



UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE SAN JOAQUIN

**ESTUDIO DE VALIDACIÓN DE METODOLOGÍA DE CONFIABILIDAD
HUMANA APLICADA A EMPRESAS**

Trabajo de Titulación para optar
al Título de Ingeniero en
MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL.

Alumno:

Ignacio Faruk Saldias Parham

Profesor Guía:

Mg. Ing. Carlos Baldi González



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): Memoria o trabajo de título; Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: Estudio de validación de metodología de confiabilidad humana aplicada a empresas

Nombre del candidato(a): Ignacio Faruk Saldias Parham

Carrera / Grado: Ingeniería en Mantenimiento Industrial

Campus: Santiago San Joaquin ; **Departamento:** Mecanica

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Carlos Baldi Gonzalez, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

El trabajo **NO contiene información que amerite confidencialidad** y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

6 meses; 12 meses; 2 años; 3 años; 5 años; 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 29-09-2025 ; **Firma:** 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 29-09-2025 ; **Firma:** 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.



UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA



RESUMEN

La confiabilidad humana es un factor clave en la seguridad y eficiencia de industrias críticas, donde los errores pueden generar consecuencias significativas. Este estudio examina cómo las personas interactúan con sistemas complejos en sectores como la aviación, la energía nuclear, la medicina y el transporte marítimo, identificando los principales factores que influyen en el desempeño humano.

A partir del análisis de incidentes y modelos aplicados en diferentes industrias, se demuestra que los errores humanos no solo dependen de las capacidades individuales, sino también de factores organizacionales y del entorno de trabajo. El objetivo de este estudio fue analizar los factores que influyen en la confiabilidad humana en distintas industrias críticas, identificando patrones comunes y estrategias transferibles entre sectores.

Se enfatiza la importancia de la capacitación, la comunicación efectiva y el diseño de sistemas resilientes para reducir el impacto de los errores y mejorar la seguridad operativa. La investigación se desarrolló mediante revisión de literatura técnica, análisis comparativo de casos e identificación de modelos aplicados en cada sector.

Además, se exploran las diferentes herramientas y metodologías utilizadas en cada sector para gestionar y minimizar los errores humanos, proporcionando un panorama amplio de las estrategias adoptadas en distintas industrias. Los hallazgos muestran que, pese a las diferencias entre sectores, factores como la falta de conciencia situacional, fallas en la comunicación y la capacitación insuficiente se repiten de manera transversal. Esto evidencia la posibilidad de transferir metodologías entre industrias, fortaleciendo la seguridad y la resiliencia organizacional.

ABSTRACT

Human reliability is a key factor in the safety and efficiency of critical industries, where errors can have significant consequences. This study examines how people interact with complex systems in sectors such as aviation, nuclear energy, medicine, and maritime transport, identifying the main factors that influence human performance.

Through the analysis of incidents and models applied in different industries, it is shown that human errors do not only depend on individual capabilities but also on organizational factors and the work environment. The objective of this study was to analyze the factors that influence human reliability in different critical industries, identifying common patterns and transferable strategies across sectors.



UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

The importance of training, effective communication, and the design of resilient systems is emphasized to reduce the impact of errors and improve operational safety. The research was conducted through a review of technical literature, comparative case analysis, and the identification of models applied in each sector.

Additionally, the study explores the different tools and methodologies used in each sector to manage and minimize human errors, providing a broad overview of the strategies adopted across various industries. The findings show that, despite differences between sectors, factors such as lack of situational awareness, communication failures, and insufficient training are recurrent. This highlights the potential to transfer methodologies across industries, strengthening safety and organizational resilience.



ÍNDICE

RESUMEN.....	3
ABSTRACT	3
ÍNDICE.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE GRÁFICOS	6
SIGLAS	7
SIGLAS	7
INTRODUCCIÓN.....	8
OBJETIVO GENERAL.....	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
1. CONFIABILIDAD HUMANA	11
2. CONFIABILIDAD HUMANA EN DIFERENTES SECTORES	15
2.1 Confiabilidad humana en la aviación	15
2.1.1 Análisis de modelos utilizados en la aviación	16
Modelo HF DD: Los 12 errores humanos	16
Modelo HFACS: Análisis de factores contribuyentes	16
Análisis temático.....	17
2.1.2 Resultados en la aviación	17
2.2 Confiabilidad humana en la marina.....	19
2.2.1 Análisis de modelos utilizados en la marina	19
Modelo queso suizo	19
2.2.2 Resultados en la marina.....	21
2.3 Confiabilidad humana en la medicina	22
2.3.1 Análisis de modelos utilizados en la medicina.....	22
Modelo CRM	22
Modelo SBAR.....	24
2.3.2 Resultados en la medicina	24



2.4	Confiabilidad humana en la energía nuclear	25
2.4.1	Análisis de modelos utilizados en la energía nuclear	26
	Safety I y Safety II	26
	Ingeniería de resiliencia	27
2.4.2	Resultados en la energía nuclear	29
3.	Resultados finales.....	30
	CONCLUSIÓN	33
	BIBLIOGRAFÍA	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Los nueve factores que afectan el rendimiento de los trabajadores.....	14
Figura 2:	12 errores humanos	16
Figura 3:	principales errores humanos en operaciones en tierra	18
Figura 4:	Modelo del queso suizo de Reason (1990)	20
Figura 5:	Los 15 principios del Crisis Resource Management (CRM)	23
Figura 6:	Los principios de la ingeniería en resiliencia.....	28
Figura 7:	Habilidades esenciales	29

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1:	Factores humanos por industria	31
------------	--------------------------------------	----



UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

SIGLAS

SIGLAS

CESP: Componentes, Equipos, Sistema y Procesos.

HF DD: Human Factors Dirty Dozen (12 errores humanos).

HFACS: Human Factors Analysis and Classification System (Sistema de Análisis y Clasificación de Factores Humanos).

CRM: Crisis Resource Management (Gestión de Recursos en Crisis).

SBAR: Situation; Background; Assessment; Recommendation (Situación; Antecedentes; Evaluación; Recomendación).



INTRODUCCIÓN

En un mundo dominado por tecnología avanzada y sistemas complejos, el componente humano sigue siendo un factor crítico que puede determinar la diferencia entre el éxito y el fracaso, especialmente en sectores donde el margen de error es mínimo (Báez et al., 2013). Desde un piloto que toma decisiones en fracciones de segundo hasta un operador que gestiona una planta nuclear bajo condiciones de alta presión, la confiabilidad humana es un factor clave que afecta directamente la seguridad, la eficiencia y la estabilidad de las operaciones.

A pesar de los importantes avances tecnológicos en automatización y control, los errores humanos siguen representando una causa significativa de incidentes en sectores como la aviación, la medicina, el transporte marítimo y la energía nuclear. Estos errores no suelen deberse a simples equivocaciones individuales, sino a una combinación de factores complejos, como fatiga, presión por cumplir con plazos, fallos en la comunicación y decisiones organizacionales deficientes (Muecklich et al., 2023). La falta de un liderazgo adecuado, el incumplimiento de protocolos de seguridad o la insuficiencia de recursos entregados por las organizaciones pueden aumentar significativamente el riesgo de fallos operativos y limitar la capacidad del personal para responder de manera efectiva ante situaciones críticas.

En este contexto, comprender los factores que influyen en el desempeño humano y desarrollar estrategias para fortalecer la confiabilidad se ha vuelto más necesario que nunca. Diversos estudios han demostrado que la interacción entre personas y sistemas debe analizarse desde un enfoque sistémico, considerando tanto condiciones latentes como errores activos (Reason, 2000).

