



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



El Análisis Funcional del Activo: base fundamental de la confiabilidad operacional.

César Augusto Torrez Porras, José Danilo Añe Gutiérrez.

Petróleos de Venezuela, S.A.

E-mail: torrezca@pdvsa.com / torrezcat@gmail.com, anej@pdvsa.com.

Ciudad Ojeda, Edo. Zulia – Venezuela.

Resumen.

La confiabilidad, definida en la norma ISO 14224, como la capacidad de un ítem para desempeñar una función requerida, bajo condiciones dadas, durante un período de tiempo determinado, se fundamenta en la definición de la función del activo, esta a su vez es la piedra angular de donde parten ciertas metodologías de confiabilidad.

Garantizar la función de los activos es la razón de ser de mantenimiento, pero también es parte esencial de la cultura de confiabilidad, la información que debe ser divulgada y conocida por todos los trabajadores de una empresa, como parte de la identificación de los objetivos técnicos enlazados con los objetivos estratégicos que permiten impulsar el sentido de pertenencia y cultura de confiabilidad en la organización.

Hoy en día, con la Inteligencia artificial y el mundo digital, como herramienta que impulsa la gestión de activos, la confiabilidad y el mantenimiento, es más fácil definir y mejorar el desarrollo del Análisis Funcional del Activo (AFA) con visión humana.

Marco teórico.

En la industria moderna, la norma SAE JA1012 “Una Guía para la Norma de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)”, es la base técnica para definir qué debe hacerse para asegurar que los activos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan (función), aplicada en forma exitosa en diversas áreas

industriales y de servicio. Sin embargo, la ingeniería de confiabilidad ha cometido por años un error: centrarse exclusivamente en el activo físico y olvidar al activo humano: operador, al mantenedor y personal de soporte, como seres emocionales que interactúan con el activo y por ende en su funcionamiento.

Utilizando la estructura de la SAE JA1012 y el AFA, se plantea una forma para transformar definiciones técnicas en propósitos motivacionales.

La norma define la función primaria como la razón principal por la que se adquiere el activo (separar, bombear, transportar), es decir lo que genera ingresos y desde el punto de vista humano, hacia donde deben apuntar los esfuerzos para lograr el objetivo e incluso tener el reconocimiento personal por la contribución del objetivo, ampliamente conocido en la mayoría de las organizaciones.

Por otra parte, la norma también establece que los activos deben cumplir expectativas adicionales: seguridad, control, contención, confort, apariencia, eficiencia energética y cumplimiento ambiental. Desde el punto de vista humano, estas funciones se alinean a las necesidades humanas de la clásica pirámide de Maslow, de teoría motivacional, de seguridad y pertenencia (afiliación), ver figura 1, entendiendo que las funciones secundarias tienen como efecto colateral el cuidado/protección de las personas que interactúan con el activo.



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



Figura 1. Piramide de Maslow.

Se ha enfocado siempre en motivar al personal por el impulso de la producción, aumento de los ingresos, desvirtuando el concepto de valor de la gestión de activos, que indica que es un equilibrio entre desempeño, costo y riesgo.

$$\text{Valor} \cong \frac{\text{Desempeño}}{\text{Costo} + \text{Riesgo}}$$

Adicionalmente, a la falta de comunicación de los programas de mantenimiento entre el personal y de cómo esto afecta al individuo para el logro de los objetivos técnicos y estratégicos, se ha fallado en resaltar y valorar lo que los empleados valoran más, pues los afecta directamente: las funciones secundarias, tales como seguridad, ambiente, reducción de estrés e imagen corporativa.

El desempeño de un activo físico lleva consigo la participación humana, desde su diseño, puesta en servicio, operación, mantenimiento y desincorporación. El programa de confiabilidad que logre enlazar de forma armónica este dúo, logrará afianzar la cultura de confiabilidad.

Propuesta para afianzar la cultura de confiabilidad.

Se plantea usar las funciones primarias y secundarias desarrolladas de un MCC de cada

sistema / equipo y su impacto en el negocio y entorno como vector motivacional del personal involucrado con este activo. Es traducir cada elemento funcional del activo físico a uno motivacional del individuo.

