

El ingeniero integrador

Aileen Diane Pusey Mitchell
Ingeniera electrónica, MSc. Ingeniería industrial
adiane0720@gmail.com
Barrancabermeja – Santander

RESUMEN: Han pasado más de setenta años, desde que se creó la primera sociedad técnica de confiabilidad y un poco menos, desde que se publicó el primer libro de texto sobre el tema. La historia en Estados Unidos ha mostrado que la creación y evolución de la *ingeniería de confiabilidad*, ha estado ligada a la industria aeroespacial, a los programas de desarrollo de sistemas militares, y a la industria aeronáutica. Sin embargo, industrias como la automotriz en la década de 1970 en adelante y, más recientemente la industria de petróleo y gas y otras más en varios países, han adoptado la ingeniería de confiabilidad como pilar fundamental de la excelencia en sus operaciones; con ello, ha nacido entonces, el rol del **ingeniero de confiabilidad**. De allí que sea obligatorio preguntar si está claro cuál es dicho rol. La otra cuestión es: ¿Los líderes en estas organizaciones saben cuáles son esas funciones que debe ejercer esta nueva posición que se está imponiendo, producto de las necesidades organizacionales? [1]

Introducción

La adopción de estándares internacionales como la familia ISO 55000 ha reforzado una visión integral, al establecer que la gestión de activos debe alinearse con los objetivos estratégicos de la organización y considerar todo el ciclo de vida de los activos, desde la concepción y el diseño hasta su desincorporación. Bajo este marco referencial, surge con fuerza el rol del ingeniero de confiabilidad como un profesional clave para asegurar que los activos cumplan la función requerida de manera segura, disponible y costo-efectiva.

En ese contexto se plantea otra pregunta: ¿El ingeniero de confiabilidad abarca todas las disciplinas? A primera vista la pregunta puede llevar a ser mal interpretada: ¿Qué significa “abarcarse” como dominio único de todas las disciplinas técnicas y de gestión, o “abarcarse” como responsabilidad transversal de coordinación e integración? Este documento aborda ambas interpretaciones, tratando de establecer el alcance disciplinar del ingeniero

define como “los procesos para asegurar que un ítem – *componente o equipo* - operará según un estándar definido durante un período de tiempo definido en un entorno definido. La ingeniería de confiabilidad comienza en la fase conceptual del diseño y continúa a lo largo del ciclo de vida. El objetivo es identificar los problemas potenciales de confiabilidad lo antes posible en el ciclo de vida y garantizar que se cumplan los requisitos de confiabilidad” [2].

Contexto y fundamento del rol del ingeniero de confiabilidad

En sus inicios, la ingeniería de confiabilidad surge en sectores de alta exigencia como la aviación y la industria nuclear, con el objetivo de reducir fallas y aumentar la disponibilidad de sistemas críticos. Con el tiempo, su enfoque evolucionó hacia una disciplina sistémica que busca optimizar la relación entre desempeño, riesgo y costo durante el ciclo de vida de los activos. Este cambio conceptual se consolida con la publicación de normas como la ISO 55000, que define la gestión para obtener valor

a partir de los activos físicos [3] y, la ISO 14224, que establece las bases para la recolección y análisis de datos de confiabilidad en equipos industriales [4].

En el entorno actual, marcado por la transformación digital, el ingeniero de confiabilidad debe interpretar datos provenientes de los diferentes sistemas de información, para convertirlos en decisiones que garanticen la integridad y desempeño de los activos. Su rol trasciende la operación diaria, participando activamente en la planeación de inversiones, estrategias de mantenimiento y gestión del riesgo. De esta forma, se convierte en un actor clave en la convergencia entre ingeniería, tecnología y gestión en las organizaciones.

Alcance disciplinar y naturaleza del ingeniero de confiabilidad

El ingeniero de confiabilidad no abarca todas las disciplinas de la ingeniería en el sentido de sustituir a los especialistas, sino que tiene la capacidad para coordinarlos bajo una visión integradora. Más aún, promover esta idea que el ingeniero de confiabilidad es un “todólogo” o “todero”, fomenta una cultura de dependencia técnica, donde otras disciplinas o áreas funcionales del negocio, delegan su responsabilidad bajo el argumento implícito de que “confiabilidad se encarga”. Este fenómeno es uno de los principales obstáculos para la madurez en gestión de activos.