Este trabajo explora cómo las personas interactúan con sistemas complejos y qué medidas pueden tomarse para mejorar esa interacción. Más que un análisis técnico, se trata de entender los errores, identificar condiciones que llevan a fallas o éxitos, y proponer soluciones para optimizar el rendimiento humano en entornos de alta exigencia. El estudio



UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

analiza casos, como el impacto del error humano en operaciones en tierra, decisiones médicas bajo presión, la operación de plantas de energía nuclear, como también, el transporte marino para identificar oportunidades de mejora.

El objetivo no es culpar a las personas, sino aprender de ellas. Estrategias como la Gestión de Recursos en Crisis (CRM) y el modelo SBAR en medicina han demostrado que es posible reducir significativamente los errores mediante una formación adecuada y una mejor comunicación. Además, enfoques como Safety I y Safety II invitan a las organizaciones a no solo centrarse en la prevención de fallos, sino también en fortalecer la capacidad de adaptación y respuesta de los sistemas ante eventos inesperados (Hollnagel, 2014). En este sentido, la ingeniería de resiliencia ha emergido como un enfoque clave para garantizar que los sistemas complejos no solo puedan resistir perturbaciones, sino también adaptarse y evolucionar para mantener la estabilidad operativa. La capacidad de anticipar, responder y recuperarse ante condiciones adversas es ahora un factor decisivo en la gestión de la seguridad industrial.

Finalmente, este trabajo es una reflexión sobre la importancia de la confiabilidad humana en industrias de alto riesgo y un llamado a las organizaciones para priorizar a las personas en sus procesos. Detrás de cada máquina y cada protocolo, hay un ser humano cuya preparación, capacidad de adaptación y resiliencia son fundamentales para garantizar operaciones seguras y eficientes.

OBJETIVO GENERAL

Analizar los factores que influyen en la confiabilidad humana en industrias de alto riesgo, identificando patrones comunes entre sectores críticos como la aviación, la medicina, el transporte marítimo y la energía nuclear, con el fin de relevar estrategias que contribuyan a reducir errores y fortalecer la seguridad operativa.



UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las herramientas y metodologías existentes para la gestión de la confiabilidad humana, evaluando su efectividad y su aplicabilidad cruzada entre sectores.
- Identificar los principales factores humanos que afectan el desempeño en entornos operacionales complejos mediante la revisión de literatura técnica y estudios de caso por industria.
- Comparar el impacto de dichos factores en distintos sectores críticos, evaluando similitudes y diferencias.



1. CONFIABILIDAD HUMANA

Desde mediados del siglo XX, la confiabilidad ha sido esencial para optimizar sistemas y garantizar la seguridad en operaciones críticas. La confiabilidad humana, por su parte, se centra en el rendimiento y fiabilidad de las personas que interactúan con sistemas complejos, afectando directamente la eficiencia de los componentes y procesos. La necesidad de reducir errores humanos ha llevado a la implementación de metodologías y herramientas que permiten analizar estos factores.

En 1950, el auge de la aviación marcó un punto de no retorno sobre la confiabilidad humana. Con cada vez más aviones circulando por el cielo y el tráfico aéreo aumentando, la necesidad de garantizar la seguridad se volvió un problema urgente. La alta complejidad de la tecnología trajo consigo, además de muchas ventajas, un mayor riesgo de errores catastróficos, especialmente en áreas de alto riesgo como la aviación. A partir de este reconocimiento y la necesidad de una mayor seguridad, surgió un campo de investigación que se ocupa de las limitaciones y comportamientos de las personas en la interacción en equipo y con máquinas altamente complejas. Este campo también se conoce comúnmente como “Factores Humanos” y se definen como “las capacidades físicas y psicológicas de la persona, el entrenamiento y experiencia de la persona, y las condiciones bajo las que la persona debe operar que influyen en la capacidad del sistema de gestión de mantenimiento de activos para alcanzar el propósito al que está destinado” (Amendola, 2002). A medida que avanzaban las décadas de 1960 y 1970, la confiabilidad humana se extendió a otras industrias, incluida la medicina. El uso de dispositivos médicos dependía cada vez más de la precisión humana, anticipando la importancia de la confiabilidad humana en entornos críticos.

En el contexto de la industria moderna, la confiabilidad humana se ha vuelto un factor determinante para garantizar la seguridad y eficiencia de los procesos. La interacción entre operadores y sistemas automatizados implica riesgos inherentes, donde un error humano puede desencadenar consecuencias graves tanto a nivel operativo como de seguridad. De acuerdo con Sanders y McCormick (1993), el error humano se define como “una decisión o acción humana inapropiada o inaceptable que degrada la eficiencia, la seguridad o el rendimiento del sistema”. Esta preocupación por el impacto del error humano ha sido



creciente desde la década de 1980, por el desarrollo de sectores críticos como la energía nuclear, la informática y el diseño de software (*Predictiva, 2023*). A medida que los sistemas se vuelven más complejos y sensibles a desviaciones mínimas, se hace cada vez más necesario comprender los factores que influyen en el desempeño humano. Esta comprensión no solo contribuye a mejorar la seguridad, sino que también permite reducir el costo y la frecuencia de fallos operativos, fortaleciendo la confiabilidad general del sistema.

La complejidad de las interrelaciones humanas y sociales presenta desafíos significativos tanto para la confiabilidad en general como para la confiabilidad humana. La combinación de ambos aspectos debe abordar de manera adecuada las fallas y problemas de los CESP (Componentes, Equipos, Sistema y Procesos), ya que estos factores interactúan a lo largo del ciclo de vida del sistema. (*Predictiva, 2023*). Comprender cómo estas interacciones afectan el rendimiento de los sistemas es clave para evitar fallas y mejorar la eficiencia. No se trata solo de identificar errores técnicos, sino también de reconocer el papel de las personas en la operación y el mantenimiento. Al integrar ambos enfoques, es posible anticipar problemas y aplicar soluciones efectivas antes de que afecten el funcionamiento del sistema.

El desempeño de un CESP no solo depende de la calidad de sus componentes, sino también de las decisiones y acciones de las personas que lo diseñan, operan y mantienen. La confiabilidad humana es un factor clave para garantizar que los sistemas funcionen de manera segura y eficiente a lo largo de su ciclo de vida. Sin embargo, la interacción humana también puede dar lugar a deterioros debido a errores, los cuales se clasifican en seis categorías principales: diseño, ensamblaje, instalación, operación, mantenimiento y tareas de mantenimiento (*Predictiva, 2023*). La confiabilidad humana juega un papel clave en cada etapa del ciclo de vida de los CESP, desde su diseño hasta su desmantelamiento. Un error en cualquiera de estas fases no solo puede afectar el rendimiento del sistema, sino también poner en riesgo la seguridad de las personas que lo operan y mantienen.

Bubb (2005) citado en Báez et al., (2013) menciona que, en sistemas modernos, donde la interacción entre humanos y máquinas es constante, la intervención humana se vuelve aún más crítica. En un entorno de producción mecanizado, cada acción del operador debe mantenerse dentro de las tolerancias establecidas. Cualquier desviación se considera un error



UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA

humano, lo que puede afectar seriamente el flujo de producción y generar pérdidas económicas.

Collins y Leathley (1995), citados en Báez et al. (2013), señalan que, en la práctica, los ingenieros de seguridad y analistas de confiabilidad suelen prestar más atención a los equipos y procesos técnicos que a los factores humanos y sociales. Este enfoque resulta ser un error significativo, ya que la gran mayoría de los accidentes están directamente relacionados con errores humanos. Las condiciones de trabajo, la experiencia y las limitaciones personales influyen directamente en el rendimiento y la seguridad de los sistemas, por lo que ignorar estos factores puede aumentar el riesgo de fallas operativas y accidentes.