La siguiente tabla muestra de forma general como deber ser vista las funciones, más allá de la metodología de la norma SAE JA1012 para generar planes óptimos de mantenimiento para resaltar el trabajo humano, dentro de una campaña comunicacional para afianzar la cultura de confiabilidad.

Tabla I. Relación función(es) y motivación personal

Tipo de Función (SAE JA1012)	Categoría	Traducción Motivacional para el Trabajador
Primaria	Velocidad / Producción	"Tu trabajo garantiza el futuro de la empresa y los salarios de los demás compañeros."
Secundaria	Integridad Ambiental	"Tu trabajo protege a tu comunidad y familia de la contaminación."
Secundaria	Seguridad / Contención	"Tu atención asegura que todos regresen a casa sanos."
Secundaria	Apariencia / Ergonomía	"Un equipo limpio, un área de trabajo limpio, ordenado y funcional hace tu día menos estresante."

A continuación, se muestra el rol motivacional de los principales actores de la gestión de los activos y conectándolo con los apartados de la norma SAE JA1012 en un caso práctico.

En este caso práctico, el activo es un sistema de bombeo de agua de alimentación a calderas de planta de vapor que opera de forma continua y en



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



donde existe alta rotación de personal, mantenimiento solo correctivo y donde se ignoran las pequeñas fallas hasta que el equipo falla.

Ante la situación planteada, se aplica la relación función(es) y motivación al personal de la tabla I, asignando la responsabilidad de las funciones SAE JA1012 a los diferentes actores de la organización.

Caso 1: Vigilante.

Como primer actor, se explica el personal de resguardo a las instalaciones, que, aunque no está directamente relacionado con el equipo, se quiere mostrar como otras personas de la organización como personal de limpieza entre otros se pueden involucrar.

El rol tradicional del personal de seguridad es el control de acceso y perímetro, para el resguardo de la instalación.

El nuevo rol, es adicionar la responsabilidad vigilancia de la integridad ambiental y contención, que son funciones secundarias establecidas en la SAE JA1012 y a menudo se manifiestan visiblemente antes de la falla catastrófica.

Para materializar este nuevo rol, se asigna dentro de las responsabilidades del personal de seguridad, la inspección visual del sistema de bombeo en la ronda de vigilancia.

Se impulsa la responsabilidad de reportar cualquier mancha de aceite en el suelo (perdida de contención) o ruidos agudos inusuales (perdida de confort/ruido), explicando la importancia del mismo en el proceso productivo.

El impacto motivacional es que el vigilante pasa de sentirse "ajeno a la producción" a ser la primera línea de defensa ambiental.

Pero para que no quede solo como una responsabilidad adicional, se debe medir y registrar esta labor, ya sea mediante un reconocimiento simbólico o remunerado. Para ello se deben crear indicadores o Key Performance Indicator (KPI), que gracias al avance tecnológico es más fácil medir. Para este caso se pueden crear diversas formas de medir el nuevo rol, por ejemplo: KPI Índice de Reporte de Integridad (IRI), el cual mide la eficacia del personal no técnico en la detección de fallas que afectan funciones secundarias ambientales o de seguridad.

$$IRI = \left(\frac{\sum \text{Avisos validados de vigilancia}}{\text{Hallazgos totales de integridad (fugas/ruidos)}} \right) \times 100$$

Donde los avisos validados, son los reportes que resultaron ser una anomalía real tras la inspección técnica.

Este KPI, se basa en la métrica 3.1 de la Sociedad de Profesionales de Mantenimiento y Confiabilidad, mejor conocido como SMRP, relacionada con la identificación de trabajo de mantenimiento. La SMRP mide qué porcentaje del trabajo que es identificado proactivamente antes de que falle. Esta propuesta, es una especialización de este KPI. Al involucrar a vigilancia, se está expandiendo la capacidad de detección de la planta, permitiendo que el personal no técnico actúe como un sensor predictivo, mejorando la métrica de Trabajo Proactivo.

Caso 2: Personal del departamento administrativo y compra.

Aquí se pretende mostrar como el área administrativa se puede involucrar en el plan motivacional de confiabilidad. Esta labor ha sido vista como una función de reducción de costos y trámites burocráticos, pero bajo esta propuesta se busca que se vea como los garantes de la calidad del repuesto / insumo, de la especificación



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



funcional de los equipos que soportan a la función primaria y secundaria.

