

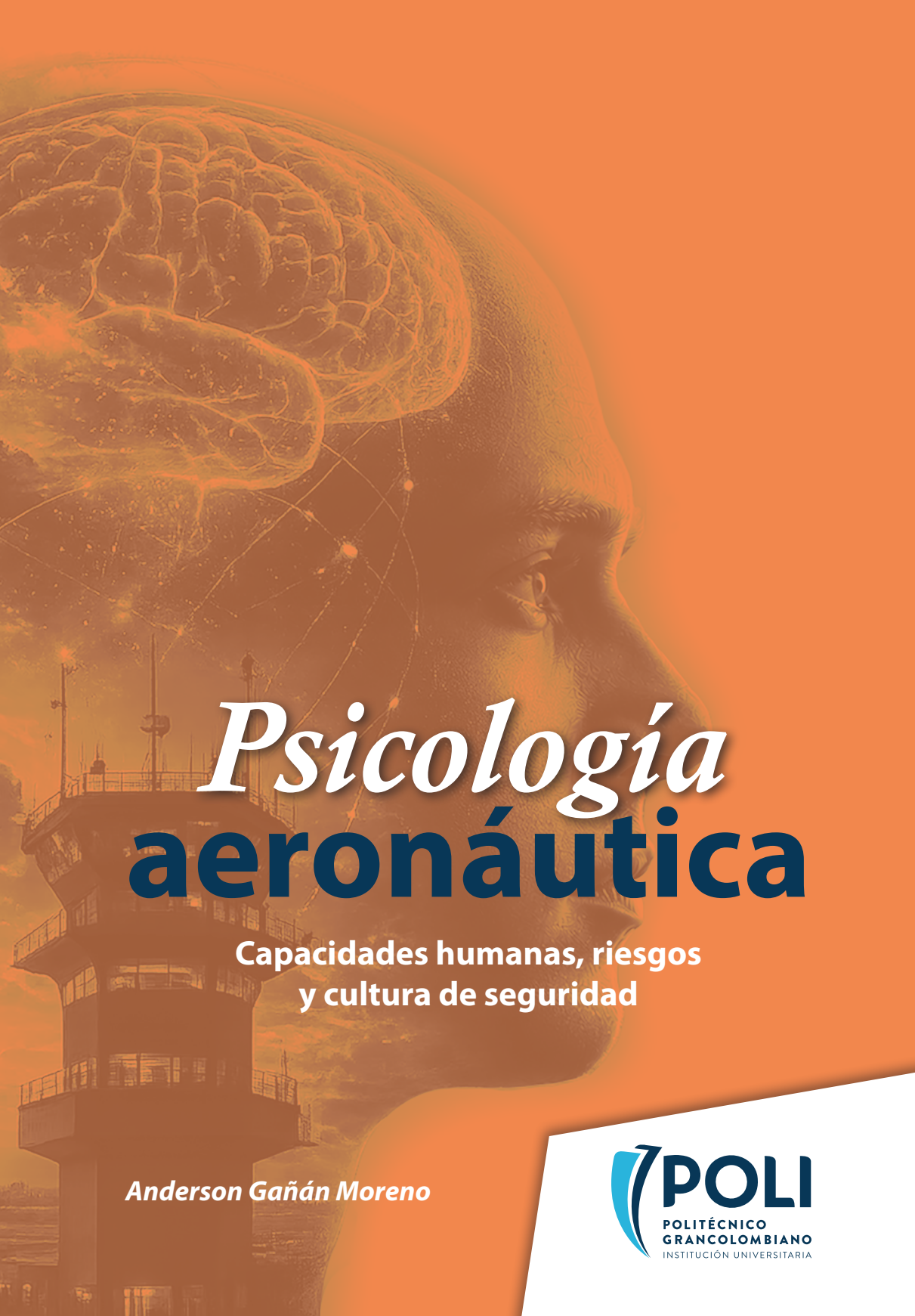
Psicología **aeronáutica**

Capacidades humanas, riesgos y cultura de seguridad



Anderson Gañán Moreno

POLI
POLITÉCNICO
GRANCOLOMBIANO
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA



Psicología **aeronáutica**

Capacidades humanas, riesgos
y cultura de seguridad

Anderson Gañán Moreno

Gañán Moreno, Anderson.

La psicología aeronáutica: capacidades humanas, riesgos y cultura de seguridad / Anderson Gañán Moreno – Bogotá D.C.: Editorial Politécnico Grancolombiano., 2026.

124 p.: il; col. 16 X 23 cm.

Incluye referencias bibliográficas.

ISBN 978-628-7840-50-8

1. Psicología aeronáutica. 2. Factores humanos en la aviación. 3. Aviación — Aspectos psicológicos. 4. Seguridad operacional. 5. Reglamentación aeronáutica — Colombia I. Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano II. Tít.

SCDD 629.13252

Co-BolUP

Sistema Nacional de Bibliotecas–SISNAB
Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano.

Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano

Calle 61 No. 7–66

Tel: 7455555, Ext. 1516

Bogotá, Colombia

© 2026. Todos los derechos reservados

Primera edición, junio de 2026

Psicología aeronáutica: capacidades humanas, riesgos y cultura de seguridad

ISBN: 978-628-7840-50-8

Anderson Gañán Moreno

Equipo editorial

Director editorial

Guillermo A. González T.

Analista de producción editorial

Mónica Quintana Rey

Corrección de estilo

María Elvira Mejía

Diseño y diagramación

Brayan Cárdenas

Diseño de portada

Daniel Bosiga Garzón

¿Cómo citar este libro?

Gañán Moreno, A. (2026). *Psicología aeronáutica: capacidades humanas, riesgos y cultura de seguridad*. Politécnico Grancolombiano.

No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su tratamiento en cualquier forma o medio existentes o por existir, sin el permiso previo y por escrito de la Editorial de la Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano. Para usos académicos y científicos, la Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano accede al licenciamiento *Creative Commons* del contenido de la obra con: Atribución – No comercial –Compartir igual.



El contenido de esta publicación se puede citar o reproducir con propósitos académicos siempre y cuando se indique la fuente o procedencia. Las opiniones expresadas son responsabilidad exclusiva del autor(es) y no constituye una postura institucional al respecto.

La Editorial del Politécnico Grancolombiano pertenece a la Asociación de Editoriales Universitarias de Colombia (ASEUC).

El proceso de gestión editorial y visibilidad en las publicaciones del Politécnico Grancolombiano se encuentra CERTIFICADO bajo los estándares de la norma ISO 9001: 2015 código de certificación ICONTEC: SC-CER660310.



Tabla de contenido

Agradecimientos	7
-----------------------	---

Prólogo.....	9
--------------	---

Capítulo 1

Orígenes y fundamentos de la psicología aeronáutica 11

Introducción	13
--------------------	----

La psicología aeronáutica: una aproximación a su concepto e importancia	14
--	----

Algunos hitos históricos.....	15
-------------------------------	----

Conceptos históricos de la psicología aeronáutica.....	17
--	----

Del individuo al equipo: gestión de recursos de la tripulación (CRM), gestión de amenazas y errores (TEM) y cultura	19
---	----

Fundamentos normativos: gestión de la seguridad operacional (SMS) y el rol de la OACI	21
--	----

Fundamentos metodológicos de la psicología aeronáutica	23
--	----

Conclusiones	25
--------------------	----

Capítulo 2

El piloto como ser humano: sus capacidades

y limitaciones 29

Introducción	31
--------------------	----

Capacidades y limitaciones sensoriales	32
--	----

Capacidades y limitaciones cognitivas	35
---	----

Capacidades y limitaciones fisiológicas	38
---	----

Capacidades y limitaciones emocionales	40
--	----

Conclusiones	42
--------------------	----

Capítulo 3

Procesos cognitivos y trabajo en equipo durante el vuelo:

carga mental, toma de decisiones y CRM.....	45
Introducción	47
La carga mental en cabina	48
Origen y evolución del CRM	52
Conclusiones	54

Capítulo 4

Estrés, fatiga y factores emocionales en la aviación:

impactos en la seguridad, manejo del trauma y resiliencia ..	57
Introducción	59
Estrés en la aviación.....	61
La fatiga en la aviación	62
Factores emocionales en la aviación	64
Conclusiones	65

Capítulo 5

Metodologías de investigación y evaluación en psicología

aeronáutica	67
Introducción	69
Simuladores de vuelo como laboratorio psicológico.....	71
Auditorías de seguridad operacional: LOSA y FOQA.....	72
Neuroergonomía y medidas psicofisiológicas.....	74
Evaluación de programas de entrenamiento y competencias no técnicas (CRM, TEM, ADM).....	76
Factores organizacionales y cultura de seguridad	78
Evaluación psicométrica en la aviación: selección, monitoreo y desempeño.....	79
Conclusiones	80

Capítulo 6
Tendencias y desafíos en la psicología aeronáutica: automatización, inteligencia artificial y el rol humano en la aviación del futuro 83

- Introducción 85
- Inteligencia artificial y gestión del tráfico aéreo 86
- Responsabilidad ética y regulatoria en el uso de IA en aviación 87
- El rol futuro del piloto en un entorno altamente automatizado e inteligente 89
- Conclusiones 90

Capítulo 7
Algunas aplicaciones prácticas: formación, entrenamiento y cultura de la seguridad 93

- Introducción 95
- Formación y entrenamiento en aviación 96
- Cultura de seguridad organizacional en aviación 98
- Evaluación del impacto del entrenamiento y la cultura de seguridad en la operación aérea..... 99
- Conclusiones 101

Capítulo 8
Estudios de caso en psicología aeronáutica: análisis de incidentes y accidentes 103

- Introducción 105
- La colisión de Los Rodeos (1977) 106
- La tragedia de Chapecoense (2016) 107
- Accidente de la Școala Superioară de Aviație Civilă 108
- Conclusiones 109

Capítulo 9
Algunas consideraciones finales 111

Referencias..... 117



Agradecimientos

Quisiera dedicar este trabajo a todas las escuelas de aviación, aeroclubes y personal aeronáutico que me han hecho parte de su organización, que me han permitido formarme, construir estas reflexiones y aportar un grano de arena a la seguridad operacional, la psicología aeronáutica y la aviación misma.