Según el estudio "Factores que Influyen en el Error Humano de los Trabajadores en Líneas de Montaje", existen 28 factores que afectan el rendimiento de los trabajadores en el entorno de producción, los cuales se agrupan en cuatro categorías principales: factores externos a la persona, factores internos a la persona, interacción persona-máquina, y relación persona-Contexto. (Cárdenas, 2009 citado en Báez et al., 2013) Sin embargo, tras aplicar un análisis de correlación, se redujeron a 9 factores críticos que tienen el mayor impacto en la aparición de errores humanos. Estos factores finales incluyen:



9 FACTORES HUMANOS EN LINEAS DE MONTAJE	
1	Inteligencia: La capacidad cognitiva del trabajador para comprender y adaptarse a las tareas y a los sistemas complejos.
2	Formación: El nivel de capacitación y educación específica que tiene el trabajador para desempeñar sus funciones correctamente.
3	Personalidad: Rasgos individuales que pueden influir en el comportamiento del trabajador en situaciones de estrés o rutina.
4	Motivación: El interés y compromiso del trabajador hacia sus tareas, lo cual impacta su nivel de precisión y esfuerzo.
5	Edad: La experiencia y madurez que se correlaciona con la edad, afectando la destreza y la tolerancia al estrés.
6	Memoria: La capacidad de recordar procedimientos y detalles, crucial en trabajos donde la secuencia de pasos es importante.
7	Experiencia: El conocimiento práctico adquirido en el trabajo, lo cual reduce la probabilidad de errores.
8	Carga de trabajo: La cantidad de tareas o presión en el trabajo, que puede afectar el rendimiento del trabajador y predisponer a errores.
9	Género: Diferencias de género que podrían influir en la interacción con ciertas tareas o herramientas en función de factores ergonómicos o de percepción.

Fuente: "Factores que Influyen en el Error Humano de los Trabajadores en Líneas de Montaje Manual"

Figura 1: Los nueve factores que afectan el rendimiento de los trabajadores

Aunque este estudio se enfoca específicamente en líneas de montaje, ofrece una visión clara y estructurada sobre cómo distintos factores humanos, tanto internos como contextuales, inciden en el desempeño laboral. La clasificación propuesta por Cárdenas (2009), a partir de un análisis estadístico de correlación, permite cuantificar de forma objetiva las variables que influyen en la aparición de errores, lo cual resulta especialmente útil en entornos industriales donde las tareas son repetitivas y sensibles a desviaciones mínimas. Este tipo de enfoque refuerza la necesidad de considerar los factores humanos como elementos críticos en la planificación y supervisión operativa, particularmente en sectores que aún dependen en gran medida del desempeño manual.



2. CONFIABILIDAD HUMANA EN DIFERENTES SECTORES

2.1 Confiabilidad humana en la aviación

En la industria aeronáutica, garantizar la seguridad y eficiencia de los sistemas requiere una comprensión profunda de todos los factores involucrados, tanto técnicos como humanos. La operación de una aeronave depende no solo de la tecnología y los procedimientos establecidos, sino también de la interacción entre los distintos subsistemas que forman parte del proceso, como las operaciones de vuelo, el control de tráfico aéreo, el mantenimiento de aeronaves y las operaciones en tierra. Sin embargo, la investigación en seguridad y riesgo no ha prestado suficiente atención a todos los subsistemas, lo que puede dar lugar a riesgos no detectados o subestimados (Muecklich et al., 2023).

El avance tecnológico y los progresos en capacitación, normas y procedimientos han incrementado la seguridad de vuelo a niveles sin precedentes. El número de accidentes, y en especial de accidentes fatales, se ha reducido drásticamente en los últimos 60 años: de entre 27- 40 accidentes fatales por cada millón de vuelos en 1959 a 1.13 accidentes fatales por cada millón de vuelos en 2024 (*Global Aviation Safety Study, 2014; IATA Releases 2024 Safety Report, 2025*). Sin embargo, los accidentes aún ocurren, y la aparición de nuevos desafíos hace necesario un enfoque constante en la seguridad.

Como se ha mencionado, la seguridad en la aviación no depende únicamente de la tecnología y los procedimientos, sino también de la capacidad humana para interpretar situaciones complejas y tomar decisiones acertadas. Se estima que el error humano es el principal factor causal en hasta el 80 % de los accidentes e incidentes aéreos (Muecklich et al. 2023). Por ello, analizar las condiciones que contribuyen a estos errores es fundamental para adoptar una visión sistémica de la seguridad. Según los mismos autores, aunque el enfoque tradicional se centra en subsistemas operativos visibles, como la tripulación de cabina y el control de tráfico aéreo, los subsistemas secundarios, como las operaciones en tierra y el mantenimiento de aeronaves, también desempeñan un papel crucial.



2.1.1 Análisis de modelos utilizados en la aviación

El artículo “El papel de los factores humanos en los accidentes/incidentes relacionados con las operaciones en tierra en la aviación: Un enfoque de análisis de errores humanos.” empleó dos modelos clave para analizar los accidentes e incidentes: el **modelo HF DD** y el **modelo HFACS**. Además, un análisis temático con los factores que influyen en el error humano.

Modelo HF DD: Los 12 errores humanos

Este modelo identifica doce precondiciones humanas clave que pueden contribuir a errores y accidentes en la aviación. Las doce precondiciones son las siguientes:

12 ERRORES HUMANOS	
1	Falta de comunicación: Problemas en la transmisión de información clara y precisa.
2	Distracción: Interrupciones que desvían la atención de la tarea principal.
3	Falta de recursos: No tener las herramientas, equipos o materiales necesarios.
4	Estrés: Sentirse bajo presión o tensión, lo que puede afectar el rendimiento.
5	Complacencia: Sentirse demasiado seguro y no prestar atención a los detalles.
6	Falta de trabajo en equipo: No colaborar efectivamente con otros.
7	Presión: Sentirse apurado o bajo estrés para completar una tarea.
8	Falta de conciencia: No estar completamente consciente de lo que está sucediendo.
9	Falta de conocimiento: No tener la información o habilidades necesarias para realizar una tarea.
10	Fatiga: Cansancio físico o mental que afecta el rendimiento.
11	Falta de asertividad: No expresar preocupaciones o dudas cuando es necesario.
12	Normas: Seguir procedimientos incorrectos o inadecuados.

Fuente: “El papel de los factores humanos en los accidentes/incidentes relacionados con las operaciones en tierra en la aviación: Un enfoque de análisis de errores humanos.”

Figura 2: 12 errores humanos

Modelo HFACS: Análisis de factores contribuyentes

Este modelo fue diseñado para analizar y clasificar las causas de los errores humanos en incidentes y accidentes. Estructura los errores humanos en cuatro niveles jerárquicos que reflejan cómo las decisiones y acciones en diferentes partes de una organización contribuyen a los incidentes:



1. **Influencias organizacionales:** Factores como la gestión de recursos, clima organizacional y procesos internos que afectan la seguridad.
2. **Supervisión insegura o deficiente:** Fallos en la supervisión, como capacitación inadecuada o falta de corrección de problemas conocidos.
3. **Precondiciones para los actos inseguros:** Factores como el entorno físico y tecnológico, estados adversos del operador (distracción, fatiga) y fallos de coordinación en el equipo.
4. **Actos inseguros:** Incluyen errores (de decisión, basados en habilidades o de percepción) y violaciones (rutinarias y excepcionales).

