

FMEA y ACR: Integración Estratégica para el Análisis de Fallas y la Mejora Continua en Organizaciones Industriales

Autor: Erol Isaac Zabicki Duardo.

Regional Manager, Sologic México&CA. Facilitador e Instructor Certificado ACR Sologic®. Analista de Riesgos. Consultor y Auditor en Sistemas Integrados de Gestión.

“El **FMEA** previene fallas antes de que ocurran, mientras que el **ACR** las analiza después del hecho para evitar que se repitan.”

RESUMEN.

La integración metodológica entre el Análisis de Modos y Efectos de Falla (**FMEA/AMEF**) y el Análisis de Causa Raíz (**ACR/RCA**) representa una evolución crítica en los sistemas de gestión de fallas, confiabilidad y mejora continua. Históricamente aplicadas de forma independiente, ambas metodologías comparten un fundamento conceptual que incluye fallo, causa, mecanismo, efecto y controles.

El presente artículo analiza cómo el uso combinado del **FMEA** (enfoque preventivo y prospectivo) y el **ACR** (enfoque reactivo y explicativo) permite a las organizaciones anticipar fallos, aprender de los incidentes reales y cerrar el ciclo de mejora continua apoyado por normas como IEC-62740, IEC-60812 y UNE-EN 13306. Asimismo, se presentan ejemplos aplicados, propuestas gráficas e implicaciones para la gestión moderna del mantenimiento y la confiabilidad.

1. INTRODUCCIÓN

Los sectores industriales enfrentan fallas que impactan en seguridad, calidad, productividad y costos. Tradicionalmente, las organizaciones han utilizado dos enfoques distintos:

1. **FMEA (Failure Mode and Effects Analysis):** metodología proactiva para anticipar fallos potenciales.
2. **ACR (Análisis de Causa Raíz):** metodología reactiva para comprender las razones por las cuales ocurrió un evento real.

Aunque ambos enfoques se utilizan ampliamente, existe una brecha conceptual y operativa entre ellos. Esta separación limita la capacidad de las organizaciones para convertir eventos, incidentes o no conformidades en aprendizaje real y sistemático.

El presente artículo investiga la relación técnica entre **FMEA** y **ACR**, integrando conceptos normativos actualizados y ejemplos reales de industria.

2. FUNDAMENTOS CONCEPTUALES

2.1. Definición de fallo y avería

La norma **UNE-EN 13306** establece que un **fallo** es el “cese de la capacidad de un elemento para cumplir una función requerida”. El fallo es un **evento**, mientras que la **avería** representa el **estado** posterior en el cual el activo ya no cumple su función.

Esta distinción es esencial para conectar **FMEA** y **ACR**:

- El **FMEA** se centra en fallos **posibles** (nivel de evento).
- El **ACR** estudia fallos **reales** y averías ocurridas (evento + estado).

2.2. Causas y mecanismos de fallo

La misma norma distingue:

- **Causa de fallo** → razón por la cual se produce el fallo.
- **Mecanismo de fallo** → proceso físico, químico o humano que conduce al fallo (fatiga, desgaste, corrosión, error humano, software defectuoso, etc.).

En **ACR**, estas distinciones son críticas porque evitan confusiones frecuentes como:

- “¿Esto es causa raíz o mecanismo de falla?”