Estoy especialmente agradecido con la Asociación Colombiana de Psicólogos Aeronáuticos (ACPA) por acogerme e inspirarme a seguir aportando a este campo, el cual, aunque no es nuevo, aún debe visibilizarse mucho más en la propia disciplina psicológica.

Por último, agradecer al Politécnico Grancolombiano y al equipo editorial encabezado por Guillermo González Triana, por acompañarme en la publicación de mis obras, y, en especial de la presente, que es de gran importancia para la formación de futuros psicólogos aeronáuticos.



Prólogo

La aviación moderna, a pesar de los avances tecnológicos que han revolucionado el diseño de aeronaves, los sistemas de navegación y las comunicaciones, sigue dependiendo, en gran medida, de un elemento irremplazable: el ser humano. Controladores aéreos, pilotos, ingenieros de mantenimiento, tripulaciones de cabina y gestores de operaciones intervienen en una amalgama compleja a través de la cual las emociones, las decisiones y las restricciones humanas inciden decisivamente en la seguridad.

De tal modo, la psicología aeronáutica se constituye como una rama elemental para entender y regular sistemáticamente tales componentes humanos. Aunado a esto, su evolución histórica ha asistido el desenvolvimiento de la aviación, al trascender de un enfoque que asignaba el error solo al carácter individual a un enfoque sistémico que destaca la correspondencia entre tecnología, sujeto y organización. En consecuencia, este paso, además de transformar el modo de indagar sobre los accidentes aéreos, también ha motivado políticas regulatorias a nivel nacional e internacional, cuyo ordenamiento pone al ser humano en el eje de la gestión de la seguridad operacional.

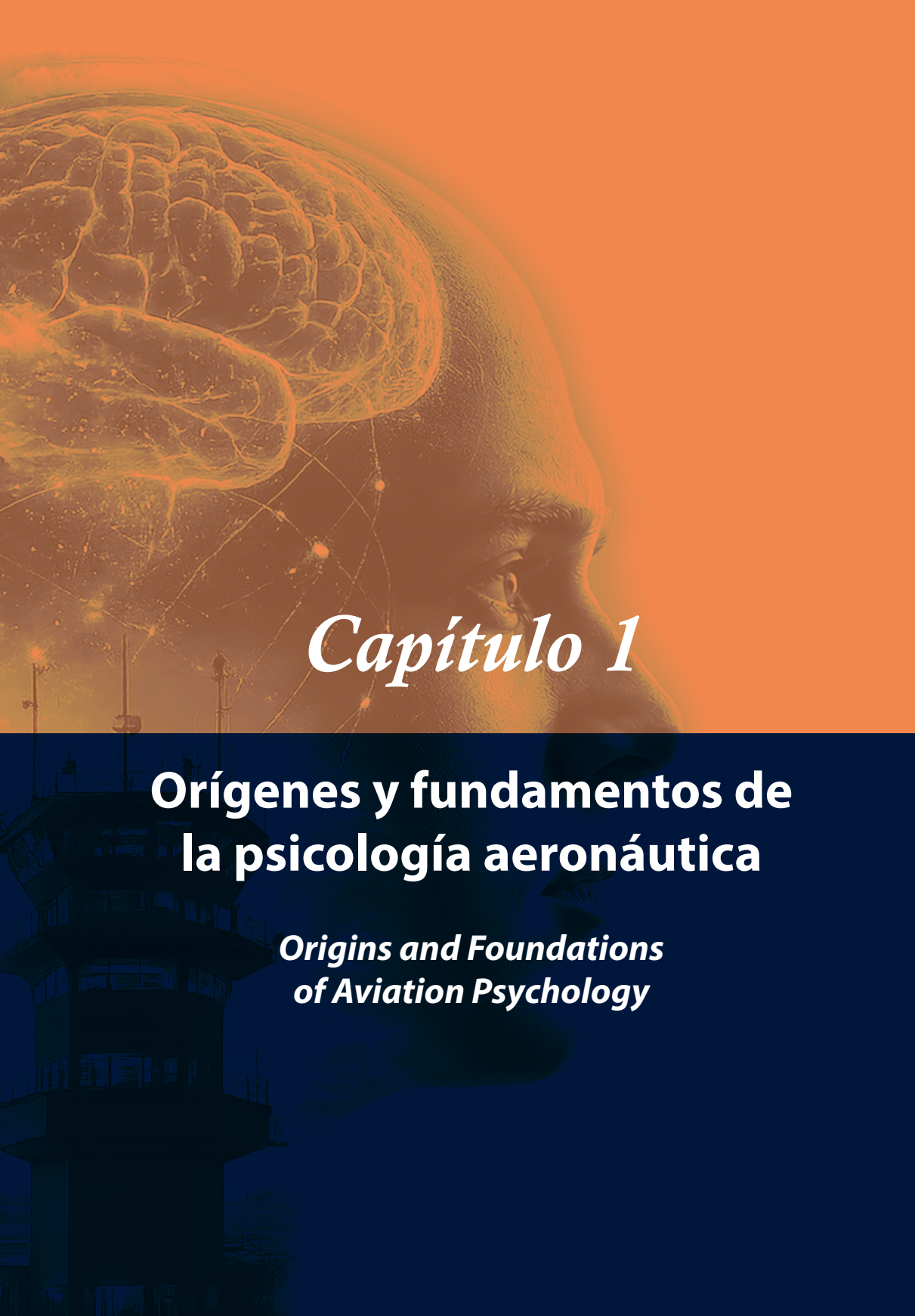
En este sentido, este libro representa un aporte capital a este esfuerzo grupal. Por medio de sus capítulos se proporciona un camino que engloba los principios históricos y conceptuales de la psicología aeronáutica, las facultades y las restricciones del piloto, como ser humano, el trabajo grupal en cabina, los procesos cognitivos bajo presión, la incidencia del estrés y el agotamiento físico y mental, así como los desafíos que propone un porvenir permeado por la

automatización y la inteligencia artificial (IA). Además de lo anterior, se incluyen reflexiones prácticas y estudios de caso que posibilitan enlazar el fundamento teórico con la realidad operativa.

Cabe señalar que lo que caracteriza este libro radica en su facultad para engranar la postura científica con el marco regulatorio y cultural de la aviación en Latinoamérica, particularmente, en Colombia. En tal sentido, la inclusión de la Reglamentación Aeronáutica de Colombia (RAC), en consonancia con las disposiciones de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y la European Union Aviation Safety Agency (EASA), expone un compromiso por articular la indagación psicológica con las demandas normativas y los retos característicos del contexto regional.

Por otro lado, este texto no se enmarca solo en el campo de los investigadores y psicológicos, dado que también se orienta a instructores, pilotos, gestores de seguridad operacional y a todos los interesados en entender cómo la psique, las organizaciones y las emociones operan en un medio tan demandante como la aviación. Así, en un campo en el cual la seguridad no se negocia, este tipo de psicología se consagra como un aliado fuerte.

De tal modo, invito a los lectores a visitar estas cuartillas con la creencia de que cada resultado, cada concepto y disertación representan un instrumento pertinente para edificar una aviación más segura, robusta y humana.



Capítulo 1

Orígenes y fundamentos de la psicología aeronáutica

*Origins and Foundations
of Aviation Psychology*



Introducción

Desde sus inicios, la aviación ha estado marcada por una estrecha relación entre la tecnología y el ser humano. Si bien los primeros accidentes se atribuían casi exclusivamente a fallas técnicas o mecánicas, pronto se hizo evidente que la mayoría de los eventos críticos tenían su origen en factores humanos. Esta constatación dio lugar al nacimiento de la psicología aeronáutica, un campo que busca comprender cómo los procesos psicológicos —atención, percepción, memoria, toma de decisiones, gestión emocional y trabajo en equipo— impactan directamente la seguridad operacional.

La importancia de esta materia gira en torno a la cabina de vuelo, debido a que esta representa un medio riguroso de exigencias, tales como la presión de tiempo, la automatización continua, la complejidad de los sistemas y el interés de un engranaje guiado entre diversos actores, lo que hace de cada tarea un desafío psicológico frecuente. En consecuencia, resaltar estas demandas llevó a que instituciones internacionales e investigadores propusieran aparatos normativos y conceptuales, que hoy en día son la base de la gestión en seguridad para la aviación contemporánea.

Dicho esto, en esta sección se expone la genealogía y los postulados principales de la psicología aeronáutica, al subrayar la migración desde una perspectiva orientada a la persona y hacia un enfoque



sistémico de la falla humana, así como el rol que han desempeñado modelos, como el propuesto por Reason —el entrenamiento en Crew Resource Management (CRM) y el desarrollo de los programas de Gestión de la Seguridad Operacional (SMS) de la OACI—. Del mismo modo, se explora una conceptualización característica de este tipo de psicología como carga mental, conciencia situacional, percepción del riesgo y fatiga, los cuales posibilitan comprender el modo como los límites y las facultades humanas influyen en la seguridad aérea.