El conocimiento transversal del ingeniero de confiabilidad, le permite comprender los principios de los diferentes equipos y procesos con el suficiente nivel para analizar modos de falla y sus consecuencias en la operación [5]. En una planta petroquímica, por ejemplo, el ingeniero de confiabilidad evalúa la interacción entre variables de proceso, condiciones de operación y desempeño de equipos para identificar vulnerabilidades y proponer

acciones de mitigación. Este enfoque requiere habilidades analíticas y metodológicas, más que dominio total de cada disciplina.

El alcance disciplinar del ingeniero de confiabilidad se define por su capacidad para conectar áreas funcionales dentro de la organización. Trabaja estrechamente con ingenieros de mantenimiento, operaciones, procesos, seguridad y planeación para garantizar que las estrategias de confiabilidad estén alineadas con los objetivos de negocio. En ese sentido, las actividades que realiza un ingeniero de confiabilidad son comparables con las que realiza un médico, y guardando las debidas proporciones, es totalmente válido pensar que el ingeniero de confiabilidad se asemeja específicamente a un *médico internista*, y coincide con este en varios aspectos, entre ellos: tiene una visión general e integral; así mismo tiene un conocimiento profundo de los procesos, equipos y de cómo se mueve la organización. Tiene gran capacidad de integración, lo cual le permite ser eficiente en la toma de decisiones y en la solución de problemas. Igualmente, es claro que requiere una formación específica en las metodologías, técnicas y herramientas, además de la experiencia que debe tener en su área de actuación, lo cual le puede permitir análisis más completos y los diagnósticos necesarios, para superar rápidamente los problemas. Además de tener la capacidad de interactuar con las diferentes especialidades que se ven involucradas en la confiabilidad de las operaciones y en el ciclo de vida de los activos, equipos y procesos [6].

Límites del rol del ingeniero de confiabilidad.

Un aspecto crítico para la madurez organizacional es definir los límites del rol. El ingeniero de confiabilidad, NO:

- Diseña en detalle equipos o procesos.
- Ejecuta mantenimiento

-Toma decisiones de inversión de forma aislada.

La función primordial del ingeniero de confiabilidad es controlar los riesgos y anticiparse a las fallas que se presentan en los procesos, activos y equipos, verificando el desempeño y el costo del ciclo de vida; por tanto, debe saber identificarlos y gestionarlos, ya que ellos, afectan las operaciones y el logro de los objetivos de la organización.

Ahora, la ingeniería de confiabilidad implica muchas actividades; sin embargo, es claro que, puede tener formación en cualquier especialidad; esto es, puede ser: ingeniero mecánico, electricista, electrónico, metalúrgico, industrial, químico, de proceso, minero, petrolero, etc.; lo verdaderamente importante es que, tenga capacidad de análisis y adquiera las competencias que le permitan asumir el rol [8].

Competencias, responsabilidades y cultura de confiabilidad

En la Tabla 1, se realiza un comparativo entre el ingeniero de confiabilidad y el ingeniero de mantenimiento, frente a la responsabilidad en algunos tópicos.

Es de anotar que la intención no es trazar una línea divisoria, sino entender el alcance de cada rol; el ingeniero de confiabilidad siempre será apoyo para el ingeniero de mantenimiento.

Por otro lado, las competencias del ingeniero de confiabilidad se estructuran en tres dimensiones fundamentalmente, que son: técnicas, analíticas y blandas. Estas dimensiones no evolucionan de forma lineal ni aislada; su madurez conjunta determina la capacidad real del profesional para integrar decisiones técnicas, operativas y estratégicas.

En la Tabla 2, se muestra un ejemplo de una hoja de ruta según perfil, para la formación del ingeniero de confiabilidad, para ello, se utiliza la Taxonomía de Bloom¹; de allí, se deriva el mapa de competencias para el rol del ingeniero de confiabilidad.

Las competencias técnicas hacen referencia al entendimiento, uso y aplicación de normas y estándares; así como de las metodologías asociadas. Conocimientos como: gestión de activos, confiabilidad, metodologías de análisis de modos y efectos de falla - FMEA, mantenimiento centrado en confiabilidad - RCM, hacen parte de esta dimensión.