2.3. Efecto del fallo

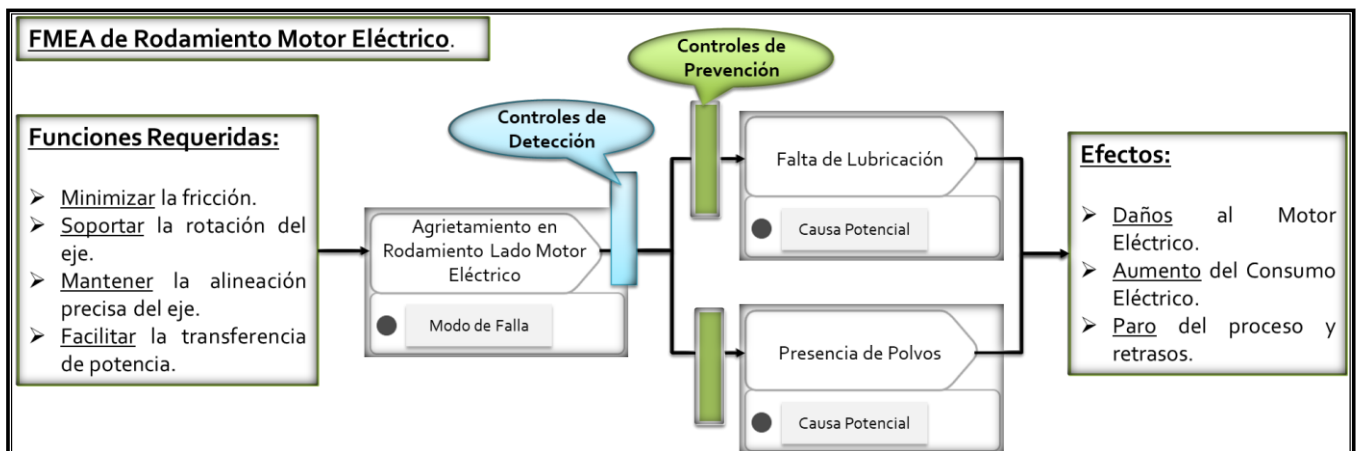
ISO 31000 define **efecto** como la consecuencia de un evento sobre los objetivos. En **FMEA** se habla de **efecto potencial**; en **ACR**, de **impacto real**.

3. FMEA: ENFOQUE PROSPECTIVO PARA ANTICIPAR FALLOS

La norma **IEC-60812** define **FMEA** como una herramienta analítica para evaluar riesgos potenciales en diseño, procesos o servicios. Su función principal es **prevenir**. El **FMEA** permite:

- **Identificar** modos de falla potenciales
- **Relacionarlos** con sus efectos, causas y controles
- **Priorizar** riesgos (seguridad, calidad, producción)
- **Documentar** conocimiento técnico

Ejemplo industrial típico: Rodamiento de motor eléctrico → Modo de falla: *falta de lubricación* → Efecto: *paro del proceso* → Causa: *contaminación por polvo* → Control: *inspección de grasa y sellos*. (Ver Figura 1)



Fuente: Elaboración propia/ Causelink®

Figura 1: Relación conceptual del FMEA/ AMEF

Los requerimientos más importantes del **FMEA**, radican en la revisión, soporte y acceso a **TODA** la información requerida, actualizada, válida, firmada y en última versión. Se debe definir el nivel de detalle en los componentes del sistema al cual se va a realizar el análisis: funciones, por subsistemas, por unidades reemplazables o por componentes individuales.

Además, se deben generar las acciones preventivas/ correctivas efectivas, con un apropiado seguimiento en dichas acciones, en donde el líder del equipo / ingeniero líder, está a cargo de asegurar que todas las acciones recomendadas han sido implementadas.

4. ACR: ENFOQUE RETROSPECTIVO PARA EXPLICAR FALLOS REALES

La **IEC-62740** establece el **ACR** como un método estructurado para identificar causas físicas, humanas, latentes y organizacionales de un incidente.

El objetivo del **ACR** es comprender **por qué** ocurrió un fallo real y **cómo evitar su recurrencia**.

El **ACR** analiza dimensiones que el **FMEA** no contempla completamente:

- **Factores** humanos
 - **Condiciones** latentes
 - **Prácticas** organizacionales
 - Cultura, supervisión y decisiones de gestión
 - **Controles** ausentes o fallidos

5. LENGUAJE TÉCNICO COMÚN ENTRE FMEA Y ACR

Tabla 1: Relación conceptual entre FMEA y ACR.