De esta manera, el capítulo no solo establece el marco conceptual y metodológico de la psicología aeronáutica, sino que también sienta las bases para los apartados posteriores del libro, donde se explorarán en profundidad las capacidades y las limitaciones del piloto, la dinámica de los equipos de trabajo en cabina y los retos futuros que enfrentará la aviación en un mundo cada vez más automatizado e interconectado.

La psicología aeronáutica: una aproximación a su concepto e importancia

La psicología aeronáutica se ocupa del estudio de las interacciones entre el ser humano y el entorno aeronáutico, en particular, de cómo las características, las capacidades y las limitaciones humanas inciden en la seguridad y el desempeño de las operaciones aéreas. Su núcleo de análisis son los factores humanos (*human factors*), que abarcan procesos como la percepción, la atención, la carga mental, la conciencia situacional, la toma de decisiones, la comunicación, el liderazgo, la dinámica de equipos, la fatiga y la influencia de la cultura organizacional (Wickens, 2008).

Cabe señalar que el reconocimiento de que la falla humana no es posible evitarla es un principio fundacional de esta disciplina. Sin embargo, lo que se deriva de estas fallas pueden gestionarse a través de sistemas creados para anticiparlos, descubrirlos y solventarlos. Al respecto, Reason (2000) diseñó el enfoque de “sistemas” del error, ilustrado en su propuesta del “queso suizo”, el cual expone cómo



los errores no aparecen a partir de una sola persona, sino por la conjugación de diversas inconsistencias en las barreras de una organización. Así, su propuesta reemplazó la perspectiva convencional de culpar al operador, al proponer una edificación de barreras y reparación a nivel organizacional.

En términos históricos, los progresos más notables en seguridad operacional surgen toda vez que la aviación ha conseguido destacar e interpelar los fallos propios en cabina y las condiciones existentes que los motivan, como presiones de tiempo, agotamiento laboral, procedimientos confusos o fallas en la comunicación (Maurino *et al.*, 2017).

Desde esta perspectiva, en el año 2013, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) integró el Anexo 19 sobre la Gestión de la Seguridad Operacional, en el cual plantea que todo operador tiene el deber de aplicar un sistema de políticas, prácticas y procesos, con el fin de identificar peligros, gestionar riesgos y trabajar en por una cultura de reporte no disciplinaria (ICAO, 2013/2016). En la actualidad, la psicología aeronáutica constituye un pilar fundamental para garantizar la seguridad en la aviación.

A través de la integración de modelos cognitivos, entrenamientos en factores humanos y marcos regulatorios internacionales, este campo permite entender al piloto y a la tripulación no como fuentes aisladas de error, sino como partes esenciales de un sistema sociotécnico donde la interacción entre persona, tecnología y organización determina los resultados de seguridad y desempeño.

Algunos hitos históricos

La evolución de la psicología aeronáutica ha estado marcada por hitos históricos que han transformado la manera como se concibe la seguridad en la aviación. Durante las primeras décadas del siglo xx, los accidentes eran explicados casi exclusivamente como fallas técnicas y la respuesta institucional se centraba en mejorar el diseño



y la fiabilidad de las aeronaves. Sin embargo, a medida que la tecnología se perfeccionó y los sistemas se hicieron más confiables, se volvió evidente que una gran proporción de incidentes y accidentes se relacionaban con el factor humano. Dicho reconocimiento impulsó a un cambio de paradigma, en el cual la corrección de errores por parte de los pilotos o el aumento del tiempo de entrenamiento técnico dejaron de ser el único objetivo. En su lugar, el propósito era entender cómo los procesos sociales, psicológicos y organizacionales influían en el desarrollo de las operaciones (Reason, 2000).

Asimismo, el desarrollo del modelo propuesto por Reason, conocido como el modelo del queso suizo, representó un momento crucial para esta transición al mostrar que los accidentes resultan de una cadena de fallos activos y condiciones latentes dentro del sistema. En consecuencia, esta visión permitió concebir la seguridad como una convención grupal y sistémica, en la cual la organización y sus funciones contienen una incidencia notable en las decisiones individuales (Reason, 2000; Maurino *et al.*, 2017). De manera paralela, a fines de la década de 1970 se desarrolló el programa CRM, inicialmente en la NASA y luego expandido a las aerolíneas comerciales. Este programa resaltó la pertinencia de la cooperación, la comunicación, la gestión de la falla y el liderazgo como habilidades elementales para la operación en cabina. Las posteriores indagaciones comprobaron que la ejecución de este modelo produjo optimizaciones mediables en conductas y actitudes, lo que mejoró la seguridad operativa (Helmreich, 2000; Salas *et al.*, 2006).

Adicionalmente, la formalización de los sistemas de gestión de la seguridad operacional (SMS) por parte de la OACI en el Anexo 19, adoptado en el 2013, representó otro progreso en esta materia. Mediante este aparato normativo fue posible institucionalizar la visión de que la seguridad no se liga a las acciones aisladas, sino por procesos y políticas jerarquizados que permiten la detección de amenazas, la gestión de riesgos y la fomentación de una cultura justa y de reporte no punitivo (ICAO, 2013/2016). Así, el tránsito histórico de la disciplina puede resumirse como un desplazamiento desde



la visión mecanicista centrada en la máquina hacia una perspectiva integral que entiende la aviación como un sistema sociotécnico en el que los factores humanos son tan determinantes como la tecnología misma.

Conceptos históricos de la psicología aeronáutica

La psicología aeronáutica se apoya en una serie de conceptos psicológicos nucleares que permiten comprender cómo los procesos cognitivos y emocionales impactan directamente la seguridad y el rendimiento en vuelo. Uno de ellos es la conciencia situacional, entendida como la capacidad del piloto para percibir elementos del entorno, comprender su significado y proyectar su estado en el futuro cercano. Por su parte, Endsley (1995) planteó un modelo cimentado en tres niveles: percepción de elementos, comprensión de su significado y proyección de estados futuros. Ahora bien, en la cabina de vuelo, la conciencia sobre la situación es capital para balancear la navegación, administrar la automatización y predecir peligros, como alteraciones meteorológicas, restricciones de *performance* de la aeronave y el tráfico aéreo. Al respecto, su pérdida se ha vinculado con desvíos de trayecto, configuraciones incorrectas de los sistemas y acciones a destiempo que, en múltiples ocasiones, derivan en accidentes o colisiones (Endsley, 1995).

Además, los recursos de atención y la carga mental son primordiales. En este sentido, Wickens (2008) desarrolló un modelo de recursos múltiples con el objetivo de explicar cómo se distribuye la atención entre distintas funciones. De acuerdo con esta línea, las funciones entran en competencia por la modalidad sensorial (visual frente a auditiva) por etapas iguales de procesamiento (percepción y cognición frente a respuesta) o por el mismo tipo de código representacional (espacial-verbal). En consecuencia, se presentan desbalances en el diseño de cabinas, listas de verificación y procedimientos, dado que un incremento excesivo de exigencias en conjunto compromete la seguridad, sobre todo, en etapas cruciales como el despegue y



el aterrizaje, cuando la concentración del piloto requiere la mayor capacidad de respuesta (Wickens, 2008).

Por otro lado, la toma de decisiones y la percepción de la amenaza son elementos neurálgicos en la psicología aeronáutica. De tal modo, Slovic (1987) verificó que la percepción de la amenaza no solo equivale al cálculo racional, sino que también está permeada por elementos afectivos y heurísticos. Para el ámbito de la aviación, lo anterior representa que los pilotos pueden subestimar algunos riesgos a raíz de la familiaridad con las funciones o la presión organizacional, un evento denominado *Drift*. Ahora bien, estos sesgos tienen la capacidad de reducir las barreras del sistema y posibilitar el almacenamiento de fallas. Por tal razón, los programas de entrenamiento deben incorporar mecanismos para identificar sesos heurísticos, incentivar pausas operativas que posibiliten revalorar situaciones y aplicar marcadores directos de riesgos, los cuales orienten la toma de decisiones en contextos de alta carga mental y presión temporal (Slovic, 1987).

El cansancio y la fatiga debilitan la atención sostenida, la motricidad, la memoria y la vigilancia, lo cual aumenta la probabilidad de lapsus, omisiones y decisiones ligeras. Caldwell (2005) dio a conocer que los efectos de la fatiga en las misiones aéreas generan un momento mayor de reacción, menor efectividad en tareas críticas y una disminución en la capacidad de mantener la conciencia situacional. Por ello, tanto organismos internacionales como aerolíneas se han inclinado por programas de gestión de la fatiga que incluyen límites regulatorios en jornadas y tiempos de vuelo, periodos controlados de descanso, educación sobre hábitos saludables de monitoreo fisiológicos u operativos para anticipar los riesgos relacionados con el cansancio acumulado. Por lo tanto, la gestión eficaz de la fatiga no solo protege al individuo, sino que también asegura la estabilidad y la fiabilidad de todo el sistema aeronáutico (Caldwell, 2005).