Análisis temático

El análisis temático es una metodología cualitativa que permite identificar, organizar e interpretar patrones recurrentes dentro de un conjunto de datos. En este sentido, Muecklich et al. (2023) aplicaron esta técnica al estudio de incidentes en operaciones en tierra en el ámbito aeronáutico, logrando identificar dos factores predominantes: la falta de conciencia situacional y el incumplimiento de procedimientos prescritos. Este enfoque permitió a los autores explorar en profundidad cómo ciertas condiciones contextuales y organizacionales contribuyen al error humano en entornos operativos críticos.

2.1.2 Resultados en la aviación

Los resultados revelaron que los principales factores de error humano causales en los accidentes e incidentes relacionados con las operaciones en tierra son:



MODELO HF DD	
1	Falta de conciencia
2	Falta de recursos
3	Falta de Comunicación
MODELO HFACS	
4	Procesos organizacionales
5	Errores de percepción
6	Gestión de los recursos del equipo
ANALISIS TEMATICO	
7	Falta de conciencia
8	Incumplimiento de procedimientos prescritos

Fuente: “El papel de los factores humanos en los accidentes/incidentes relacionados con las operaciones en tierra en la aviación: Un enfoque de análisis de errores humanos.”

Figura 3: principales errores humanos en operaciones en tierra

Como se puede observar en la Figura 3, los factores de error humano que han causado accidentes e incidentes son un aspecto crítico dentro de la industria aeronáutica y no pueden ser pasados por alto. Pequeños fallos por parte de los operarios, como la falta de comunicación, el incumplimiento de procedimientos establecidos o la falta de conciencia situacional, pueden derivar en consecuencias devastadoras. Sin embargo, la responsabilidad no recae únicamente en los operarios, sino también en los niveles de mando superiores, quienes deben garantizar la gestión de los recursos necesarios y la implementación de los procesos adecuados para minimizar el riesgo de errores humanos. La falta de formación, la escasez de personal o la presión por cumplir plazos ajustados son factores que pueden crear un entorno propenso a errores y deben ser abordados desde la gestión organizacional.

Esto subraya la importancia de adoptar un enfoque sistémico que no solo considere los factores técnicos, sino también los factores humanos y organizacionales. Fortalecer la comunicación, mejorar la capacitación y asegurar la disponibilidad de recursos adecuados puede no solo reducir la incidencia de errores, sino también crear un entorno de trabajo más seguro y eficiente para todos los involucrados en las operaciones.



2.2 Confiabilidad humana en la marina

“El transporte marítimo es quizás el más internacional de todos los grandes sectores comerciales del mundo, y uno de los más peligrosos”. (*Organización Marítima Internacional*, s.f.)

En la industria marítima, los avances tecnológicos en las últimas décadas han mejorado significativamente la confiabilidad y el rendimiento de los sistemas de navegación y propulsión, así como el diseño estructural de las embarcaciones. A pesar de estas mejoras, la tasa de accidentes marítimos sigue siendo elevada. Esto demuestra que el progreso tecnológico por sí solo no es suficiente para garantizar la seguridad, ya que el error humano continúa siendo un factor determinante en la mayoría de los incidentes.

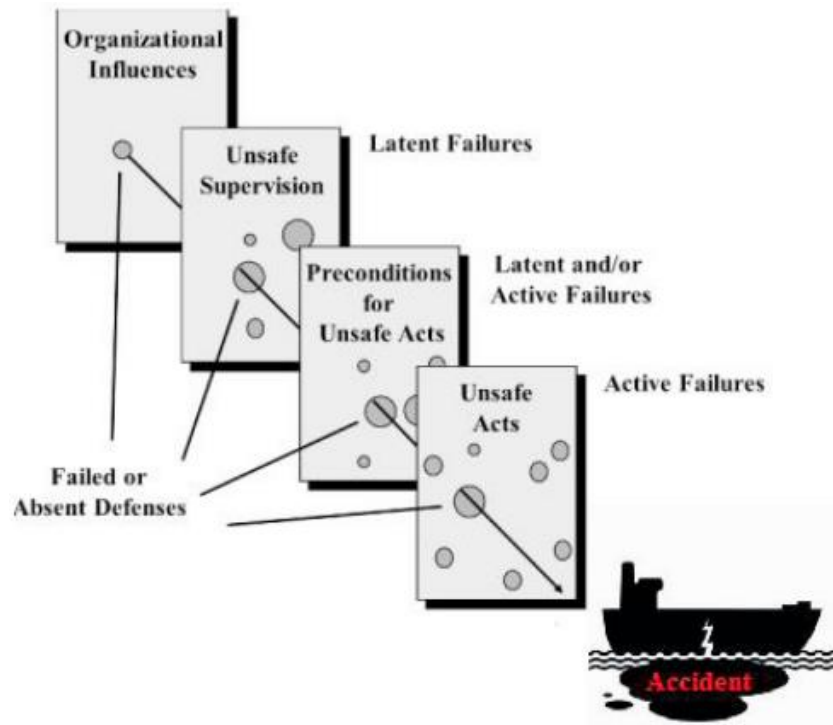
De acuerdo con un informe de Allianz Global Corporate & Specialty (2017), entre el 75% y el 96% de los accidentes en el sector marítimo pueden atribuirse a fallos humanos. Esta cifra evidencia que los errores en la toma de decisiones, las fallas en la percepción de riesgos y el incumplimiento de procedimientos siguen siendo las principales causas de accidentes, incluso en un entorno tecnológicamente avanzado.

2.2.1 Análisis de modelos utilizados en la marina

El artículo “El factor humano y la seguridad marítima” utiliza el modelo HFACS mencionado en el artículo “El papel de los factores humanos en los accidentes/incidentes relacionados con las operaciones en tierra en la aviación: Un enfoque de análisis de errores humanos.” como base para el modelo del queso suizo de Reason.

Modelo queso suizo

El modelo del queso suizo se parece a una pila de rebanadas de queso (Figura 1), explica cómo los accidentes ocurren cuando múltiples fallos dentro de un sistema se alinean. A continuación, exploramos cómo funcionan estas capas de defensa y sus vulnerabilidades.



Fuente: El factor humano y la seguridad marítima

Figura 4: Modelo del queso suizo de Reason (1990)

Según Reason (2000), la presencia de agujeros en una sola "rebanada" normalmente no provoca un desenlace negativo. Sin embargo, un accidente puede ocurrir cuando los agujeros en varias capas se alinean momentáneamente, creando una trayectoria de oportunidad que permite el contacto peligroso entre los riesgos y las víctimas. Los agujeros en las defensas surgen por dos razones principales: fallos activos y condiciones latentes. Los fallos activos son errores o actos inseguros cometidos por personas en contacto directo con el sistema. Estos errores tienen un impacto inmediato en la seguridad y suelen ser visibles y fáciles de identificar. Aunque pueden parecer la causa principal de un accidente, en la mayoría de los casos están influenciados por factores subyacentes más profundos. Por otro lado, los fallos latentes son deficiencias ocultas en el sistema que pueden permanecer inactivas durante mucho tiempo hasta que se combinan con fallos activos y desencadenan un accidente. Estos fallos son más difíciles de detectar, pero si se identifican a tiempo, pueden corregirse antes de que generen una situación de riesgo.



Los accidentes ocurren cuando fallos activos y latentes se alinean en el sistema, permitiendo que un error atraviese múltiples capas de defensa (las "rebanadas de queso suizo") hasta causar un daño real. Comprender la interacción entre ambos tipos de errores es crucial para diseñar estrategias de prevención efectivas y mejorar la confiabilidad operativa. La identificación y corrección de errores latentes es incluso más importante que la simple respuesta a fallos activos, ya que permite abordar las causas estructurales subyacentes de los incidentes. Dado que estas fallas pueden permanecer ocultas por largos períodos, su detección temprana es fundamental para evitar que se conviertan en desencadenantes de accidentes.

