Modo de Falla		Tipo de Falla		Causa(s) del Modo de Falla		Control actual de Prevención de la Causa		Control Actual de Detección		Acción(es) Recomendada(s) (Si no se requiere escribir ninguna)		Responsable(s) y Fechas(s)		Acción Realizada(s)		Fecha de Revisión											
Aplicación manual de cera en el interior de la puerta		Cubrir el interior de la puerta, las superficies más bajas con un mínimo de espesor para retardar la corrosión		Ineficiente recubrimiento con cera sobre la superficie especificado		Deterioro de la puerta que causa: Aparición inestable de la oxidación de la pintura con el cliente		7		La cabeza de asperción insertado manualmente no llega suficientemente lejos		Inspección visual cfr. Una vez por turno medir el espesor		5		280		56		765		ING. Javier Alcántara		Se agraga el tope		7		2		5		70	
										Cabezas de asperción tapadas por viscosidad muy alta, temp. Baja o presión bajo manto.		Inspección visual cfr		5		Prueba de asperción al inicio y después de periodos inactivos y programa de manto. Preventivo								Javier Alcántara									
				Tiempo de asperción ineficiente				8		Cabezas de asperción deformada debida a impactos		Inspección visual el cambio de turno		Programa de manto. Preventivo										Javier Alcántara									

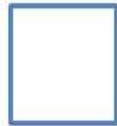
ANEXO 4

Simbología Básica de un diagrama de flujo de proceso



Almacén

Mantener un producto o materia prima en el almacén, hasta que se requiera para su uso o venta.



Inspección

Cualquier comparación o verificación de características contra los estándares de calidad o cantidad establecida para el mismo.



Operación

Cualquier actividad que dé como resultado un cambio físico o químico en un producto o componente del mismo. Incluye también el ensamble y desensamble de productos.



Transporte

Cualquier movimiento que no sea parte integral de una operación o inspección. Se debe incluir la cantidad de distancia recorrida por el producto para cada actividad.



Retraso

Cualquier período en el que un componente del producto esté esperando para alguna operación, inspección o transporte.