

COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE
INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010.

Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI,
TAMU, ICA, e invitados.



11

**ANÁLISIS DE MODO Y
EFECTO DE FALLA**

D.I. S. Héctor Barreiro Torres

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA

D.I. S. Héctor Barreiro Torres

Universidad Autónoma Metropolitana UAM-A México D. F.
Evaluación del diseño en el Tiempo
Correo: bhctor@yahoo.com.mx

“ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA”

PREFACIO

“Si no hay mejora en lo que hacemos y siempre hacemos lo que acostumbramos hacer, vamos a obtener siempre lo mismo”.

La presentación de ésta técnica de análisis utilizada sistemáticamente dentro de todas las empresas del ramo automotriz y todas las relacionadas con ella, proveedores y sub proveedores, tiene como objetivo mostrar por un lado el grado de “optimización” y de “minuciosidad” requeridos para alcanzar la **creación de valor** en un producto específico y dentro de una de las industrias mas competidas a nivel mundial, ésta representa uno de los productos mas complejos y ejemplificativos de la innovación tecnológica en nuestros tiempos, como son los automóviles sin embargo el **AMEF** debe considerarse solamente como una herramienta que puede adaptarse para por medio ella sea posible **crear valor** en cualquier otro tipo de productos.

También considero pertinente que el lector de este artículo esté consciente de que el objetivo de utilizar cualquier herramienta es la de solucionar algún problema específico, para lo cual es necesario en primer lugar aprender a utilizar dicha herramienta, poniéndola en práctica.

Mi intención particular al mostrarla al es que visualice la importancia de la especificidad, la claridad y la objetividad requeridas en el “análisis” que realizamos previo o a lo largo de los procesos de generación, evaluación y selección de nuestras propuestas de diseño y además aclarar también que ésta no es una receta que pueda o deba aplicarse de manera indiscriminada pues resulta una herramienta demasiado robusta, si la pretendemos aplicar íntegramente para el desarrollo de cualquier producto, no obstante nos da elementos que pueden ser adaptados o aplicados dentro del análisis particular requerido por algún producto específico, sobre todo si éste va a ser fabricado en serie para su comercialización masiva.

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA.

El nombre de **AMEF** tiene su origen en las siglas de su nombre en español, que proviene de su nombre en el idioma inglés:

P	Potential
F	Failure
M	Mode
	And
E	Effect
A	Analysis

INTRODUCCIÓN

El AMEF puede ser descrito como un grupo de actividades de análisis sistemático dirigido a: Reconocer y evaluar fallas potenciales de un producto y/o proceso y sus efectos.

Identificar acciones mediante las cuales se puede eliminar o reducir la probabilidad que ocurra una falla potencial.

Documentar los riesgos potenciales de Diseño y/o de Proceso del producto.

ANTECEDENTES

El AMEF es una disciplina cuya primera aplicación formal se realizó en la Industria Aeroespacial, a mediados de los 60's.

En mayo de 1991 el comité de requerimientos de calidad para proveedores de GM, FORD y CHRYSLER identificaron algunas herramientas incluyendo el AMEF, que podían ser benéficas para la estandarización (QS-9000).

En Diciembre de 1992 el grupo AIAG completó el manual de referencia del AMEF. A inicios de 1993 se aprobó el manual de referencia.

A mediados de 1993 se procedió a entrenar e implantar los AMEF como parte del PPAP (Proceso de Aprobación para Partes de Producción).

PROCESO DE APROBACIÓN DE PARTES PARA PRODUCCIÓN

El "PPAP" es el Proceso de Aprobación de una Parte para su Producción, este debe realizarse antes del embarque de las partes.

COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010

Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI, TAMU, ICA e invitados

Los requerimientos del PPAP son los siguientes:

- 1.- Diseño del Producto.
- 2.- Documentos de cambios de Ingeniería.
- 3.- Aprobación de Ingeniería del cliente.
- 4.- AMEF de Diseño
- 5.- Diagrama de flujo del proceso.
- 6.- AMEF de proceso.
- 7.- Resultados dimensionales.
- 8.- Resultados de pruebas de material.
- 9.- Estudios iniciales del proceso.
- 10.- Análisis del sistema de medición.
- 11.- Documentación del laboratorio de calidad.
- 12.- Plan de Control.
- 13.- Garantía de suministro de la parte.
- 14.- Reporte de apariencia.
- 15.- Lista de verificación de requerimientos de material granel.
- 16.- Ejemplo del producto.
- 17.- Muestra maestra.
- 18.- Ayudas de chequeo.
- 19.- Registros de cumplimiento de requerimientos específicos del cliente.