Para cumplir la función primaria (Ejemplo: bombeo a X presión), los componentes deben cumplir estándares de diseño. Comprar repuestos sub-estándar introduce fallas prematuras.

Para lograr este nuevo rol, se debe comenzar con una capacitación básica en MCC para compradores, en la que entiendan que, por ejemplo, un sello mecánico barato o de baja calidad, afecta la función secundaria (contener) más rápido y esto a su vez, afecta la función primaria pues va a requerir parar la bomba para reemplazar el sello.

También es cierto que, se debe cambiar la mentalidad interna de la empresa, el departamento de comprar no solo adquiere repuestos e insumos, compran confiabilidad y es fundamental entender e internalizar esto.

Solo cuando se logra que el personal administrativo entienda que su decisión de compra impacta la tranquilidad del fin de semana del técnico de mantenimiento, se logra la empatía entre estos departamentos de la empresa.

Lo anterior, se debe medir, gestionar mediante indicadores. Una propuesta sería: KPI de Conformidad de Especificación Funcional (CEF), que mide la calidad de la gestión administrativa para asegurar la confiabilidad inherente del activo según la norma SAE.

$$CEF = \left(1 - \frac{\text{Eventos de mortalidad infantil}}{\text{Total de ordenes de compra de repuestos}}\right) \times 100$$

Donde los eventos de mortalidad infantil, son las fallas ocurridas en componentes nuevos antes de las primeras 300 horas de operación o 30 días (atribuibles a calidad del repuesto).

Se basa en la métrica SMRP 3.5.3, relacionada con la mortalidad infantil y 5.5 de la gestión de

repuestos. La SMRP define la mortalidad infantil como fallas que ocurren poco después del arranque. Si el indicador es bajo, se está ante una falla en la gestión de la cadena de suministros, lo que invalida la confiabilidad inherente que la norma SAE JA1012 busca proteger desde el diseño.

Caso 3: Operador de planta.

Es el puesto sobre quien recae la responsabilidad de la producción, su rol tradicional es maximizar la producción y es una función primaria.

En esta propuesta se busca que el nuevo rol sea un equilibrio de las funciones (primaria + secundaria), ya que tradicionalmente el operador suele dejar de un lado las funciones secundarias (ejemplo: puentear alarmas, quitar guardas protectores) para forzar que la función primaria continúe.

Como estrategia para impulsar ese equilibrio de funciones, se propone la implementación del Mantenimiento Autónomo basado en funciones.

Por ejemplo, en lugar de "revisar el aceite", la tarea es indagar si el aceite está cumpliendo la función de lubricación, revisar nivel y color.

Dentro del mantenimiento autónomo, el operador se apodera, tiene la autoridad para detener el equipo si una función secundaria de protección (ejemplo: vibración alta) está en riesgo, sin temor a represalias de la gerencia. La unión del MCC y el mantenimiento Autónomo.

Este fortalecimiento, tiene un impacto en la motivación de operador, dándole un sentido de propiedad. El operador deja de ser aquel que prende, apaga, cierra-abre válvulas y se convierte en un gestor de activos.

Para que esto, tenga viabilidad, se debe medir y dar reconocimiento al cumplimiento del nuevo rol, mediante indicadores, por ejemplo: métrica



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



de Adherencia al Cuidado de Funciones (ACF), el cual mide el compromiso del operador con las funciones secundarias de protección.

$$ACF = \left(\frac{\text{Tareas de chequeo de protección ejecutadas}}{\text{Tareas de chequeo de protección programadas}} \right) \times 100$$

Donde las tareas de protección: son las pruebas de paradas de emergencia, verificación de niveles críticos y estado de guardas.

Tiene como base la métrica SMRP 3.4.1 de cumplimiento de mantenimiento preventivo). Es una adaptación específica para el mantenimiento autónomo. Esto cumple con el Pilar 3, asegurando que los dispositivos de seguridad, mencionados en SAE JA1012 como funciones secundarias, sean probados regularmente.

Caso 4: Técnico de mantenimiento.