Tabla 1. Comparación del alcance de las actividades entre ingeniero de mantenimiento e ingeniero de confiabilidad. Adaptado de [7]

	Ingeniero de mantenimiento	Ingeniero de confiabilidad
Plan de mantenimiento	Ejecuta el plan de mantenimiento	Define el plan de mantenimiento
Actividades de mantenimiento	Define cómo y con qué se realizan	Define cuándo se ejecutan
Procedimientos	Elabora los procedimientos requeridos	Revisa y modifica según necesidad
Paradas de planta	Organiza y ejecuta las paradas	Define qué actividades se realizan
Reportes	Reporta a la gerencia de mantenimiento	Reporta a mantenimiento, operaciones y eventualmente a proyectos
Ante fallas	Define la estrategia para recuperar la función	Define la estrategia para predecir y eliminar las fallas
Con los repuestos	Controla los consumos de acuerdo con las actividades definidas	Define los parámetros de reposición y las recomendaciones de calidad
Con la vida útil	Maximiza la vida útil a través de la calidad de las actividades de mantenimiento	Planea la reposición/renovación antes del vencimiento
Especificaciones de confiabilidad	Realiza las actividades para darle cumplimiento	Verifica su cumplimiento

¹ Modelo que jerarquiza los objetos de aprendizaje en niveles y facilita la medición de las competencias.

Las competencias analíticas incluyen el manejo de datos, modelamiento RAMS, análisis del costo del ciclo de vida – LCCA, y el uso de herramientas predictivas basadas en inteligencia artificial o aprendizaje automático [9], así como el conocimiento en herramientas de monitoreo de condición de los activos y equipos.

Las competencias blandas son tan críticas como las técnicas; entre las más relevantes se encuentran:

- **Comunicación efectiva:** explicar hallazgos técnicos a audiencias no técnicas.
- **Liderazgo y negociación:** influenciar decisiones de CAPEX/OPEX.
- **Pensamiento crítico y toma de decisiones basada en riesgo:** priorizar intervenciones bajo restricciones.
- **Trabajo en equipo:** coordinar equipos multidisciplinarios y facilitar talleres de análisis.
- **Gestión del cambio y aprendizaje organizacional:** instaurar prácticas de reporte y lecciones aprendidas; evaluar competencias.

En general, la progresión del ingeniero de confiabilidad no consiste en “conocer más herramientas”, sino en pensar mejor para tomar decisiones con mayor impacto y responsabilidad.

Además, el ingeniero de confiabilidad contribuye a la construcción de una cultura de

confiabilidad donde la prevención, el aprendizaje organizacional y la mejora continua son valores fundamentales [10].

La **cultura de confiabilidad** se entiende como un sistema organizacional de valores, comportamientos y procesos institucionalizados que aseguran que el desempeño de los activos no dependa de individuos, sino de un sistema de gestión alineado con la estrategia, el valor y el riesgo del negocio. Su ciclo de aseguramiento integra diseño orientado a confiabilidad, operación disciplinada, mantenimiento proactivo y mejora continua, gobernados por objetivos, indicadores y decisiones basadas en riesgo a lo largo del ciclo de vida del activo.

En la Figura 1, se propone un modelo que muestra los elementos del Ciclo de Aseguramiento de la Confiabilidad [11], el cual contiene las actividades que a juicio particular, realiza el ingeniero de confiabilidad, en cuanto a las dimensiones técnica y analítica. Este modelo consta de tres grandes grupos, a saber:

1. Gestión del ciclo de vida del activo: consta de dos etapas: la primera, hace referencia a la **gestión de las incorporaciones** de los activos y la **gestión de los equipos**, e involucra actividades como la estructuración de un portafolio de inversiones, la ejecución de los proyectos, el análisis de confiabilidad y de vida útil en el diseño; así como, la identificación del

Tabla 2. Dimensiones de competencias del ingeniero de confiabilidad. Aproximación utilizando taxonomía de Bloom. Elaboración propia.