OBJETIVOS AMEF

Planear e implantar un sistema preventivo que permita identificar modos de falla potenciales, que pudieran afectar la calidad del producto, desde su etapa de Diseño de Producto y del Herramental, hasta la etapa de Producción y Entrega.

Manejar las mejoras de Diseño y de Proceso como objetivo primario, enfatizando en soluciones a prueba de error "error proofing".

Orientar todos los modos de falla de alto riesgo, identificados por el equipo, con planes de acción ejecutables.

AMEF DE DISEÑO Y DE PROCESO

AMEF DE DISEÑO: SU OBJETIVO ES DETECTAR Y PREVENIR FALLAS EN EL DISEÑO DEL PRODUCTO.

AMEF DE PROCESO: SU OBJETIVO ES DETECTAR Y PREVENIR FALLAS EN EL DISEÑO DEL PROCESO DE ENSAMBLE O MANUFACTURA.

DEFINICIÓN E IMPLANTACIÓN

El análisis de modos de falla y sus efectos es una técnica usada para definir, identificar y eliminar fallas conocidas y/o potenciales, problemas, errores de diseño de un producto, de un sistema, de un proceso y/o de un servicio antes de que los reciba el cliente.

El AMEF es un conjunto de técnicas analíticas utilizadas por el equipo responsable las cuales aseguren, tanto como sea posible, que las fallas potenciales de Diseño de un Producto o de un Proceso y sus causas asociadas han sido consideradas y correctamente direccionadas hacia su eliminación y/o control mediante los mecanismos adecuados.

Para alcanzar su valor máximo, el AMEF debe ser realizado antes de que una falla potencial de Diseño del Producto o del Proceso sea percibida o detectada en el Producto y/o en el Proceso.

Un AMEF puede reducir o eliminar el riesgo de implantar cambios correctivos, los cuales pudieran crear mayores complicaciones.

Un producto final debe ser evaluado a través de cada proceso, sub-ensamble y componente relacionado con el producto.

El AMEF es un documento viviente y siempre debe reflejar el último nivel de Diseño, éste debe mostrar el proceso de manufactura completo desde el recibo hasta el embarque.

VENTAJAS

Formaliza y documenta las técnicas y los métodos usados normalmente por un equipo para diseñar un producto y/o un proceso.

Provee una evaluación objetiva de los requerimientos y alternativas de Diseño. Ayuda en el Diseño inicial para cumplir requerimientos de manufactura y ensamble.

Incrementa la probabilidad de que problemas potenciales y sus efectos en un sistema u operación del vehículo hayan sido considerados en el Diseño y Desarrollo del Proceso.

Provee información adicional para la planeación de un diseño de pruebas eficiente y completo así como para programas de desarrollo de personal.

Desarrolla una lista de fallas potenciales, catalogándolas de acuerdo a como afectan al cliente, para de esta manera establecer un sistema de prioridades para el mejoramiento de Diseño y Desarrollo de métodos de prueba para el Proceso.

Provee un formato para recomendar y dar seguimiento a acciones enfocadas a la reducción de riesgos.

Provee futuras referencias para ayudar en el análisis de áreas problemáticas, evaluación de cambios en el Diseño y en el desarrollo de nuevos Diseños.

COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010

Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI, TAMU, ICA e invitados

¿CONOCE USTED A SU CLIENTE?

La definición de cliente para un proceso AMEF normalmente debe ser el usuario final.

Sin embargo, el cliente también puede ser una operación de manufactura subsecuente, una operación de ensamble, una operación de servicio o regulaciones gubernamentales.

¿Tiene usted identificados a todos sus clientes?

¿CUÁNDO DEBE INICIAR UN AMEF DE PROCESO?

Todo AMEF de Proceso debe iniciarse inmediatamente después de haber terminado con el AMEF de Diseño.

El AMEF debe realizarse en la etapa de análisis previo de la primer fase de pilotos / prototipos y no deberá exceder la fecha de presentación del PPAP.

¿QUIÉN DEBE REALIZAR EL AMEF?

El AMEF de Diseño y de Proceso es una función de equipo y bajo ninguna circunstancia debe ser realizado en forma individual, probablemente una persona será la encargada de llenar y verificar el formato con las acciones realizadas por el equipo de trabajo.

Aunque la responsabilidad para la preparación del AMEF debe ser, por necesidad, asignada a una persona, la realización del AMEF debe ser un trabajo en equipo.

Un equipo de personas con experiencia debe estar integrado por:

Diseño	Manufactura
Materiales	Calidad
Ingeniería Industrial	Proveedores
Procesos	Herramientales

Todas aquellas áreas/ personas que se consideren necesarias para participar.