En suma, tales conceptos psicológicos son el cimiento mediante el cual se edifican los programas de seguridad operativa en este campo. Así, la gestión de la carga cognitiva, la conciencia situacional, la



percepción correcta de la amenaza y el dominio del agotamiento no representan eventos ajenos, sino dimensiones conectadas que exponen la facultad de las tripulaciones para funcionar en medios exigentes y conservar los lineamientos de seguridad que particularizan a la industria aérea en la actualidad.

Del individuo al equipo: gestión de recursos de la tripulación (CRM), gestión de amenazas y errores (TEM) y cultura

El desarrollo de la psicología aplicada a la aviación permitió reconocer que el rendimiento durante las operaciones aéreas no se explica únicamente por las destrezas individuales, sino también por la dinámica colaborativa y por el entorno organizacional en el que se lleva a cabo la actividad. A partir de este hallazgo se originaron metodologías como la gestión de recursos de la tripulación (CRM), la gestión de amenazas y errores (TEM) y la noción de cultura justa, todas orientadas a fortalecer la seguridad en las operaciones mediante la incorporación de habilidades no técnicas, mecanismos de control frente a amenazas y equivocaciones, así como estructuras institucionales que impulsen procesos de aprendizaje.

No obstante, el CRM se propuso como programa formal que fortalece habilidades conductuales, catalogadas como importantes en la cabina. Estas habilidades pueden ser: el liderazgo compartido, la comunicación clara, la ejecución de (*briefings*) eficaces, la verificación de acciones (*cross-checking*), entre otras. En relación con lo anterior, varias investigaciones han comprobado que el desarrollo del CRM provoca optimizaciones cuantificables en el conocimiento, el comportamiento y las aptitudes de los tripulantes. Asimismo, toda vez que se engrana con sistemas de seguridad organizacionales, se evidencian hallazgos positivos en la operatividad y en la disminución de accidentes (Salas *et al.*, 2006).

Paralelamente, el TEM se constituyó como un aparato que posibilita operativizar el modelo sistémico de la falla. En tal sentido, su plan-



teamamiento radica en identificar de modo proactivo riesgos internos y externos, fallas que emergen de omisiones o acciones, así como de condiciones no deseables de la aeronave, con el objeto de intervenirlos y reducir sus afectaciones. Por otro lado, este se engrana con programas de vigilancia *online* como el Line Operations Safety Audit (LOSA), el cual compila información en torno a la conducta real de las tripulaciones en funcionamiento y posibilita detectar patrones de peligro para acoplar los entrenamientos y los procedimientos pertinentes (Klinect *et al.*, 2003). En esa medida, el TEM opera como instrumento de formación y como un enlace entre la optimización constante de los sistemas de seguridad y la observación empírica de la operatividad.

Por último, el concepto de cultura justa es un avance notable en el modo como la aviación asume la falla. En términos convencionales, las fallas se sancionaban en función de una lógica punitiva, lo que producía un subregistro y restringía el aprendizaje organizacional. En tal sentido, este tipo de cultura plantea diferenciar entre fallas genuinas, actitudes riesgosas y vulneraciones intencionales, con el objeto de proteger el reporte transparente de incidentes y, de tal modo, establecer responsabilidades de manera proporcional. Este apartado es primordial para el correcto desarrollo de los SMS, ya que, cuando no existen reportes, tampoco existen datos sin los cuales es imposible interpelar la amenaza y brindar retroalimentación en relación con los procesos de mejora (FAA, 2016).

De forma organizada, la CRM, la TEM, junto con el principio de cultura, demuestran cómo la psicología aplicada a la aviación ha sobrepasado la visión enfocada únicamente en el piloto, para alcanzar una mirada inclinada tanto al trabajo colectivo como al sistema organizacional. Estos tres fundamentos posibilitan convertir la experiencia práctica y el saber adquirido en instrumentos concretos para anticipar, identificar y neutralizar fallos, fortaleciendo la protección en la operación aérea como consecuencia de un proceso de aprendizaje constante y compartido.



Fundamentos normativos: gestión de la seguridad operacional (SMS) y el rol de la OACI

La consolidación de los fundamentos normativos de la seguridad operacional en la aviación se materializó con la incorporación, por parte de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI/ICAO), de la gestión de la seguridad operacional (SMS) como un estándar internacional a través del Anexo 19, adoptado en el 2013 y reforzado con enmiendas posteriores (ICAO, 2013/2016). Este documento supuso un hito, porque, por primera vez, se integraron en un único anexo los requisitos relacionados con la gestión de la seguridad, otorgando carácter obligatorio a la implementación de sistemas estructurados de seguridad en los Estados miembros y en las organizaciones del sector. En esa medida, el SMS demanda el planteamiento de políticas claras, procesos de identificación de amenazas, estrategias de valoración y reducción de la amenaza, así como programas de promoción y aseguramiento de la seguridad.

En consecuencia, esta herramienta trasciende el modelo reactivo, mediante el cual las acciones se asumen tras el accidente, a un modelo predictivo y proactivo que posibilite predecir peligros y gestionar riesgos antes de que ocurran accidentes. Por tal razón, la OACI destaca que la seguridad debe administrarse con el rigor con el que se gestionan otros componentes organizaciones como las finanzas, la calidad o los recursos humanos (ICAO, 2013/2016). De tal modo, el cambio de paradigma se engrana con el reconocimiento de que la falla humana no puede borrarse totalmente; sin embargo, sí puede interpelarse y eliminarse mediante sistemas correctamente diseñados (Reason, 2000).

En ese sentido, el tipo de psicología en mención desempeña un rol capital en la aplicación del SMS, dado que proporciona los métodos que permiten entender, cuantificar y administrar el rendimiento humano en situaciones complicadas. Por ejemplo, los especialistas en factores humanos diseñan barreras centradas en la persona, tales como procedimientos más claros, interfaces hombre-máquina que



reduzcan la carga cognitiva, así como programas de entrenamiento que fortalezcan la conciencia situacional y la toma de decisiones (Wickens, 2008). Asimismo, se desarrollan métricas específicas para evaluar el desempeño no técnico, incluyendo comunicación, liderazgo, coordinación y gestión de la carga de trabajo, competencias que son tan relevantes como las habilidades técnicas para mantener la seguridad operacional (Salas *et al.*, 2006).

Asimismo, el robustecimiento de la cultura de seguridad y de reporte es un elemento constitutivo de la psicología aeronáutica de la SMS. En efecto, esta última solo funciona con precisión si hay una cultura organizacional que fomente en los empleados a reportar fallas o incidentes sin miedo a consecuencias (Helmreich, 2000). Mediante este enfoque, se hace una valoración de auditorías de línea y de reportes de incidentes

Desde esta perspectiva, el análisis de reportes de incidentes (como el LOSA) y de auditorías de línea se transforman en un instrumento capital para detectar patrones de riesgo y fallas en operaciones reales. De este modo, es posible reelaborar entrenamientos y procesos (Klinec *et al.*, 2003).

La información operacional recolectada mediante iniciativas como el aseguramiento de la calidad en las operaciones de vuelo (FOQA) o las auditorías de observación en línea (LOSA) se transforma en ajustes de comportamiento y en mejoras estructurales de la organización gracias a las contribuciones de la psicología de la aviación. Un ejemplo de ello es que la detección de patrones en incumplimientos de procedimientos puede llevar a replantear las listas de chequeo, a rediseñar las interfaces de cabina o a implementar módulos de instrucción orientados al manejo de la carga cognitiva y a la ampliación de la conciencia situacional. De este modo, la protección operacional se configura como un proceso permanente de aprendizaje institucional, sustentado en la interacción entre la evidencia empírica y la comprensión de los alcances y limitaciones de las capacidades humanas (Maurino *et al.*, 2017).



En esa medida, el Anexo 19 de la OACI y el marco normativo del SMS representan la piedra angular de la seguridad en el campo analizado. Cabe señalar que este sistema está en función de las contribuciones de la psicología aeronáutica, dado que son los elementos humanos los que establecen la eficacia de los procesos, las políticas y los instrumentos aplicados. Así, el SMS no es únicamente un requisito regulatorio, sino un marco integral que combina normas, gestión organizacional y ciencia psicológica para crear entornos de operación más seguros, resilientes y capaces de aprender de manera constante.

Fundamentos metodológicos de la psicología aeronáutica

El desarrollo de la psicología aeronáutica no se limita a la formulación de marcos conceptuales y normativos, sino que también se sostiene en un cuerpo metodológico que permite investigar, evaluar y aplicar el conocimiento en contextos reales de operación. La aviación, por su naturaleza altamente tecnificada, ha sido un terreno fértil para el empleo de enfoques experimentales, observacionales y organizacionales, lo que ha convertido a la disciplina en un campo de integración entre la psicología cognitiva, la ergonomía, la ingeniería y las ciencias de la seguridad.

En un primer momento, sobresalen los procedimientos experimentales y de simulación, en los cuales se elaboran diseños controlados para examinar fenómenos como la atención, la carga cognitiva o la percepción del entorno. Los enfoques tradicionales de la psicología cognitiva, tales como los que valoran la memoria operativa, los tiempos de respuesta o la interferencia entre tareas simultáneas, se han ajustado a escenarios propios de la aviación.

En este contexto, los simuladores de vuelo desempeñan un papel dual, es decir, trabajan como dispositivos de investigación científica y de calidad, y también como herramientas pedagógicas que permiten calcular la reacción de los pilotos frente a situaciones de crisis, en condiciones seguras y reproducibles (Endsley, 1995; Wickens, 2008).