Dimensión	Objeto de conocimiento	Nivel de competencia (*)				
		Entrenamiento	Junior	Pleno	Snior	Master
Técnica	Fundamentos de confiabilidad (MTBF, MTTR, R(t), λ)	Conocer	Comprender	Aplicar	Analizar	Sintetizar
	Modos de falla y mecanismos físicos	Conocer	Comprender	Aplicar	Analizar	Evaluar
	Metodología RCM	Conocer	Aplicar guiado	Aplicar autónomo	Analizar y adaptar	Diseñar marcos
	Análisis RAM	Conocer	Comprender	Aplicar	Analizar escenarios	Integrar estrategia
	Ciclo de vida de los activos	Conocer	Comprender	Aplicar	Analizar decisiones	Gobernar criterios
Analítica	Estadística aplicada a confiabilidad	Conocer	Aplicar	Analizar datos	Interpretar tendencias	Definir modelos
	Análisis de confiabilidad (Crow - AMSAA)	Conocer	Aplicar guiado	Aplicar	Evaluar supuestos	Diseñar enfoque
	Análisis de riesgo (FMEA, FTA, LOPA)	Conocer	Aplicar parcial	Aplicar integral	Integrar riesgos	Gobernar riesgo
	Análisis costo-riesgo (CAPEX/OPEX)	Conocer	Comprender	Aplicar	Evaluar decisiones	Optimizar portafolio
	Indicadores de gestión	Conocer	Aplicar	Analizar	Diseñar KPIs	Alinear con ERM
Blanda	Toma de decisiones bajo incertidumbre	Conocer	Comprender	Aplicar	Evaluar escenarios	Definir criterios
	Comunicación técnica	Comprender	Aplicar	Argumentar	Influir	Persuadir
	Pensamiento sistémico	Conocer	Comprender	Aplicar	Integrar	Sintetizar
	Gestión de partes interesadas	Conocer	Aplicar básico	Aplicar	Liderar interacciones	Gobernar relaciones
	Liderazgo técnico	Observar	Apoyar	Liderar tareas	Liderar decisiones	Liderar visión
	Ética y responsabilidad técnica	Conocer	Comprender	Aplicar	Defender criterios	Establecer principios
	Toma de decisiones organizacionales	Conocer	Comprender	Aplicar	Evaluar impactos	Definir lineamientos

activo fijo, la clasificación de equipos, identificación de la lista de repuestos aplicables a los equipos, la identificación de los repuestos críticos y, la gestión de inventarios. En la segunda etapa, básicamente se hace referencia al **análisis de la condición de los activos** y la **gestión para el mantenimiento**.

2. Eliminación de defectos: La etapa tres, se adentra en el mundo de las técnicas para eliminar los defectos y para identificar la causa raíz de las fallas; igualmente, se revisan los pasos para evaluar nuevas tecnologías.

3. Gestión de los riesgos: La cuarta etapa del modelo, se centra en algunas técnicas para identificar y mitigar los riesgos. También es de esta etapa que salen los insumos que ingresan a la etapa inicial. Es decir, esta etapa debe servir de “puente” para incorporar los hallazgos identificados en las fases de operación y mantenimiento del ciclo de vida de los activos a los nuevos diseños; así como definir las nuevas incorporaciones.

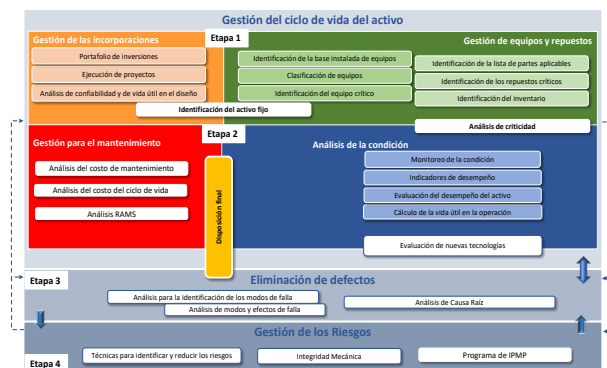


Figura 1. Modelo del ciclo de aseguramiento de la confiabilidad

Pueden existir muchos modelos que introduzcan al rol del ingeniero de confiabilidad y seguramente, todos ellos pueden ser adoptados por una organización, lo más importante, es la formación de los “**puntos focales**” y del personal en el piso de planta, que harán que el uso de las herramientas, técnicas, de este o cualquier otro modelo que se adopte, permeen en la organización.

Conclusiones

El análisis realizado demuestra que el ingeniero de confiabilidad desempeña un papel integrador dentro de la gestión de activos, articulando diversas disciplinas para garantizar la sostenibilidad técnica y económica en las compañías. No es un *especialista universal*, sino un profesional con visión sistémica y capacidad de coordinación interdisciplinaria. Su aporte se materializa en decisiones que optimizan el equilibrio entre riesgo, costo y desempeño.

Se reafirma que el ingeniero de confiabilidad **no abarca todas las disciplinas como especialista**, sino que **las articula en torno a la gestión de activos**, actuando como vínculo entre ingeniería, mantenimiento, operaciones y planeación.