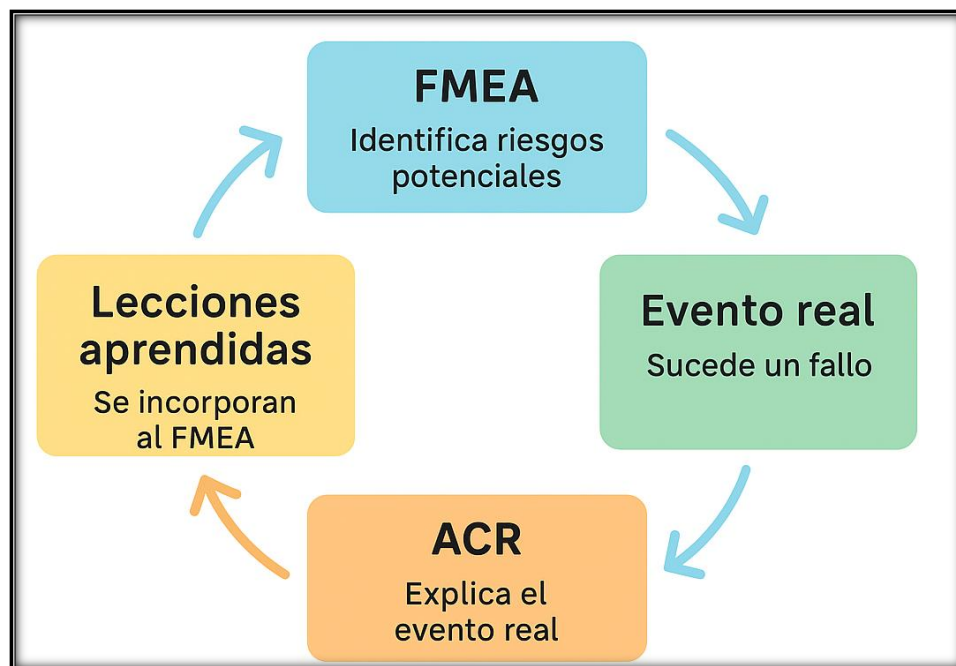
FMEA	ACR	IEC-62740/ 60812
Proactivo	Reactivo	Normativo / Estructural
Identifica riesgos antes de que ocurran	Explica los fallos ocurridos con evidencia	Define fallo, avería, causa, efecto, mecanismo...
Evita modos de falla	Elimina causas raíces	Proporciona el vocabulario oficial
Analiza Barreras (Controles)	Analiza fallas en barreras	Establece operación Detección/ Prevención
Define Criticidad de Activos/ Procesos/ Fallos	Establece ROI activo para las CAPA	Enfoca la relación entre Impacto y CAPA

Tabla 2: Aplicación práctica de la Relación conceptual entre FMEA y ACR.

FMEA (antes)	ACR (después)
Seguridad industrial: trabajo en alturas. → Función Requerida: "Proteger al Operador" → Modo de Falla: "Caída del operador" → Efecto de Falla: "Daños al operador" → Causa potencial: "Línea de vida deficiente" → Control: "Certificación de EPP"	→ Causa raíz: "No había inspección de anclajes" → Acciones: "Checklist digital + auditorías sorpresivas" → Barrera Deficiente: "Certificación de EPP vencida"

6. INTEGRACIÓN ESTRATÉGICA: PREVENCIÓN + APRENDIZAJE

La integración **FMEA-ACR** genera un sistema robusto de gestión de fallas:



Fuente: Elaboración propia

Figura 2: Proceso de aplicación y mejora aplicando FMEA/ AMEF y ACR.

7. EJEMPLOS APLICADOS

Ejemplo 1: Fallo anticipado en FMEA y confirmado por ACR

Componente: Bomba centrífuga

Modo potencial: Cavitación

Control preventivo: Diseño correcto de succión

Evento real: Cavitación durante arranque nocturno

ACR: Ambas válvulas estaban parcialmente cerradas por acción humano.

Resultado: Actualización del FMEA → incluir “error operacional” y “control visual” de válvulas.