Por otro lado, la disciplina acude a esquemas conceptuales que interpretan y sistematizan los resultados empíricos. Lo que propone Endsley (1995) acerca de la conciencia situacional ha dado resultados fundamentales para explicar cómo los pilotos reciben y procesan la información del medio; en cambio, el modelo del “queso suizo” de Reason (2000) ha contribuido a una nueva forma de entender cómo los errores individuales se integran dentro de sistemas de organización complejos. Estas perspectivas no solo fluyen en la producción académica, sino que también funciona como una base para diseñar protocolos, programas de capacitación de sistemas de interacción entre el ser humanos y la tecnología.

Un tercer escenario metodológico parte de las investigaciones y auditorías que se realizan a las operaciones aéreas, una de ellas es la evaluación de seguridad en línea (LOSA), orientadas a observar la actuación de la tripulación durante el vuelo, identificando e interviniendo las amenazas, fallos y proponiendo estrategias de control (Kline et al., 2003).

Otro componente es la valoración de planes de instrucción, especialmente, aquellos enfocados en habilidades no técnicas, como la Gestión de Recursos de la Tripulación (CRM), la cual debe ser de formación continua, como mínimo de manera anual, estos son conocidos como cursos recurrentes. La psicología de la aviación ha desarrollado instrumentos evaluativos que permiten medir no solo cambios en percepciones y saberes, sino también la transferencia de lo aprendido a conductas observables en cabina. Las síntesis de investigaciones indican que la eficacia del CRM depende de su adecuación a las particularidades culturales y organizativas, así como de su articulación con los sistemas de gestión de la seguridad (Salas et al., 2006).

Finalmente, los enfoques metodológicos también se extienden al nivel organizacional y normativo, donde la psicología aeronáutica contribuye al diseño de los sistemas de gestión de la seguridad (SMS) y al desarrollo de culturas institucionales centradas en el aprendizaje permanente. En este contexto se emplean estrategias cualitativas



—como entrevistas, grupos focales o análisis de incidentes— que se combinan con métodos cuantitativos, lo que permite una comprensión más completa de la dinámica organizacional. El propósito es garantizar que disposiciones regulatorias como el Anexo 19 de la OACI no permanezcan únicamente en el plano documental, sino que se concreten en prácticas efectivas capaces de incidir en la conducta de las personas y en los procesos de la organización (ICAO, 2013/2016).

En resumen, los principios metodológicos de esta psicología incorporan los simuladores y la experimentación en laboratorio, la valoración de entrenamientos, la modelización teórica, los programas de vigilancia, la observación en campo a través de auditorías y el análisis organizacional.

Esta combinación de herramientas asegura que los hallazgos científicos no queden encerrados en el ámbito académico, sino que se traduzcan en acciones concretas: entrenamientos más efectivos, mejoras en los procedimientos, avances tecnológicos y normas más sólidas que refuercen la seguridad en vuelo. En este sentido, la psicología aeronáutica se apoya en un enfoque metodológico integral que actúa como puente entre el conocimiento científico y la realidad operativa, lo cual permite que cada avance contribuya de manera real y significativa a la mejora continua en la aviación.

Conclusiones

La psicología aeronáutica se configura como un campo interdisciplinar indispensable para comprender los factores humanos que determinan la seguridad y el desempeño en la aviación. A lo largo de este primer capítulo se ha mostrado cómo su desarrollo histórico responde a la necesidad de reconocer que, en un entorno altamente tecnificado y regulado como el aéreo, el ser humano sigue siendo el centro del sistema. Los errores no pueden entenderse como fallas individuales aisladas, sino como manifestaciones de condiciones



latentes que interactúan con factores cognitivos, emocionales y organizacionales (Reason, 2000).

La evolución de la disciplina revela hitos clave que marcan su consolidación. La transición desde una visión mecanicista, centrada en atribuir la causa de los accidentes a fallas técnicas o a la incompetencia del piloto, hacia un enfoque sistémico del error permitió abrir espacios para el diseño de defensas organizacionales, la implementación de entrenamientos especializados y la construcción de una cultura de seguridad (Maurino *et al.*, 2017). En consecuencia, la elaboración del CRM y el TEM expuso que la seguridad está en función de las competencias no técnicas (liderazgo, comunicación, coordinación y conciencia situacional) y técnicas. Asimismo, la fomentación de una cultura justa ha modificado el modo en que las organizaciones asumen la falla, transitando por un paradigma punitivo a uno de aprendizaje constante (Helmreich, 2000; Salas *et al.*, 2006).

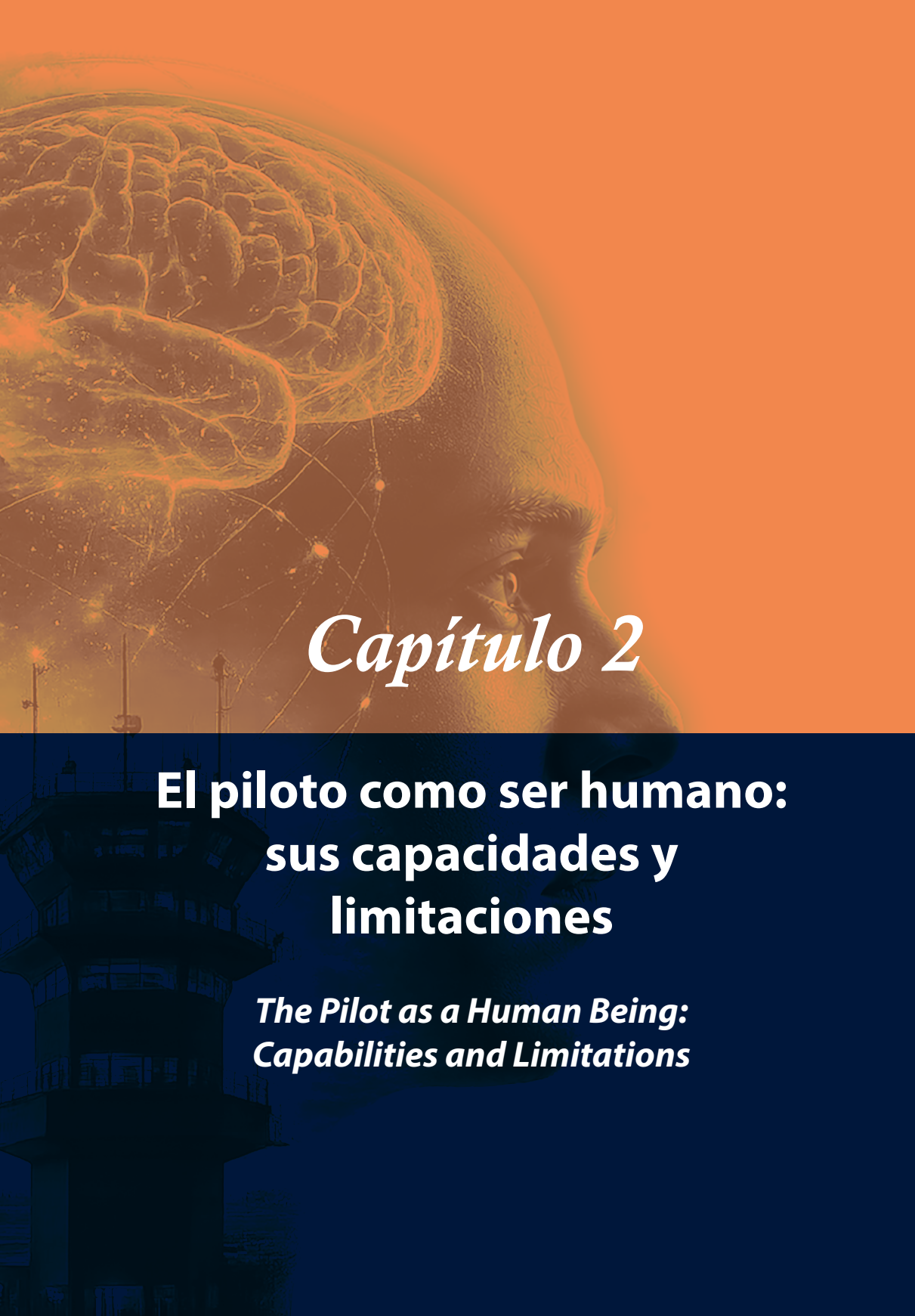
Ahora bien, los términos psicológicos centrales en análisis destacan que las facultades humanas presentan restricciones predecibles, las cuales deben estimarse en el diseño de procedimientos, cabinas y entrenamientos. En efecto, la evidencia resalta que la ausencia de conciencia situacional, el exceso de atención, los sesgos mentales en la percepción de la amenaza y las afectaciones del agotamiento son elementos vinculados directamente con accidentes e incidentes en la aviación (Endsley, 1995; Slovic, 1987; Wickens, 2008; Caldwell, 2005). Reconocer estas limitaciones y gestionarlas a través de intervenciones psicológicas y organizacionales constituye una de las principales aportaciones de la disciplina.

En el ámbito legal, la incorporación del Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional (SMS) en el Anexo 19 de la OACI es de gran importancia para el sector, pues establece la seguridad como un sistema de gestión que debe realizarse desde un enfoque proactivo, pero también predictivo, lo que lo equipara en importancia con otros procesos estratégicos de la organización civil (ICAO, 2013/2016). En este contexto, entonces la psicología aeronáutica ya no solo ofrece simples métodos para evaluar el desempeño humano, sino



que también proporciona nuevas herramientas para transformar los datos recopilados a través de auditorías de línea o programas de monitoreo como LOSA o FOQA en mejoras concretas y sostenibles, tanto a nivel conductual como organizacional (Klinec *et al.*, 2003).