El personal de mantenimiento, cambia su viejo rol de bombero apaga fuego, es decir, de actuar cuando los activos fallan a un analista de los modos de falla, para entender como exige la norma SAE JA1012, por qué fallo el activo.

El técnico no solo cambia el rodamiento; investiga si la falla funcional fue por lubricación, desalineación o sobrecarga.

Además el mantenedor, se enfoca en restaurar las funciones secundarias de apariencia y ergonomía (limpieza, pintura, etiquetado) tras el mantenimiento, sabiendo que esto influye en la psicología del operador y de todos los que hacen vida en la empresa.

Se incentiva el orgullo profesional del mantenedor, pues ve que su trabajo es tomado en cuenta, lo que por años ha querido hacer y para lo cual se formó.

Un indicador a considerar, entre tantos podría ser KPI de Eficacia de Análisis de Falla (EAF), que mide la transición del técnico de reparador a analista, enfocándose en los modos de falla descritos en la SAE JA1012.

$$EAF = \left(\frac{\text{OTs con modos de falla y causa raíces identificadas}}{\text{Total de OTs de correctivo crítico}} \right) \times 100$$

Donde, OTs, son las Órdenes de trabajo donde se documentó el origen del fallo (ejemplo: fatiga, cavitación, error de montaje) y no solo la acción de cambio.

Esta nace del indicador 3.5.1 de la SMRP, relacionado con el análisis de causa raíz. Este recomienda realizar un Análisis Causa Raíz (ACR) en activos críticos. Por lo que este indicador mide la penetración cultural del análisis. Un valor alto indica que el personal técnico está aplicando el Pilar 3, de confiabilidad de equipos, en cada intervención.

Rol 5: Alta gerencia y dueños.

La alta gerencia, normalmente tiene el rol de exigir resultados financieros. Sin embargo el nuevo rol que se busca, es que sean los impulsores de la cultura de confiabilidad y gestión del riesgo.

Para ello, los beneficios de la aplicación de la norma SAE, los fundamentos técnicos deben ser de conocimiento de ellos, así como el nivel técnico debe conocer ciertos aspectos financieros.

La gerencia debe adoptar el lenguaje SAE. En lugar de hablar si la bomba esta arreglada, hablar sobre el modo de falla que causó la pérdida de función y qué riesgo de seguridad implica.

El conocer y difundir la importancia de cada rol en la cultura de confiabilidad, permitirá, que por ejemplo la alta gerencia asigne el presupuesto específico para proteger funciones secundarias (mejor iluminación, mejores herramientas, EPP de calidad).

Desde el punto de vista motivacional, cuando el gerente prioriza la seguridad (función secundaria) sobre la prisa en producir (función primaria),



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



envía el mensaje más potente de cultura de confiabilidad a toda la organización.

Una manera de medir este nuevo rol es por ejemplo con el KPI Reducción del Riesgo Operacional (RRO), mide el impacto de las decisiones gerenciales en la eliminación de las consecuencias de falla.

$$RRO = \sum (NPR_{t0}) - \sum (NPR_{tf})$$

Donde, NPR (Número de Prioridad de Riesgo) es el producto de S×O×D (Severidad × Ocurrencia × Detección).

t0: Riesgo inicial antes de las acciones de confiabilidad.

tf: Riesgo final después de las inversiones y mejoras.

Se basa en el indicador 5.3.1 de la SMRP de efectividad de la gestión de activos. El NPR (Número de Prioridad de Riesgo) es la herramienta cuantitativa del AMEF (Análisis de Modos y Efectos de Falla). El RRO demuestra que la gerencia está cumpliendo con su rol de mitigar las consecuencias de falla (económicas, de seguridad y ambientales) que la SAE JA1012 clasifica detalladamente.

Los indicadores son herramientas para medición, que desde el punto de vista motivacional, deben estar visibles, accesibles a los trabajadores, considerando que bajo esta propuesta de extensión de la SAE JA1012 para afianzar la cultura de confiabilidad, el reconocimiento y difusión de los resultados obtenidos es fundamental.

Beneficios.