El AMEF debe ser un catalizador para estimular el intercambio de ideas sobre funciones afectadas y así promover un enfoque de equipo.

¿QUÉ INFORMACIÓN ES NECESARIA PARA INICIAR UN AMEF?

- Copia del AMEF de Diseño (Si está disponible).
- Diagrama de flujo del proceso.
- Historial de calidad de procesos similares.
- Quejas del cliente (PR/R's).
- Partes por millón (PPM's).
- Cambios de Ingeniería (WIR's).
- Garantía.
- Planes de control de procesos similares.
- Especificaciones del producto y de manufactura.
- Reportes de mantenimiento (historial).
- Listado de características especiales.
- Lecciones aprendidas.
- Datos de garantías.
- Datos de capacidad del proceso.

EVALUACIÓN DE UN PROCESO AMEF

En todo proceso AMEF debe evaluarse cada sistema, subproceso, sub ensamble y/o componente que estén relacionados con el proceso y se debe evaluar:

Cada proceso especial por planta (por ejemplo en el área de arneses eléctricos: proceso de aplicación de goma, construcción de empalmes, engrasado, moldeado, aplicación de terminales, etc...) KPC'S designados por nuestros clientes o por regulaciones del gobierno tales como:

- 1.-  Regulaciones de seguridad /requerimientos del gobierno.
- 2.-  Requerimientos de ajuste / funcionalidad.

Aquellos componentes o subprocesos que en base a la experiencia y problemas anteriores sabemos que pueden fallar.

Todo AMEF de Proceso debe empezar con un diagrama de flujo y evaluación de riesgos del Proceso en general, el diagrama de flujo debe identificar las características del Proceso/Producto relacionadas con cada operación.

La identificación de efectos en el producto, detectados en el AMEF de Diseño deberán ser incluidos (si están disponibles).

Las copias de los diagramas de flujo y evaluación de riesgos utilizados en la preparación del AMEF deben de acompañar los resultados del AMEF de Proceso.

Para uniformizar y facilitar el cumplimiento de la documentación del AMEF, el grupo AIAG desarrolló un formato de llenado común para los tres grandes de la industria automotriz de Norte América (CHRYSLER, FORD Y GM).

COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010

Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI, TAMU, ICA e invitados

Describa el año, modelo y línea de vehículo que utilizará y/o será afectada por el proceso que está siendo analizado.

6.-FECHA CLAVE:

Es la Fecha inicial del AMEF, la cual no debe exceder la fecha programada para el arranque de producción.

Nota: En el caso de un proveedor, la fecha inicial del AMEF no deberá exceder de la fecha de suministro del PPAP al cliente.

7.-FECHA ORIGINAL DEL AMEF:

Escriba la fecha en que se terminó el AMEF original. Además la Fecha de la última revisión.

8.-EQUIPO CLAVE:

Escriba los nombres de las personas, departamentos responsables de identificar /realizar las asignaciones. Es recomendable incluir el nombre, departamento, teléfono de todos los miembros del equipo.

9.- FUNCION DEL PROCESO/ REQUERIMIENTOS:

a) Escriba una breve descripción del proceso u operación que esta siendo analizada.

Por ejemplo: moldeo, estampado, corte, ensamble, incluyendo una breve descripción del propósito del proceso.

b) Cuando el proceso involucra varias operaciones.

Por ejemplo: Ensamble con diferentes modos de falla potencial, es recomendable enlistar las operaciones como separadas.

c) Es recomendable asociar el número de proceso /operación con el paso que esta siendo analizada.

10.-MODO DE FALLA POTENCIAL:

Lo podemos definir como la manera en la cual el proceso podría tener fallas potenciales para cumplir los requerimientos del proceso y/o intento del diseño del proceso/producto. Es una descripción de la "No Conformidad" de la operación específica. En la preparación del AMEF debemos dar por hecho que el material o las partes que recibimos de una operación previa están correctos. Pueden ser hechas excepciones por el equipo, cuando los datos históricos indican deficiencias en la entrada de partes con calidad.

El modo de falla potencial deberá ser descrito en términos físicos, técnicos, no como un síntoma perceptible para el cliente y se debe asumir que las fallas podrían ocurrir pero no necesariamente ocurrirán.

El equipo asignado para la realización del AMEF deberá ser capaz de formular y contestar las siguientes preguntas:

¿Cómo podría el proceso/ parte fallar y no cumplir con la especificaciones?