En conclusión, el recorrido histórico, los fundamentos conceptuales, los aportes metodológicos y los marcos normativos revisados en este capítulo evidencian que la psicología aeronáutica constituye uno de los pilares esenciales de la seguridad aérea contemporánea. Esto no asume al individuo como un elemento frágil, sino como un componente neurálgico de un sistema sociotécnico que, cuando se diseña adecuadamente y gestiona, impulsa las facultades mentales, sociales y organizaciones de las tripulaciones. En esa medida, la disciplina merma fallas y amenazas, y potencia una cultura de aprendizaje organizacional constante, con la competencia de predecir los retos que derivan de la automatización en boga, los cambios culturales en el campo y la globalización del transporte aéreo. Este marco ofrece la base sobre la cual se desarrollarán los capítulos siguientes, orientados a explorar con mayor detalle las capacidades y las limitaciones del piloto, la dinámica del trabajo en equipo y los retos futuros que enfrentará la aviación en un mundo cada vez más complejo e interconectado.



Capítulo 2

El piloto como ser humano: sus capacidades y limitaciones

*The Pilot as a Human Being:
Capabilities and Limitations*



Introducción

En la aviación contemporánea, el piloto continúa siendo el eje central de la operación aérea, aun en un contexto marcado por la automatización creciente, la sofisticación de las aeronaves y la estandarización de procedimientos. Aunque los avances tecnológicos han reducido de manera significativa el riesgo de fallas mecánicas, la investigación demuestra que el factor humano sigue siendo determinante en la ocurrencia de incidentes y accidentes, ya sea como causa primaria o como eslabón final de una cadena de eventos (Shappell y Wiegmann, 2000). Por lo tanto, entender al piloto como una persona supone destacar sus restricciones y habilidades, así como examinar cómo estas dialogan con un sistema operativo complicado, dinamizante y exigente.

Por ende, las facultades humanas (como la memoria, la atención, la percepción, la toma de decisiones y la regulación emocional) posibilitan que el piloto opere de modo flexible y adaptativo ante escenarios cambiantes. No obstante, tales competencias tienen restricciones cognitivas y físicas: la vista es susceptible a ilusiones oculares, la audición se merma en ambientes con ruidos altos, la memoria operativa es limitada y la atención puede sufrir distorsiones bajo entornos demandantes (Gibb *et al.*, 2011). Asimismo, componentes fisiológicos como el agotamiento, la exposición a fuerzas



de aceleración extremas y la hipoxia merman significativamente el desempeño humano en vuelo (Caldwell *et al.*, 2009).

La dimensión afectiva introduce un nivel extra de complejidad. Factores como la exigencia de respetar itinerarios, la tensión generada por fenómenos atmosféricos desfavorables o por fallas técnicas, junto con la obligación de velar por la seguridad de los ocupantes, conforman situaciones caracterizadas por una intensa presión psicológica. En estas circunstancias, las emociones pueden favorecer conductas impulsivas o, por el contrario, bloquear la flexibilidad cognitiva necesaria para la resolución creativa de problemas (Stokes y Kite, 2017). Por esta razón, la psicología aeronáutica no solo estudia las capacidades cognitivas y fisiológicas del piloto, sino también los mecanismos emocionales y sociales que inciden en su desempeño.

Este capítulo aborda al piloto como un ser humano integral, cuya efectividad operacional depende de la interacción entre sus capacidades y sus limitaciones, y de cómo estas son moduladas por la formación, el diseño de cabinas, los procedimientos organizacionales y el entorno normativo. Reconocer estas dinámicas permite comprender que la seguridad no se sostiene en la eliminación del error individual, sino también en la creación de sistemas que reduzcan la probabilidad de fallos y fortalezcan las defensas frente a sus consecuencias. Como resultado, el análisis del piloto como ser humano constituye un paso fundamental para consolidar una visión sistémica de la seguridad operacional en la aviación.

Capacidades y limitaciones sensoriales

El desempeño del piloto depende, en gran medida, de sus sistemas sensoriales, que constituyen las vías primarias de interacción con el entorno. La visión, la audición, el equilibrio y, en menor medida, la propiocepción son fundamentales para la orientación espacial, la comunicación y la toma de decisiones en vuelo. Sin embargo, cada uno de estos sistemas posee limitaciones fisiológicas que pue-



den comprometer la seguridad si no son compensadas mediante entrenamiento, diseño tecnológico o procedimientos adecuados.

La visión es el sentido predominante en la cabina, responsable de aproximadamente el 80 % de la información utilizada en vuelo (Ercoline, 2001). No obstante, su fiabilidad se ve afectada en múltiples condiciones. Durante vuelos nocturnos o en escenarios de baja visibilidad, los pilotos son susceptibles a ilusiones ópticas que alteran la percepción de distancia, altitud o pendiente de aproximación. El conocido efecto *black hole*, por ejemplo, induce a descender prematuramente en aproximaciones nocturnas sobre áreas poco iluminadas, lo que genera un riesgo de impacto controlado contra el terreno (Gibb *et al.* 2011). Asimismo, cambios bruscos de iluminación, como el tránsito de un entorno luminoso a uno oscuro, reducen la adaptación visual y retrasan la identificación de referencias críticas.

La desorientación espacial, resultado de la discrepancia entre señales visuales y vestibulares, es otro de los problemas más graves. Estudios epidemiológicos indican que más del 10 % de los accidentes fatales en aviación militar y civil están vinculados a fenómenos de desorientación espacial (Previc y Ercoline, 2004).

A pesar de que los diversos instrumentos de las aeronaves están diseñados para ofrecer datos inmediatos, confiables y precisos, la tripulación debe tener una formación constante en la priorización de información técnica, inclusive sobre sus propias percepciones sensoriales, en especial, bajo contextos de vuelo instrumental (IFR).

El canal auditivo también juega un papel importante, en especial en la comunicación con los controladores de tráfico aéreo, pero también en la coordinación entre los miembros de la tripulación. Sin embargo, existen entornos que dificultan la claridad del habla y obliga al piloto a concentrarse más para entender los mensajes, lo que aumenta la carga mental y el estrés (Barrera, 2014).

Dentro de este ambiente, se tiene como ejemplo el efecto de fiesta de coctel, una situación que complica la comprensión de los mensa-



jes, debido a la existencia de varios sonidos al mismo tiempo. En un vuelo, esto se puede dar con las conversaciones de las tripulaciones, el sistema de alerta de las aeronaves y las comunicaciones con torres de control. (Bronkhorst, 2000). En estos escenarios de saturación, el riesgo de malinterpretar instrucciones aumenta; por ello, para hacer frente a este desafío se han desarrollado protocolos de comunicación estandarizados, cuyo objetivo es facilitar una comprensión precisa, incluso, en las condiciones mencionadas anteriormente.

El sistema vestibular, ubicado en el oído interno, es esencial para mantener la orientación espacial y percibir aceleraciones. No obstante, este sistema tiene limitaciones que pueden llevar a ilusiones sensoriales, sobre todo, en maniobras largas o también cuando el piloto pierde sus referencias visuales. Por ello, existen ilusiones, como la somatográvica, donde la aceleración lineal es percibida de forma errónea, llevando a crear un cambio en la inclinación del avión, induciendo en errores en las maniobras (Gibb *et al.*, 2011). La única forma de contrarrestar estas consecuencias consiste en el entrenamiento especializado, por ejemplo, la aplicación de técnicas respiratorias diseñadas para aumentar la resistencia fisiológica frente a la aceleración.

El cerebro combina simultáneamente la información proveniente de los sistemas visual, auditivo y vestibular, para así, elaborar una representación del entorno. Sin embargo, cuando estos flujos de señales entran en conflicto, pueden aparecer errores en la percepción. Un caso común en la aviación sucede cuando las señales visuales e instrumentales chocan entre sí, especialmente, en los vuelos nocturnos o en condiciones de clima adversos, lo que provocar confusiones y pérdida de la conciencia situacional. Los estudios evidencian que los aviadores con mayor experiencia confían más en los instrumentos que en las sensaciones internas, a pesar de que esa confianza debe fortalecerse continuamente por medio de la práctica y de la simulación de vuelo (Dehais *et al.*, 2020).

En tal sentido, la episteme de las destrezas y las restricciones sensoriales del piloto ha conducido a la elaboración de cabinas



que robustecen la fiabilidad de las señales a la convención de la comunicación de palabras y la aplicación de programas de preparación concretos. Por ende, la capacitación en vuelo a través de herramientas, simuladores —que replican ilusiones vestibulares y visuales— y el empleo de equipos de protección ante la aceleración y el ruido son ilustraciones sobre cómo la psicología aeronáutica y la ingeniería operan conjuntamente, con el fin de complementar las restricciones humanas.

Además de los sistemas sensoriales, el desempeño del piloto varía notoriamente según los procesos mentales que realice. En esa medida, tales destrezas posibilitan procesar datos complejos, predecir peligros y responder de manera oportuna en un medio operativo rigurosamente dinámico. No obstante, la indagación sobre componentes humanos señaló que estas operaciones tienen restricciones que, ante situaciones particulares, podrían poner en riesgo la seguridad en vuelo.