Ejemplo 2: Fallo no previsto en el FMEA

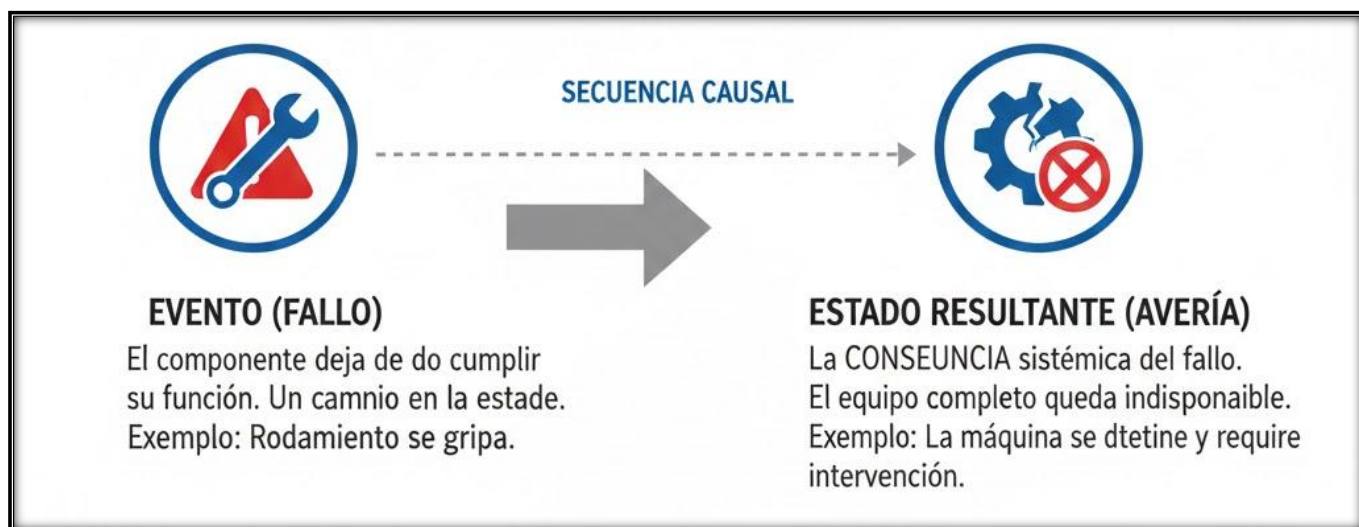
Equipo: Compresor recíprocante

Evento: Ruptura de biela

ACR: Fatiga por lubricación insuficiente debido a una obstrucción intermitente

Impacto:

- Mayor conocimiento del mecanismo de desgaste
- Nuevo modo de falla agregado al FMEA
- Mejora del sistema de filtración y alarmas



Fuente: Elaboración propia

Figura 1: Relación de mejora entre FMEA/ AMEF

8. APLICACIONES PARA MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN

La integración proporciona beneficios tangibles:

- Mayor confiabilidad (incremento MTBF)
- Reducción de fallas recurrentes
- Menos emergencias y menor MTTR
- Disminución de variabilidad en procesos de producción
- Documentación técnica estandarizada
- Reducción de pérdidas en OEE
- Lecciones aprendidas como activos organizacionales

9. CONCLUSIONES

El uso independiente del **FMEA** y del **ACR** limita el potencial del análisis de fallas en entornos industriales modernos. El **FMEA** permite anticipar riesgos, mientras que el **ACR** posibilita aprender de eventos reales. Su integración —sustentada por normas internacionales— permite crear sistemas robustos de confiabilidad y aprendizaje continuo, transformando fallos, incidentes y no conformidades en conocimiento operativo estratégico.

La convergencia de ambas herramientas crea una organización más madura, resiliente y técnicamente capaz, donde la prevención y el aprendizaje se complementan para reducir riesgos, optimizar recursos y elevar la seguridad y productividad.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ IEC 62740:2015 — *Root Cause Analysis*.
- ✓ IEC 60812:2018 — *Failure Modes and Effects Analysis*.

- ✓ UNE-EN 13306:2018 — Terminología de Mantenimiento.
- ✓ ISO 31000:2018 — Gestión del Riesgo – Principios y directrices.
- ✓ NASA (2016) — *Human Reliability Program Guidelines*.
- ✓ DOE Standard (2012) — *Accident and Root Cause Analysis Guide*.
- ✓ Reason, J. (1997) — *Managing the Risks of Organizational Accidents*.
- ✓ Sologic LLC — Material técnico para análisis causal.
- ✓ Zabicki, E. (2025). FMEA y ACR: La relación para el análisis de fallas y la mejora continua.

NUESTRA PROMESA: Transformamos incidentes, fallas y no conformidades en conocimiento organizacional aplicable. Reducimos recurrencias y mejoramos desempeño con ACR Sologic + Causelink.