¿Sin tomar en cuenta las especificaciones de Ingeniería, qué podría un cliente (final, operación subsecuente o servicio) considerar cuestionable / censurable? Iniciar comparando procesos similares y revisando reclamaciones del cliente. (Usuario final y operaciones subsecuentes) o de componentes similares.

Adicionalmente, es necesario un conocimiento de la intención de diseño.

Pueden ser modos de falla típicos, pero no limitativos: doblado, daño por manejo, sin agujero, roto y sin etiqueta.

11.- EFECTOS POTENCIALES DE LA FALLA:

Los efectos de la falla potencial se definen como los efectos del modo de falla que podría recibir el cliente.

Dentro de éste contexto podemos decir que el cliente es la siguiente operación, operaciones subsecuentes, ensambladoras, el vendedor y/o el dueño del vehículo; cada uno de ellos debe ser considerado cuando se evalúe el efecto potencial de la falla.

Describa los efectos de la falla en términos de lo que el cliente podría percibir o experimentar.

Para referenciar al usuario, los efectos deberán ser siempre establecidos en términos del desempeño del producto o sistema, como por ejemplo:

- 1.- Exceso de ruido.
- 2.- Esfuerzo excesivo requerido.
- 3.- Inoperante.
- 4.- Operación errática.
- 5.- Entradas de aire.
- 6.- Apariencia pobre.

Si el usuario es la siguiente operación o una operación subsecuente, el efecto puede ser expresado en términos del proceso / desempeño de la operación, como por ejemplo: no puede, no está conectado, no ensambla.

12.- SEVERIDAD:

La severidad es el rango asociado con el más serio efecto para un modo de falla dado.

Si un modo de falla tiene varios efectos, solo el más serio importa.

La severidad sólo aplica a éste efecto.

Una reducción en severidad solo puede ser afectada por un cambio en el diseño para el sistema, subsistema o componente, o un rediseño en el proceso.

Si el cliente afectado por un modo de falla es la planta ensambladora o el usuario del producto, la evaluación de la severidad puede estar fuera del conocimiento o área de experiencia del equipo

COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010

Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI, TAMU, ICA e invitados

asignado para realizar el AMEF; en estos casos deberá consultarse con los ingenieros responsables del AMEF en diseño, áreas de manufactura subsecuentes o ensambladoras.

El grado de severidad deberá ser calculado dentro de la escala del 1 al 10.

El equipo responsable deberá estar de acuerdo en un criterio de evaluación y un sistema de calificación que sea consistente, aún si es modificado para análisis individual del proceso.

Modos de falla con un rango de severidad 1 pueden ser no analizados en el futuro.

Usar la tabla de severidad del manual del proceso de AMEF de la AIAG.

13.- CLASIFICACIÓN:

Esta columna puede ser usada para clasificar cualquier característica especial del proceso. (Ejemplo: críticas, clave, significativas), para componentes, subsistemas o sistemas que requieren controles adicionales del proceso.

Si una característica especial es identificada en el AMEF, deben ser identificados en el propio AMEF los controles apropiados en el proceso.

14.- CAUSA(S) MECANISMO (S) POTENCIAL (ES) DE FALLA:

La causa potencial de la falla, está definida en cómo la falla podría ocurrir, descrita en términos de algo que pueda ser controlado o corregido. Enliste lo más extenso posible, cada una de las causas de la falla concebibles que puedan ser asignables a cada modo de falla potencial. Si tenemos exclusivamente una causa que afecte el modo de falla y logramos corregirla, entonces esta parte del proceso AMEF se dará por terminada. En algunos casos hay varias causas que pueden estar relacionadas o inter-relacionadas y que para corregirlas y/o controlarlas es necesario considerar un diseño de experimentos (DOE) para determinar cual de ellas son las que más afectan el proceso y poderlas controlar o eliminar más fácilmente.

Las causas deberán ser descritas de tal forma que los esfuerzos realizados ayuden a corregirlas.

Ejemplos de causas potenciales son los siguientes:

- * Torque incorrecto (excesivo, insuficiente).
- * Soldadura incorrecta (corriente, mezcla, presión, tiempo).
- * Partes faltantes o mal colocadas.
- * Lubricación inadecuada (excesiva, insuficiente).

Deberán ser enlistados sólo errores específicos o malos funcionamientos Ejemplo: Tratamiento térmico equivocado (tiempo, temperatura), Sistema de medición incorrecto (calibración, herramienta de medición inapropiada).

No deberán ser usadas frases ambiguas (Ejemplo: Error del operador, mal funcionamiento del motor).

15.- OCURRENCIA:

Se denomina ocurrencia a la frecuencia con que se prevé que ocurra la causa / mecanismo de la falla específica. Estime la probabilidad de la ocurrencia en una escala del 1 al 10.