Capacidades y limitaciones cognitivas

La atención es un recurso limitado que debe distribuirse entre múltiples tareas: monitorización de instrumentos, control de la aeronave, comunicación con el control de tránsito aéreo y coordinación con la tripulación. El modelo de recursos múltiples propuesto por Wickens (2008) explica que el rendimiento se degrada cuando varias tareas compiten por los mismos canales sensoriales o cognitivos. En fases críticas, como el despegue y el aterrizaje, la carga mental puede sobrepasar la capacidad atencional, produciendo omisiones de procedimientos o la pérdida de conciencia situacional.

Ahora bien, si bien la automatización mengua la carga laboral manual, también añade nuevos desafíos cognitivos. Con respecto a esto, investigaciones actuales afirman que los aviadores pueden experimentar “atención degradada” al manejar este tipo de sistemas, lo que conlleva a tener dificultades en la identificación de signos críticos, situación llamada *automation complacency* (Parasuraman y



Manzey, 2010). Por consiguiente, lo dicho anteriormente demuestra el atraso para responder oportunamente en situaciones urgentes.

Por otro lado, la memoria de trabajo es la encargada de conservar y manejar información pertinente durante el accionar de funciones. No obstante, esto es limitado, lo cual aumenta la amenaza de falla toda vez que el piloto tiene que procesar paralelamente diversos datos, como configuraciones de cabina, instrucciones verbales de control de tránsito aéreo y cambios meteorológicos. Por su parte, Dehais *et al.* (2020) comprobaron que, ante situación de elevada carga, los pilotos son susceptibles a “ceguera atencional”, esto es, la falta de capacidad para identificar señales importantes, pese a estar presentes en el campo visual.

La memoria de largo plazo, a diferencia de otros sistemas, respalda el acervo de conocimientos especializados, las secuencias de procedimientos y las respuestas automatizadas que distinguen a los aviadores con mayor trayectoria. Sin embargo, esta capacidad puede deteriorarse debido al olvido provocado por situaciones de estrés o por la interferencia entre actividades con características semejantes. Por esta razón, la formación en aviación resalta la importancia del empleo de listas de chequeo y de protocolos estandarizados, concebidos para contrarrestar las limitaciones inherentes a la memoria humana y disminuir la dependencia de la retención individual.

La toma de decisiones en el entorno aeronáutico se da bajo condiciones de alta presión de tiempo, incertidumbre constante y potenciales consecuencias críticas. Aunque los pilotos son entrenados para seguir procedimientos establecidos, las situaciones reales de operación suelen demandar respuestas al instante, que dependen del juicio y la experiencia del aviador. El modelo de *Recognition-Primed Decision Making* (RPD), desarrollado por Klein (2008), sugiere que los profesionales con experiencia reconocen patrones familiares y aplican soluciones previamente interiorizadas.

Por otro lado, los sesgos cognitivos inciden también en la toma de decisiones. Por ejemplo, el sesgo de confirmación podría conducir



al piloto a indagar datos que solo validen su hipótesis principal en torno a un error técnico, relegando signos contradictorios. Aunado a esto, la presión de plan de vuelo lleva a conservar decisiones riesgosas con el objeto de acatar itinerarios u horarios, incluso, cuando la seguridad no lo aconseja (Hunter *et al.*, 2003). Por consiguiente, en contextos de emergencia, el piloto puede llegar a actuar de manera inflexible, con menor capacidad para analizar distintas alternativas y adaptarse a lo que requiera la situación.

Además, el estrés crónico, derivado de largas jornadas laborales y estados extensos de fatiga, afecta funciones mentales fundamentales como la memoria y la atención mantenida, lo que incrementa el riesgo de acumulación de errores (Caldwell *et al.*, 2009). Desde esta perspectiva, gestionar la fatiga y la presión del entorno de trabajo es un aspecto de gran importancia para mantener la seguridad en las operaciones aéreas.

El conocimiento de las capacidades y las limitaciones cognitivas del piloto, como también de toda la tripulación, impulsa la creación de estrategias compensatorias. Entre ellas se incluyen el diseño de interfaces intuitivas que reduzcan la carga de procesamiento, el uso de sistemas de apoyo a la decisión, el entrenamiento basado en simuladores que reproducen escenarios de alta presión y el fomento de una cultura de equipo que favorezca la comunicación y el *cross-checking*. Así, las restricciones mentales de cada sujeto se convierten en fortalezas grupales, cuando se administran a partir de una visión sistémica.

En esa medida, los procesos cognitivos se constituyen en elementos fuertes y frágiles en la aviación. Por ende, la memoria, la atención y la toma de decisiones posibilitan a los pilotos acoplarse a medios dinamizantes; sin embargo, sus límites intrínsecos podrían producir errores cuando no se asumen y mitigan. A la luz de lo expuesto, la psicología aeronáutica se orienta en comprender estos procesos y en desenvolver intervenciones que potencien el desempeño humano sin relegar sus limitaciones.



Capacidades y limitaciones fisiológicas

El rendimiento del piloto también depende de variables fisiológicas que condicionan sus capacidades para mantener la atención, reaccionar ante imprevistos y ejecutar maniobras de manera segura. El cuerpo humano, aunque adaptable, presenta limitaciones frente a condiciones propias del vuelo como la fatiga, la hipoxia, la aceleración gravitacional y la exposición prolongada al ruido o a entornos hostiles. Reconocer estas restricciones permite diseñar medidas de prevención y mitigación que protegen tanto la seguridad del piloto como la operación aérea, en su conjunto.

La fatiga es una de las principales amenazas fisiológicas en la aviación. Se manifiesta como una disminución progresiva del estado de alerta, tiempos de reacción más lentos, deterioro de la memoria de trabajo y menor capacidad de mantener la conciencia situacional. Por su parte, Goel *et al.* (2013) comprobaron que, cuando se priva el sueño, aunque sea en lapsos cortos, se produce un detrimento almacenado del desempeño cognitivo, malogrando las operaciones de extenso alcance. Aunado a esto, la fatiga no solo está en función del tiempo de operación, sino también en las condiciones no óptimas del descanso, la rotación constante de turnos y la cronobiología individual. Estos son elementos que deben contemplarse en los programas de administración de fatiga.

Otra restricción fisiológica de gran importancia es la hipoxia, definida como la reducción del oxígeno disponible en los tejidos corporales. Con el incremento de la altitud, la presión parcial de oxígeno disminuye y esto impacta directamente en el rendimiento cerebral. West (2012) indica que incluso en niveles moderados de altura (superiores a 10 000 pies) aparecen efectos en el razonamiento, la coordinación motora y la memoria a corto plazo.

Los pilotos aprenden a reconocer los síntomas de la hipoxia en su propio cuerpo, ya que genera síntomas como: dolor de cabeza, visión borrosa o somnolencia. Sin embargo, estos síntomas pueden cambiar de una persona a otra, lo que puede llevar a que no



se reconozcan a tiempo. Aunque los sistemas de presurización de cabina y el oxígeno adicional son medidas preventivas eficaces, el riesgo de hipoxia nunca se elimina durante los vuelos de gran altitud.

Por otro lado, la aceleración gravitacional, conocida también como fuerzas G, adquiere relevancia en la aviación militar durante maniobras de acrobacia. Dichas fuerzas ocasionan un desplazamiento del volumen sanguíneo hacia las extremidades, lo que reduce la perfusión cerebral y genera visión en túnel, pérdida transitoria de la vista (*blackout*) o incluso pérdida total de conciencia provocada por G (G-LOC). De igual manera, se ha comprobado que, bajo condiciones de aceleración sostenida, la resistencia a estas fuerzas varía ampliamente en función de la condición física, la postura corporal y la experiencia de entrenamiento del piloto. Para mitigar estos efectos se emplean trajes anti-G y técnicas respiratorias destinadas a aumentar la presión intratorácica y mantener el flujo sanguíneo dirigido hacia el cerebro.

Además de lo anterior, los ritmos circadianos también representan una restricción fisiológica notable. Al respecto, los pilotos que ejecutan vuelos transmeridianos padecen modificaciones en su cronometro biológico, lo que se conoce como *jet-lag*, lo cual afecta el sueño, el estado de ánimo y la atención. Por su parte, Arendt (2010) indicó que la falta de sincronización circadiana produce detrimento en la vigilancia sostenida y en la coordinación motora, lo que incrementa la amenaza de fallas en cabina. Aunque mecanismos como el ajuste progresivo de horarios, la exposición a la luz o el empleo de melatonina han evidenciado una efectividad parcial, los ritmos circadianos todavía representan una restricción inexorable de la biología humana.

Por último, la exposición aguda al ruido, la radiación cósmica y las vibraciones afectan la fisiología del piloto. De tal modo, la literatura ha confirmado la predominancia de pérdida en la audición por ruido en pilotos que se exponen a elevados decibeles durante largos lapsos (Masterson *et al.*, 2016). Adicionalmente, la radiación ionizante en operaciones de gran altitud ha incentivado las discusiones en torno



a su incidencia acumulativa en la salud, sobre todo en tripulaciones de extensos tramos, aunque las afectaciones clínicas todavía son materia de indagación (Bagshaw, 2008).

Dichas limitaciones biológicas demuestran la necesidad de reconocer que la seguridad en la aviación está ligada a la capacidad de identificar y gestionar las vulnerabilidades humanas. De este modo, la psicología de la aviación, en articulación con la medicina aeronáutica, proporciona un marco de referencia para comprender de qué manera las características del cuerpo humano deben integrarse en la concepción de sistemas seguros y sostenibles.