Ahora, es evidente que hay muchas actividades que son responsabilidad del ingeniero de confiabilidad; pero, lo que menos debe hacer es, “*correr detrás*” de los equipos; si se enfoca en: **gestionar el ciclo de vida de los equipos, eliminar los defectos, y, gestionar los riesgos**, no hay necesidad de estar detrás de los equipos y se da una primera aproximación a lo que es la ingeniería de confiabilidad.

Existen diversidad de técnicas, modelos, metodologías y herramientas para ejercer el rol de ingeniero de confiabilidad; es decir, hay mucho por explorar y la intención además de despertar la curiosidad, es que cada ingeniero de confiabilidad asuma el reto y apropie el conocimiento correspondiente.

Así mismo, las compañías, deben entender que *la confiabilidad* es pues, el resultado de realizar correctamente las acciones correctas en toda la cadena de valor y en todas las fases del ciclo de vida de los activos. Las organizaciones que buscan un ingeniero de confiabilidad que “lo sepa todo” no necesitan confiabilidad;

necesitan suerte o un milagro, y eso no constituye una estrategia.

Por último, la confiabilidad se debe asegurar desde las fases de diseño y construcción, antes que el equipo, sistemas y procesos, se coloque en operación; evitando así, que *nuevos problemas entren al piso de planta*.

Aileen Diane Pusey Mitchell. Ingeniera electrónica - *IAM Certificate*; con especialización en evaluación y gerencia de proyectos y maestría en ingeniería industrial. Tiene formación como evaluadora de competencias, auditora de sistemas integrados de gestión y gestión de activos; y estudios en *ciencia de datos*. Actualmente, adelanta un doctorado en *ingeniería informática*. Con más de 25 años de ejercicio profesional, aplicado en diferentes cargos e industrias, tales como: la de dispositivos electrónicos (jefe de producción); de plásticos (jefe de mantenimiento); de bebidas (ingeniera de proyectos) y petróleo y gas, (ingeniera de mantenimiento, ingeniera de confiabilidad – autoridad técnica). Es formadora de formadores, docente universitario, asesora y consultora independiente. Autora y coautora de varios documentos técnicos, desarrollados en la industria. Autora del libro *Ingeniería de Confiabilidad: desde el piso de planta hasta la estrategia organizacional*.

Bibliografía

- [1] A. D. Pusey-Mitchell, *Ingeniería de confiabilidad: desde el piso de planta hasta la estrategia organizacional*, Barrancabermeja, 2023, pp. 203-204.
- [2] The Institute of Asset Management, «Asset Management - an anatomy», de *Asset Management - an anatomy*, United Kingdom, The IAM.org, 2015, pp. 16-20.
- [3] ISO 55000, *Gestión de activos. Familia de normas UNE - ISO 55000*, Madrid: AENOREdiciones, 2014.

- [4] ISO 14224, *Petroleum, petrochemical and natural gas industries - Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment*, Reino Unido, 2006.
- [5] J. Campbell, A. Jardine y J. McGlynn, *Asset Management Excellence: Optimizing Equipment Life-Cycle Decisions*, CRC Press, 2016.
- [6] A. D. Pusey-Mitchell, «Ya para terminar,» de *Ingeniería de confiabilidad: Desde el piso de planta hasta la estrategia organizacional*, Barrancabermeja, 2023, pp. 203 - 204.
- [7] Predictiva 21, «Ingeniero de mantenimiento Vs Ingeniero de confiabilidad,» 05 09 2022. [En línea]. Available: <https://www.predyc.com/buscar>.
- [8] A. D. Pusey-Mitchell, «Comentarios finales,» de *Ingeniería de confiabilidad: Desde el piso de planta hasta la estrategia organizacional*, Barrancabermeja, 2023, p. 204.
- [9] A. K. S. Jardine y A. Tsang, *Maintenance, Replacement, and Reliability: Theory and Applications*, CRC Press, 2013.
- [10] L. B. R. Villafañe, «Reliability culture: a systemic approach,» *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol. 28, nº 5, p. 781–795, 2022.
- [11] A. D. Pusey-Mitchell, «Modelo de Aseguramiento de la Confiabilidad,» de *Ingeniería de confiabilidad: desde el piso de planta hasta la estrategia organizacional*, Barrancabermeja, 2023, pp. 64-65.

Nombre: Aileen Diane Pusey Mitchell

Teléfono:

a. Celular: 3112786879

Dirección:

a. Residencia: Cra. 27 No. 55A-49 Barrio Galán Gómez.

b. E-mail: adiane0720@gmail.com

c. Ciudad: Barrancabermeja

d. País: Colombia