2.2.2 Resultados en la marina

Los fallos humanos han sido identificados como una de las principales causas de accidentes en el sector marítimo, no solo debido a errores individuales, sino también a deficiencias estructurales dentro de las organizaciones. Como señala Galieriková (2019), estos errores no pueden analizarse de forma aislada, ya que están influenciados por factores organizacionales, tecnológicos y del entorno laboral.

A partir del análisis de investigaciones y modelos aplicados en este sector, se observa que los factores más recurrentes incluyen la falta de conciencia situacional, las fallas en la comunicación y el incumplimiento de procedimientos establecidos. Esto evidencia la necesidad de transitar desde una cultura de culpabilización individual hacia un enfoque sistémico de la seguridad marítima.

Este reconocimiento resalta la importancia de una gestión integral del riesgo, en la que el enfoque tradicional de culpabilizar a los operadores debe evolucionar hacia un análisis más profundo de los sistemas de trabajo. Herramientas como el modelo del queso suizo de Reason (1990) y el sistema HFACS han demostrado ser efectivos para entender cómo los accidentes no ocurren por un único fallo, sino por la acumulación de vulnerabilidades en distintos niveles de la organización. Para reducir la frecuencia y gravedad de los incidentes en el transporte marítimo, es esencial avanzar hacia una cultura de seguridad proactiva, en la que se prioricen la capacitación continua, la mejora en los diseños de equipos y



procedimientos, y una supervisión que no solo corrija errores, sino que también los prevenga. De esta forma la confiabilidad humana podrá garantizar un entorno marítimo más seguro y eficiente.

2.3 Confiabilidad humana en la medicina

Debido a la complejidad de los entornos clínicos, es fundamental implementar herramientas y entrenamientos que minimicen los errores médicos. De acuerdo con Lazarovici et al. (2017), entre el 70% y el 80% de los incidentes médicos tienen su origen en factores humanos, lo que subraya la necesidad de estandarizar procesos y fomentar la capacitación del personal de salud en la gestión de riesgos.

Para ofrecer una atención de calidad y seguridad a los pacientes, la comunicación efectiva y el trabajo en equipo son fundamentales. La comunicación deficiente es una de las principales causas de daño en el ámbito de la salud. Debido a la complejidad de la atención médica y las limitaciones inherentes al desempeño humano, es crucial que los profesionales de la salud cuenten con herramientas de comunicación estandarizadas. Frecuentemente, la efectividad de la comunicación depende de factores situacionales o de la personalidad. Sin embargo, otros sectores de alta confiabilidad, como la aviación comercial, han demostrado que adoptar herramientas y comportamientos estandarizados mejora el trabajo en equipo y reduce los riesgos.

2.3.1 Análisis de modelos utilizados en la medicina

El artículo "factores humanos en la medicina" y "El factor humano: la importancia crítica del trabajo en equipo y la comunicación efectiva para proporcionar una atención segura" muestran dos modelos claves utilizados en la medicina: el **modelo CRM** y el **modelo SBAR**.

Modelo CRM

El Crisis Resource Management (CRM), se refiere a las habilidades no técnicas necesarias para un trabajo en equipo eficaz durante situaciones de crisis. Este concepto se originó en la industria de la aviación como "Crew Resource Management" para reducir errores humanos y mejorar la seguridad. En el contexto médico, se enfoca en la toma de



decisiones, la comunicación efectiva y la gestión interdisciplinaria del equipo durante emergencias. Los principios son los siguientes:

PRINCIPIOS DEL CRISIS RESOURCE MANAGEMENT (CRM)	
1	Conoce tu entorno de trabajo: Familiarízate con todos los aspectos de tu entorno operativo.
2	Anticipa y planifica con antelación: Siempre piensa en lo que podría suceder y prepárate para ello.
3	Pide ayuda, mejor temprano que tarde: No dudes en solicitar asistencia cuando la necesites.
4	Asume el liderazgo o sé un buen miembro del equipo con perseverancia: Toma la iniciativa cuando sea necesario o apoya a tu equipo de manera efectiva.
5	Distribuye la carga de trabajo (10 segundos por 10 minutos): Gestiona tu tiempo y tareas de manera eficiente.
6	Mobiliza todos los recursos disponibles (personas y tecnología): Utiliza todos los recursos a tu disposición para resolver problemas.
7	Comunica de manera segura y efectiva – di lo que te preocupa: Asegúrate de que tu comunicación sea clara y directa.
8	Considera y utiliza toda la información disponible: No ignores ninguna información relevante.
9	Prevén y reconoce errores de fijación: Mantén la mente abierta y evita enfocarte demasiado en una sola solución.
10	Ten dudas y verifica cuidadosamente (doble verificación, nunca asumas nada): Siempre revisa dos veces para asegurarte de que todo esté correcto.
11	Usa recordatorios y consulta referencias: Utiliza ayudas de memoria y consulta fuentes confiables cuando sea necesario.
12	Reevalúa la situación constantemente (aplica el principio de 10 segundos por 10 minutos): Revisa y ajusta tus planes regularmente.
13	Fomenta el buen trabajo en equipo – apoya y coordina con los demás: Trabaja bien con tu equipo y asegúrate de que todos estén en la misma página.
14	Dirige tu atención adecuadamente: Mantén el enfoque en las tareas importantes.
15	Establece prioridades de manera dinámica: Ajusta tus prioridades según cambien las circunstancias.

Fuente: “factores humanos en la medicina”

Figura 5: Los 15 principios del Crisis Resource Management (CRM)

Estos principios buscan mejorar la coordinación, reducir los errores y asegurar que el equipo pueda actuar de manera eficiente y efectiva en situaciones de emergencia, minimizando el impacto negativo en la salud del paciente o el desarrollo de la crisis.

Según The Joint Commission (2024), las fallas en la comunicación representan la principal causa de daño a los pacientes, ya que más del 70% de los 1,411 eventos centinela analizados tuvieron como causa raíz la falta de comunicación. Dentro de estos eventos, el 48% correspondió a caídas de pacientes, mientras que el 18% resultó en muerte. Aunque este



último porcentaje es relativamente bajo, la implementación de metodologías para mejorar la comunicación podría contribuir a reducir significativamente estos eventos adversos.

Modelo SBAR

Varios factores contribuyen a las fallas de comunicación. De acuerdo con Leonard et al. (2004), médicos y enfermeras son formados para comunicarse de maneras diferentes. Mientras que las enfermeras reciben entrenamiento para proporcionar descripciones amplias y narrativas de las situaciones clínicas, los médicos aprenden a ser concisos y directos. La herramienta SBAR ofrece una estructura clara y predecible para la comunicación, lo que resulta especialmente eficaz para reducir esta diferencia en los estilos comunicativos y garantizar que todos compartan una comprensión común de la situación.

SBAR significa:

- Situación: Una declaración concisa del problema actual.
- Antecedentes: Información pertinente y breve relacionada con la situación.
- Evaluación: Análisis y consideraciones de opciones, lo que se ha encontrado o se piensa.
- Recomendación: Acción solicitada o recomendada, lo que se desea que se haga.

De manera breve y concisa, la estructura SBAR permite transmitir información crítica de forma factible.