Al implementar la propuesta motivacional de las funciones, basada en SAE JA1012, se logrará:

- Involucrar a todo el personal en el cumplimiento de las tareas asociadas a mejorar la confiabilidad. El MCC deja de ser exclusivo de los ingenieros y del área técnica. El lenguaje se adapta a todos los trabajadores de la empresa.
- Al priorizar funciones secundarias (seguridad/ambiente), la empresa demuestra que le importan las personas, lo valora como activo humano, con un equilibrio con la producción, gestionando el valor. Esto indirectamente aumenta el sentido de pertenencia, compromiso y motivación, lo que redundará en aumentar la producción
- Sirve como herramienta para cambiar de un mantenimiento reactivo a uno preventivo, involucrando a diversos actores (vigilancia, limpieza, operación) del proceso, todos con los ojos atentos y entendiendo las funciones, la detección de la Falla Potencial (P) en la curva P-F ocurre mucho antes.

Conclusiones.

La norma SAE JA1012 no es solo un estándar para desarrollar planes de mantenimiento óptimos, sino que puede ser usado para potenciar la relación hombre – máquina, lo que sugiere que la implantación de esta norma debe estar acompañada de esta visión motivacional para asegurar la cultura de confiabilidad.

Dentro del MCC, las funciones secundarias son el puente empático hacia el trabajador. Cuando un empleado entiende que la norma existe para protegerlo (seguridad), facilitar su trabajo (ergonomía) y dar sentido a su esfuerzo



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



(producción), la motivación deja de ser un discurso externo y se convierte en una disciplina interna.

La confiabilidad técnica es, en última instancia, el resultado de la confiabilidad humana, pues es el ser humano que participa en todo el ciclo de vida de los activos.

Esta propuesta, puede ser usada como una estrategia para impulsar la cultura de confiabilidad, en conjunto con los planes de formación teóricos o técnicos que deben ser objeto todo el personal dentro de la empresa en el ámbito de confiabilidad.

Referencias.

- ISO -14224: Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries – Collection and Exchange of Reliability and Maintenance Data for Equipment. 2006
- Norma ISO 55000 "Gestión de activos - Aspectos generales, principios y terminología". 2014
- Norma SAE JA1012 A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard. 2011.
- Definiciones y fórmulas de indicadores de desempeño de acuerdo con las mejores prácticas de la SMRP. Pabelon Academy. www.pabelon.com. 2026
- Moubray, J. Reliability-centered maintenance. Industrial Press Inc. 1997.

César Augusto Torrez Porras, se desempeña como Supervisor de Confiabilidad en la Gerencia de Confiabilidad Operacional de PDVSA Occidente. Es Ingeniero de Mantenimiento Mecánico egresado de la Universidad Rafael María Baralt (UNERMB), con Maestría en

Mantenimiento Industrial de La Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre (UNEXPO) y Maestría en Ingeniería de Confiabilidad y Riesgo de la Universidad de las Palmas de la Gran Canarias, España. Certificado como Gestor de Mantenimiento y Confiabilidad (CGMC) - ACIEM.

1.- Nombre del autor: César Torrez Porras.

2. Teléfono:

a. Oficina: +58 265 8059248

b. Celular: +58 414-6511894

3.- Dirección del autor:

a. Residencia: Calle España 36 C, Central II, Ciudad Ojeda, Estado Zulia, Venezuela

b. Edificio Rojo de PDVSA Tamare, Av. principal de Tamare, Estado Zulia, Venezuela.

c. Email: torrezca@pdvsa.com / torrezcat@gmail.com

José Danilo Añe Gutiérrez, se desempeña como Superintendente de Confiabilidad en la Gerencia de Confiabilidad Operacional de PDVSA Occidente. Es Ingeniero de Mantenimiento Mecánico egresado de la Universidad Rafael María Baralt (UNERMB), con Especialización en Confiabilidad de Sistemas Industriales de la Universidad Simón Bolívar de Venezuela

1.- Nombre del autor: José Danilo Añe Gutiérrez.

2. Teléfono:

a. Oficina: +58 265 8059656

b. Celular: +58 412-0693842

3.- Dirección del autor:

a. Residencia: Calle Primavera Casa N°2, Sector Progreso, Ciudad Ojeda, Estado Zulia, Venezuela

b. Oficina: Edificio Rojo de PDVSA Tamare, AV principal de Tamare, Estado Zulia, Venezuela.

c. Email: anej@pdvsa.com