Este Sistema de clasificación deberá ser usado para asegurar consistencia “los rangos de posible falla” están basados en números de fallas pronosticadas durante el proceso; el número de la calificación de la ocurrencia tiene más un significado que un valor numérico.

¿Cuál es el significado?

Si se dispone de un proceso similar, deben ser utilizados los datos estadísticos para determinar la calificación de la ocurrencia.

Usar la tabla No. 7 del manual de AMEF de la AIAG o usar el apéndice I para valores asociados con PPK para determinar la ocurrencia.

16.- CONTROLES ACTUALES DE PROCESO:

Los controles del proceso actuales son descripciones del proceso que prevengan o detecten, en un alcance posible, la ocurrencia del modo de la falla o la causa/mecanismos de la misma falla.

Estos controles después pueden ser dispositivos a prueba de error, control estadístico del proceso (SPC) o evaluaciones después del proceso.

La evaluación puede ocurrir en la misma operación y/o operaciones subsecuentes (internas y externas).

Existen dos tipos de controles a considerar:

PREVENCION: Previenen la ocurrencia de la causa/mecanismo de falla, la ocurrencia del modo de falla reduce su rango de ocurrencia.

DETECCIÓN: Detecta la causa/mecanismo de falla o el modo de falla y conduce a acciones correctivas.

17.- DETECCION:

En ésta sección se hace una evaluación de que la probabilidad de que los controles del proceso actual, detecten el modo de falla, antes que la parte o componente salga del área de manufactura o ensamble.

Usando una escala del 1 al 10, asuma que la falla ocurrió y evalúe la capacidad de todos los controles del proceso actual para prevenir el embarque de partes con este modo de falla o defecto.

No debemos asumir automáticamente que el rango de detección es bajo, porque la ocurrencia es baja, sino evaluar la habilidad de los controles del proceso para detectar los modos de falla de baja frecuencia o para prevenir el que no continúen dentro del proceso.

COMPILACIÓN DE ARTICULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2010

Red Académica Internacional UADY, UAM, WPI, TAMU, ICA e invitados

Los chequeos de calidad son poco probables que detecten la existencia de un defecto aislado y no aleatorio, debería influir en el rango de detección.

El muestreo hecho sobre bases estadísticas es un control de detección válido.

Para determinar el rango de detección únicamente son considerados los controles de detección.

Para establecer el criterio de evaluación podemos utilizar la tabla de evaluación que se encuentra en el manual de la AIAG.

18.-NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO (R.P.N.):

El cual es el producto de las calificaciones de severidad, ocurrencia y detección.

$$R.P.N. = S \times O \times D$$

Para RPN'S con valores muy altos, el equipo deberá emprender sus esfuerzos para reducir este riesgo calculado a través de acciones correctivas. En la práctica, deberá darse un trato especial cuando la severidad sea alta, sin considerar el resultado RPN.

NOTA: Valores de severidad altos son 7, 8, 9 y 10.

19.- ACCIONES QUE SE RECOMIENDAN:

Después de haber clasificado los modos de falla por RPN, las acciones correctivas deberán ser dirigidas primero:

- a).- Severidades Altas.
- b).- RPN's altos.
- c).- Otros ítems designados por el equipo.

En la práctica general cuando la severidad es de 9 ó 10, debe darse especial atención en asegurar que el riesgo es abordado a través de acciones / controles de diseño o acciones correctivas preventivas del proceso existente, independientemente del RPN.

El objetivo de las acciones recomendadas es reducir los rangos de severidad y ocurrencia, además de establecer controles de detección/prevención más confiables.

En el caso de que los RPN's sean demasiado bajos y que no se recomienden acciones, llenar esta columna con la palabra "Ninguno" para mostrar cumplimiento.

20.- RESPONSABILIDAD (para la acción que se recomienda):

En ésta sección se escriben los nombres y departamentos de los responsables de dar seguimiento a cada una de las acciones recomendadas y las fechas meta de terminación.

También se anotan las fechas en las cuales se espera lograr el objetivo.

21.- ACCIONES TOMADAS:

Después de que las acciones se hayan implantado, registrar una breve descripción de las acciones actuales y las fechas efectivas.

22.- RESULTANTE RPN:

Después de que se hayan identificado las acciones preventivas/correctivas, estimar y registrar los rangos de severidad, ocurrencia y detección.

Calcular y registrar el RPN resultante.

Todos los rangos deberán revisarse y si se consideran acciones necesarias y adicionales, repetir el análisis. El enfoque deberá ser siempre en el mejoramiento continuo.