2.3.2 Resultados en la medicina

Este cambio cultural es esencial para lograr una atención verdaderamente colaborativa, dejando atrás la dependencia en el médico experto individual y creando un equipo unido que prioriza la seguridad del paciente. No solo las diferencias en los estilos de comunicación entre médicos, enfermeras y otros profesionales dificultan este objetivo, sino que la complejidad del proceso de atención ha hecho que la comunicación efectiva sea fundamental para garantizar la seguridad del paciente. En este sentido, Leonard et al. (2004)



mencionan un estudio sobre equipos de emergencia médica en Australia, el cual demostró que una intervención temprana redujo en un 65 % los paros cardíacos hospitalarios. En este estudio, el criterio principal para solicitar ayuda fue que un miembro del personal está preocupado por el paciente. Aunque existían diversas medidas objetivas de malestar fisiológico, la posibilidad de que alguien pidiera asistencia experta simplemente porque algo no parece bien resultó ser un mecanismo intuitivo muy valioso. De este modo, una enfermera en el lugar puede no ser capaz de ofrecer un diagnóstico preciso, pero probablemente reconocerá que algo está mal. Este ejemplo evidencia la importancia de fomentar una cultura en la que todos los miembros del equipo de salud se sientan seguros para expresar preocupaciones sin temor a represalias o juicios.

Para que este cambio cultural sea exitoso, la participación del liderazgo y de los médicos es crítica. Los cambios deben estar integrados en el trabajo clínico y ser percibidos como un beneficio, no como una carga adicional. Además, los proyectos deben tener un enfoque claro para que las personas involucradas puedan visualizar el impacto positivo de sus esfuerzos. Dado que este no es un proceso lineal, la flexibilidad y la capacidad de adaptarse a las presiones operativas y a las particularidades de cada entorno son factores clave para su implementación efectiva.

2.4 Confiabilidad humana en la energía nuclear

La industria nuclear es uno de los sectores más críticos en términos de seguridad y gestión de riesgos, donde la confiabilidad humana desempeña un papel esencial en la prevención de incidentes graves. Debido a la naturaleza de sus operaciones, que involucran materiales radiactivos y sistemas altamente sensibles, cualquier error humano no solo puede comprometer la seguridad de una planta, sino también tener consecuencias catastróficas para la salud pública y el medio ambiente. Según mencionan Hamer et al. (2020) a lo largo de su historia, la energía nuclear ha estado marcada por desastres de alto impacto, como Three Mile Island (1979) Chernobyl (1986) y Fukushima (2011), los cuales provocaron una liberación significativa de material radiactivo con efectos catastróficos. Estos eventos llevaron a la



industria a replantear sus estrategias de seguridad, con un énfasis renovado en la creación de una cultura organizacional que promueva la identificación y prevención de errores humanos.

La experiencia de la industria nuclear en la gestión de errores humanos representa un valioso referente para implementar estrategias de confiabilidad humana en el mantenimiento industrial y otras áreas de alto riesgo. Un cambio que reconoce la necesidad no solo de minimizar errores, sino también de reforzar la resiliencia del sistema frente a eventos inesperados.

2.4.1 Análisis de modelos utilizados en la energía nuclear

El artículo "Factores Humanos y Seguridad Nuclear desde 1970: Una Revisión Crítica del Pasado, el Presente y el Futuro" muestra herramientas claves utilizadas en la energía nuclear: el **enfoque Safety I, Safety II y la ingeniería de resiliencia**.

Safety I y Safety II

Safety I y II son dos enfoques complementarios para la gestión de la seguridad en industrias críticas, especialmente en sectores de alto riesgo como la industria nuclear. Ambos métodos buscan mejorar la confiabilidad y minimizar los riesgos, pero lo hacen desde perspectivas diferentes. Safety I se enfoca en reducir la cantidad de resultados no deseados, bajo la idea de que un sistema es seguro cuando no ocurren incidentes, accidentes o errores.

El objetivo principal es identificar y eliminar las causas de las fallas mediante la implementación de barreras o controles para prevenir su ocurrencia. Cuando ocurre un incidente, el enfoque Safety I promueve la aplicación de acciones correctivas para evitar que el problema se repita en el futuro. Por otro lado, Safety II adopta una perspectiva más adaptativa y proactiva. Reconoce que, en entornos complejos y dinámicos, es imposible prever y prevenir todos los fallos potenciales. En lugar de centrarse en evitar errores, Safety II busca fortalecer la capacidad del sistema para adaptarse y responder eficazmente a situaciones inesperadas. El sistema se considera seguro no solo cuando evita incidentes, sino cuando demuestra resiliencia y capacidad de mantener operaciones estables incluso ante variaciones y desafíos diarios. Mientras Safety I se enfoca en evitar que las cosas salgan mal,



UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

Safety II promueve que las cosas salgan bien incluso en condiciones adversas. La combinación de ambos enfoques permite desarrollar sistemas más sólidos y adaptativos, mejorando la seguridad y la confiabilidad en industrias críticas.

Ingeniería de resiliencia

Hollnagel (2014), citado en Rubio y Bestratén (2018), define la ingeniería de resiliencia como "la capacidad intrínseca de un sistema para ajustar su funcionamiento antes, durante y después de cambios y perturbaciones, de manera que pueda mantener los requerimientos de producción bajo condiciones tanto esperadas como inesperadas". En otras palabras, no se trata solo de evitar que algo falle, sino de diseñar sistemas que puedan adaptarse y recuperarse rápidamente cuando las cosas no salen como se esperaba. La resiliencia implica que el sistema no solo resista las dificultades, sino que también encuentre la manera de seguir funcionando bien incluso en medio de la incertidumbre.

Rubio y Bestratén (2018) destacan las bases fundamentales para fortalecer la capacidad de las organizaciones para anticiparse, adaptarse y recuperarse ante perturbaciones:



PRINCIPIOS DE LA INGENIERIA EN RESILIENCIA	
1	Compromiso de la Alta Dirección: La seguridad resiliente debe ser una prioridad para la dirección. Es fundamental que la alta gerencia proporcione los recursos necesarios y garantice que las demandas de producción no comprometan la seguridad.
2	Cultura de Justicia o Equidad: Fomentar un ambiente de confianza donde los trabajadores puedan reportar problemas de seguridad sin temor a represalias. Esto promueve la participación activa y la mejora continua en los procesos organizacionales.
3	Cultura de Aprendizaje y Desarrollo de Competencias: Es clave aprender tanto de los errores como de las operaciones exitosas para mejorar la capacidad de respuesta y adaptación del sistema. El aprendizaje continuo fortalece la resiliencia organizacional.
4	Concienciación: Los empleados deben estar debidamente informados sobre el estado de la seguridad, las amenazas potenciales y las condiciones actuales del sistema. Una fuerza laboral bien informada puede actuar con mayor eficacia ante imprevistos.
5	Flexibilidad: Es esencial desarrollar la capacidad para responder de manera rápida y efectiva ante cambios inesperados, ajustando procesos y operaciones según las circunstancias.
6	Preparación: Diseñar el sistema para que pueda responder eficazmente a eventos inesperados. La capacitación de los trabajadores en la toma de decisiones críticas es fundamental para garantizar una respuesta adecuada.
7	Opacidad: Es importante reconocer los límites del sistema y monitorear continuamente el estado de las barreras de protección para evitar situaciones de riesgo.

Fuente: “Ingeniería de la resiliencia: conceptos básicos del nuevo paradigma en seguridad”

Figura 6: Los principios de la ingeniería en resiliencia

Rubio y Bestratén (2018) también identifican una serie de habilidades esenciales que permiten a las organizaciones responder de manera efectiva en un entorno dinámico y cambiante. Las habilidades son las siguientes:



HABILDADES ESENCIALES	
1	Responder: Capacidad para actuar ante variaciones y perturbaciones, ajustando el funcionamiento del sistema en tiempo real para mantener la estabilidad operativa.
2	Monitorizar: Vigilancia constante del estado del sistema y el entorno para detectar posibles amenazas antes de que afecten al desempeño.
3	Anticipar: Previsión de amenazas y oportunidades futuras para preparar al sistema y responder de manera proactiva ante posibles escenarios.
4	Aprender: Evaluación continua de los éxitos y errores para mejorar el desempeño y la capacidad de respuesta, fortaleciendo el proceso de mejora continua.

Fuente: “Ingeniería de la resiliencia: conceptos básicos del nuevo paradigma en seguridad”

Figura 7: Habilidades esenciales

2.4.2 Resultados en la energía nuclear

En sistemas interactivos grandes y complejos, el error humano puede tener un impacto significativo en las fallas del sistema. En el caso de las plantas de energía nuclear, la experiencia operativa ha demostrado que una proporción importante de los incidentes relacionados con la seguridad está asociada al factor humano. De hecho, la Agencia Internacional de Energía Atómica estima que más del 60% de estos eventos tienen su origen en errores humanos (IAEA, 2021). No obstante, diversos estudios han demostrado que la intervención humana también puede ser altamente eficaz, siempre que exista una comprensión clara de la situación operativa. Según Hamer et al. (2020), la capacidad del operador para interpretar adecuadamente el estado de la planta, incluso bajo condiciones anómalas, puede desempeñar un papel determinante en la prevención de eventos críticos. Por ello, una interfaz eficiente entre el ser humano y la máquina no solo es esencial para evitar errores, sino también para facilitar respuestas oportunas y eficaces ante situaciones imprevistas.

El personal calificado es fundamental para garantizar una operación segura y confiable de una planta de energía nuclear. La capacitación continua es esencial para mantener los altos estándares de desempeño requeridos en la energía nuclear, abarcando tanto



la formación inicial como la recertificación periódica. A pesar de las diferencias nacionales, los programas de capacitación nuclear deben alcanzar un estándar universal para garantizar la seguridad operativa. La adaptabilidad se destaca como una habilidad crítica para el futuro, reflejando la necesidad de que el personal maneje problemas imprevistos identificando, analizando y determinando el mejor enfoque de resolución.

En este sentido, la adopción de estrategias basadas en ingeniería de resiliencia ha permitido que las plantas nucleares respondan mejor a condiciones inesperadas y complejas. Aunque los avances tecnológicos y las mejoras en los sistemas de control han reducido significativamente la incidencia de fallos operativos, la intervención humana sigue siendo un factor clave para evitar que un evento aislado escale hasta convertirse en un accidente catastrófico. La combinación de tecnología avanzada y personal altamente capacitado fortalece la capacidad del sistema para absorber perturbaciones y mantener un funcionamiento seguro incluso en condiciones adversas.

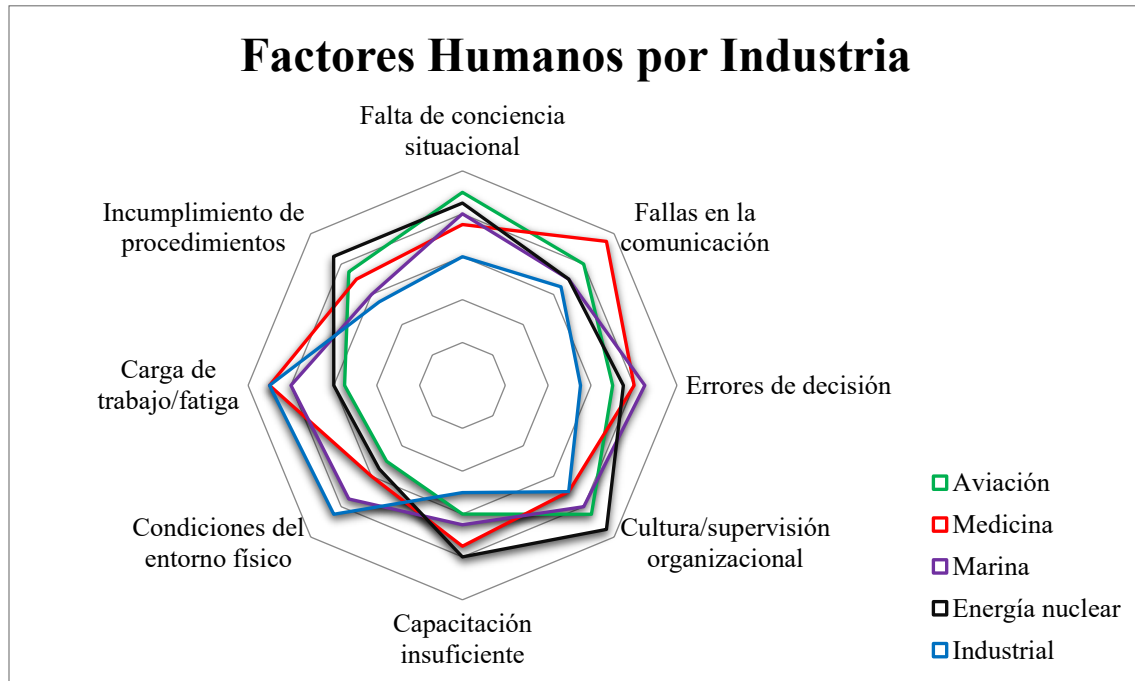
3. Resultados finales

Este estudio ha permitido analizar, desde una perspectiva comparativa, los principales factores que contribuyen al error humano en cinco industrias críticas: aviación, medicina, marina, energía nuclear e industria de montaje. A través de la revisión de informes y artículos técnicos, se ha constatado que los errores humanos no ocurren de forma aislada, sino que son el resultado de la interacción entre múltiples variables organizacionales, técnicas y humanas.

A lo largo de la investigación quedó en evidencia que, más allá de las particularidades de cada entorno, muchos de los factores que afectan el desempeño humano son compartidos: la falta de conciencia situacional, las fallas en la comunicación, los errores en la toma de decisiones, la cultura organizacional deficiente, la capacitación insuficiente, las condiciones físicas del entorno, la fatiga derivada de la carga de trabajo y el incumplimiento de procedimientos son factores que se repetían en estas industrias. Para representar estas similitudes, se construyó un gráfico comparativo que visualiza cómo se manifiestan estos ocho factores en cada sector. Este gráfico ayuda a identificar puntos de encuentro entre industrias muy distintos entre sí, lo que abre la puerta a la posibilidad de aprender unos de otros. Por ejemplo, herramientas desarrolladas en la aviación han sido adaptadas con buenos resultados en el ámbito médico y marítimo, mientras que modelos de resiliencia propios del



sector nuclear podrían aplicarse en sectores industriales. De forma similar, estrategias de comunicación estructurada como el SBAR, ampliamente utilizadas en medicina para reducir errores durante traspasos de información, podrían ser implementadas en distintos sectores, donde las fallas comunicativas también representan un riesgo recurrente.



Fuente: elaboración propia en base a las industrias estudiadas

Gráfico 1: Factores humanos por industria

El gráfico permite visualizar cómo estos factores afectan de forma distinta según el contexto. Esta visualización no solo permite detectar brechas, sino también encontrar patrones comunes que evidencian que muchas industrias enfrentan desafíos similares, aunque bajo condiciones distintas. Comprender estos factores desde una lógica transversal permite avanzar hacia una visión más sistémica de la confiabilidad humana. Esto implica reconocer que los errores no se deben únicamente a las decisiones de las personas, sino también a cómo están diseñados los sistemas en los que trabajan. Por tanto, mejorar la seguridad y la eficiencia no consiste solamente en capacitar al personal, sino en rediseñar los entornos laborales para que acompañen y fortalezcan el desempeño humano, en lugar de dificultarlo.



UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

En definitiva, este refuerza la idea de que la confiabilidad humana debe ser vista no como una debilidad, sino como una condición esencial para el diseño de sistemas más seguros, sostenibles y humanos. El desafío no está en eliminar el error, sino en entenderlo, anticiparlo y rediseñar los entornos que lo hacen más probable. A medida que las industrias evolucionan, incorporar este enfoque será clave para avanzar hacia organizaciones verdaderamente resilientes y preparadas para el futuro.



CONCLUSIÓN

La confiabilidad humana es un aspecto fundamental para garantizar la seguridad y la eficiencia en sectores industriales críticos. Este estudio ha demostrado que, aunque los errores humanos no pueden eliminarse por completo, es posible minimizar sus consecuencias a través de estrategias proactivas y el aprendizaje de diferentes industrias.

Los resultados obtenidos permitieron establecer una visión comparativa entre sectores críticos, identificando patrones comunes en los factores que contribuyen al error humano. Esta síntesis, representada mediante un gráfico comparativo, evidenció tanto similitudes como particularidades en la forma en que cada industria enfrenta estos desafíos. Más allá de las diferencias operativas, la confiabilidad humana emerge como un eje estructural para comprender el desempeño en sistemas complejos y diseñar entornos más seguros.

La aviación, reconocida como pionera en la implementación de prácticas de confiabilidad humana, ha desarrollado metodologías que han sido adoptadas con éxito en otros sectores. Un ejemplo destacado es el modelo CRM cuya aplicación en entornos médicos ha demostrado mejoras significativas en la coordinación de equipos y la reducción de errores clínicos. Asimismo, herramientas como el sistema HFACS, originalmente desarrollado para la investigación de accidentes en aviación, han sido adaptadas para analizar incidentes en sectores como la medicina y el transporte marítimo, permitiendo clasificar errores humanos de manera estructurada y facilitar intervenciones preventivas. Estos casos demuestran que la transferencia de metodologías entre industrias no solo es posible, sino efectiva, especialmente cuando se enfrentan desafíos similares en cuanto al riesgo asociado al factor humano.

Además, la resiliencia y adaptabilidad de los sistemas se destacan como elementos esenciales para manejar eventos inesperados. Estrategias como Safety I y Safety II refuerzan la capacidad de los sistemas para operar de manera segura incluso en condiciones desafiantes. La ingeniería de resiliencia ha emergido como un enfoque clave en la industria moderna, no solo para responder eficazmente a fallos y perturbaciones, sino también para anticiparse a



ellos y ajustar dinámicamente las operaciones a las condiciones cambiantes. La capacidad de adaptación y recuperación ante situaciones críticas permite que los sistemas complejos mantengan la estabilidad operativa y minimicen los riesgos asociados a los errores humanos.

Asimismo, la creación de una cultura organizacional que promueva la seguridad, la comunicación abierta y la capacitación continua es clave para fortalecer la confiabilidad humana. La responsabilidad no solo recae en el personal operativo, sino también en diseñadores de sistemas, ingenieros y altos mandos, cuya labor en el cumplimiento de medidas de seguridad, la asignación de recursos y la promoción del aprendizaje continuo impacta directamente en la resiliencia del sistema. La colaboración y el compromiso en todos los niveles organizacionales son fundamentales para establecer una estructura de seguridad sólida y adaptable.

Finalmente, minimizar los errores humanos no solo reduce riesgos catastróficos, sino que también genera beneficios económicos y mejora la confianza pública en industrias críticas. La combinación de las mejores prácticas de cada sector fortalecerá la resiliencia de los sistemas y permitirá avanzar hacia entornos más seguros y eficientes. A medida que las industrias adoptan nuevas tecnologías y enfrentan desafíos emergentes, la resiliencia y la confiabilidad humana seguirán siendo los pilares fundamentales para garantizar la sostenibilidad y seguridad operativa a largo plazo.



BIBLIOGRAFÍA

Allianz Global Corporate & Specialty. (2017). *Safety and shipping review 2017: An annual review of trends and developments in shipping losses and safety*. Allianz.

Amendola, L. J. (2002). *Modelo de confiabilidad humana en la gestión de activos*. Asociación Española de Mantenimiento. Universidad Politécnica de Valencia, España.

Báez, Y. A., Rodríguez, M. A., De La Vega, E. J., & Tlapa, D. A. (2013). *Factores que influyen en el error humano de los trabajadores en líneas de montaje manual*. *Información Tecnológica*, 24(6), 19–20. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642013000600010>

Bubb, H. (2005). *Human reliability: A key to improved quality in manufacturing*. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 15(4), 353–368. <https://doi.org/10.1002/hfm.20032>

Galieriková, A. (2019). *The human factor and maritime safety*. *Transportation Research Procedia*, 40, 1319–1326. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.183>

Global aviation safety study. (2014). Allianz Commercial. <https://commercial.allianz.com/news-and-insights/reports/global-aviation-safety-study.html>

Hamer, R., Waterson, P., & Jun, G. T. (2020). *Human factors and nuclear safety since 1970 – A critical review of the past, present and future*. *Safety Science*, 133, 105021. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.105021>

IATA releases 2024 safety report. (2025, February 26). <https://www.iata.org/en/pressroom/2025-releases/2025-02-26-01/>

International Atomic Energy Agency. (2021). *Operating Experience with Nuclear Power Stations in Member States: 2015–2017*. IAEA. <https://www.iaea.org/newscenter/news/now-available-report-on-safety-lessons-learned-from-nuclear-power-plant-operating-experiences-worldwide-2015-2017>

Lazarovici, M., Trentzsch, H., & Prückner, S. (2017). *Human Factors in der Medizin*. *Der Urologe*, 56(1), 97–113. <https://doi.org/10.1007/s00120-016-0302-3>



UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

Leonard, M. (2004). *The human factor: the critical importance of effective teamwork and communication in providing safe care*. *BMJ Quality & Safety*, 13(suppl_1), i85–i90. <https://doi.org/10.1136/qshc.2004.010033>

Muecklich, N., Sikora, I., Paraskevas, A., & Padhra, A. (2023). *The role of human factors in aviation ground operation-related accidents/incidents: A human error analysis approach*. *Transportation Engineering*, 13, 100184. <https://doi.org/10.1016/j.treng.2023.100184>

Oliverio, G. P. (2006). *La confiabilidad humana en la gestión de mantenimiento*. <https://repositorio.uptc.edu.co/items/1b00c19a-eca9-4338-963d-6b973229f9b5>

Organización Marítima Internacional. (s.f.). *Seguridad Marítima*. <https://www.imo.org/es/OurWork/Safety/Paginas/Default.aspx>

Predictiva. (2023). *La confiabilidad y su evolución*. <https://predictiva21.com/confiabilidad-evolucion>

Predictiva. (2024, 28 junio). *La Confiabilidad Humana Estrategia para la Gestión de Activos*. Predictiva21. <https://predictiva21.com/confiabilidad-humana-gestion-activos/>

Reason, J. (2000). *Human error: Models and management*. *BMJ*, 320(7237), 768-770. <https://doi.org/10.1136/bmj.320.7237.768>

Sanders, M. S., & McCormick, E. J. (1993). *Human factors in engineering and design* (7ª ed.). McGraw-Hill.

The Joint Commission. (2024). *Sentinel Event Data 2023 Annual Review*. The Joint Commission. Recuperado de http://www.jointcommission.org/Sentinel_Event_Policy_and_Procedures/