Capacidades y limitaciones emocionales

El componente emocional constituye una dimensión fundamental en el desempeño del piloto, ya que las emociones influyen en los procesos de percepción, atención, toma de decisiones y coordinación en equipo. A pesar de que la activación actual cuenta con tecnología de punta y procedimientos sumamente estandarizados, los pilotos siguen enfrentando una fuerte carga emocional en su labor. La presión por cumplir con ciertos horarios, la responsabilidad enorme de garantizar la vida de los pasajeros, la necesidad de coordinarse con los controladores y otros miembros de la tripulación y, sobre todo, mantener la calma en situaciones temibles, son parte de sus día a día. En este sentido, saber manejar las emociones no es solo deseable, sino también primordial para mantener la seguridad operacional.

El estrés excesivo en momentos cruciales de largas jornadas laborales puede tener un desencadenante negativo en la salud mental de los aviadores. Investigaciones realizadas con tripulaciones comerciales en América Latina demuestran que el trabajo constante en turnos irregulares y las responsabilidades extremas aumentan la aparición de síntomas relacionados con ansiedad, depresión y agotamiento profesional (*burnout*) (García-Herrero *et al.*, 2013). Este tipo de presión sostenida no solo afecta el bienestar emocional, sino que también aumenta los errores operacionales y disminuye la motivación.



En el entorno aeronáutico, la ansiedad puede surgir en muchos escenarios: desde la preocupación por el clima hasta el temor de fallas técnicas o emergencias. Si bien una cierta dosis de ansiedad resulta útil para mantener la alerta, niveles elevados interfieren con la capacidad de mantener la conciencia situacional y priorizar la información relevante.

Una revisión realizada en población española por Martínez *et al.* (2012) evidencia que la ansiedad intensa se relaciona con un bajo desempeño en tareas de atención excesiva, con mayor facilidad para distraerse, conclusiones que también se aplican en ambientes de alta exigencia, como s una cabina de vuelo. Por lo tanto, la regulación emocional constituye una competencia crítica. En esa medida, la preparación en simuladores fortalece las habilidades técnicas y expone al piloto a situaciones que producen respuestas emocionales plenas, con la finalidad de capacitar mecanismos de afrontamiento. Ahora bien, estos incorporan la reestructuración cognitiva, respiración controlada y el trabajo en equipo como un motor de asistencia emocional.

Por otro lado, la resiliencia psicológica se estructura como una herramienta defensora ante los eventos adversos. Así, pilotos con elevada resiliencia se recuperan más rápido después de sucesos riesgosos y conservan un rendimiento balanceado en escenarios de incertidumbre. Las instituciones de formación y las aerolíneas han iniciado por incorporar módulos gestión emocional y resiliencia como elementos centrales de los entrenamientos, lo que destaca el elemento emocional como parte indisoluble del aspecto técnico.

Las restricciones de tipo emocional no pueden erradicarse, debido a que forman parte de la naturaleza humana. No obstante, es posible administrarlas a través de entrenamientos orientados al fortalecimiento de la autorregulación, la implementación de protocolos institucionales que disminuyan la exposición a situaciones de estrés prolongado y la consolidación de culturas de seguridad que reconozcan la importancia del bienestar psicológico del aviador. De esta manera, la psicología de la aviación aporta no solo a la



reducción de errores vinculados con estados emocionales negativos, sino también al impulso de un rendimiento sostenible y centrado en la dimensión humana dentro de la actividad aérea.

Conclusiones

El análisis del piloto como ser humano revela que la seguridad aérea depende de la interacción dinámica entre capacidades y limitaciones sensoriales, cognitivas, fisiológicas y emocionales. Lejos de concebir al piloto como un ente infalible, la psicología aeronáutica demuestra que su desempeño está mediado por restricciones biológicas y psicológicas que deben ser reconocidas y gestionadas para evitar que se conviertan en factores de riesgo.

En el ámbito sensorial, los sentidos como la audición, la visión y el sistema vestibular aportan información crucial para la orientación y el control adecuado de la aeronave. No obstante, estos sistemas se ven afectados por situaciones como: el exceso de ruido, ilusiones perceptivas o desorientación espacial (Gibb *et al.*, 2011), lo cual hace indispensable una formación constante y el uso confiable de los instrumentos de vuelo por encima de las percepciones subjetivas.

Por su parte, las capacidades cognitivas le permiten al piloto interpretar información compleja y tomar decisiones en tiempo real. Sin embargo, estas habilidades también enfrentan limitaciones, como la capacidad reducida de la memoria de trabajo, la atención selectiva y la presencia de sesgos cognitivos que pueden comprometer la calidad de las decisiones en entornos operativos exigentes. La investigación muestra que, bajo alta carga mental y presión temporal, los pilotos son susceptibles a errores por omisión, rigidez en la toma de decisiones y complacencia hacia la automatización (Parasuraman y Manzey, 2010; Dehais *et al.*, 2020).

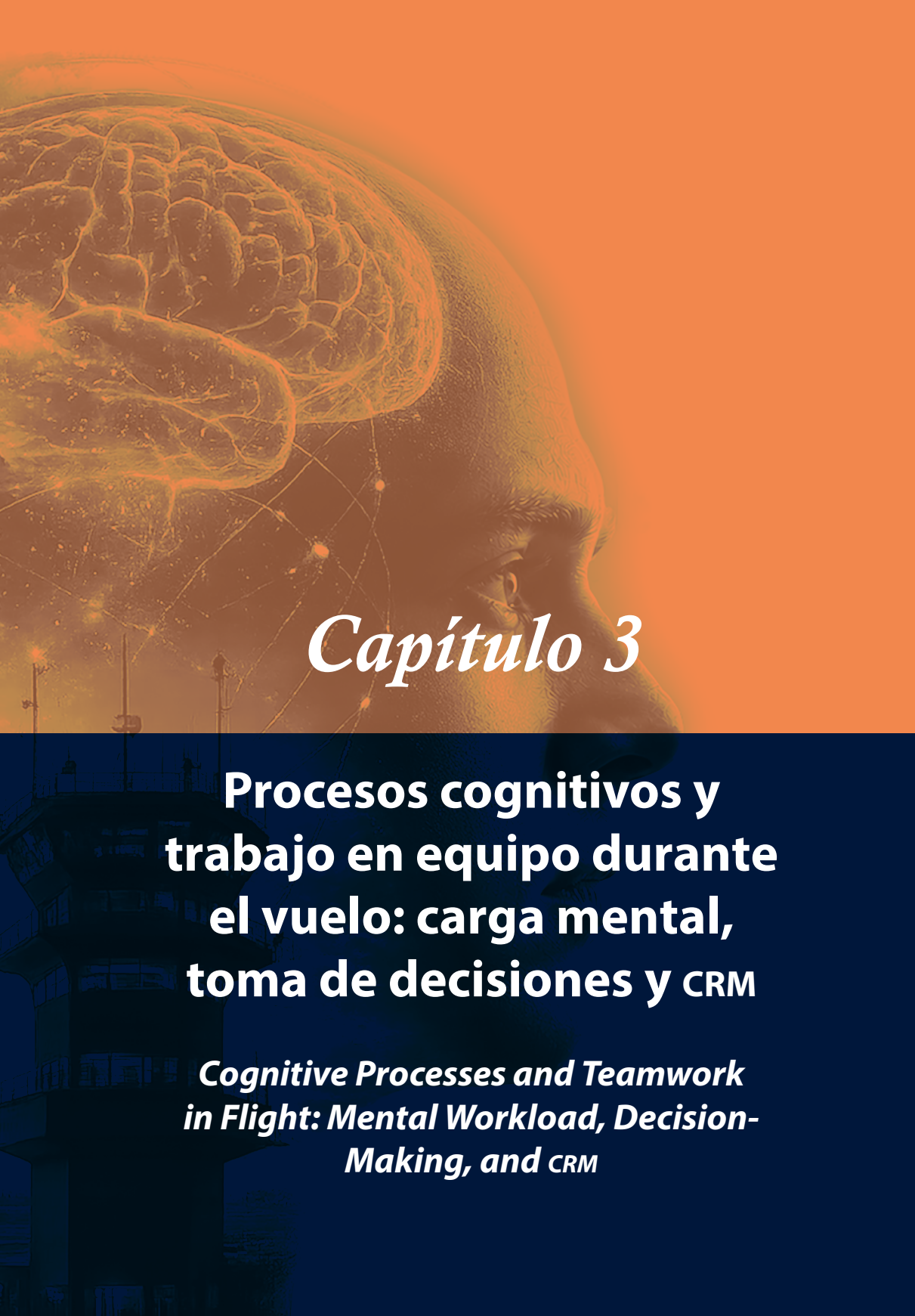
En el ámbito fisiológico, la fatiga, la hipoxia, las fuerzas G y la desincronización circadiana constituyen factores que reducen el rendimiento y amenazan la seguridad operacional. La fisiología humana



establece límites inevitables, pero estos pueden mitigarse con medidas como programas de gestión de la fatiga, entrenamientos en hipoxia y técnicas anti-G (Goel, *et al.*, 2013; Arendt, 2010).

Finalmente, el factor emocional agrega un aspecto crítico al rendimiento del piloto. En tal sentido, la ansiedad, el estrés y la injerencia por conseguir los propósitos operativos inciden en la capacidad cognitiva, en la atención y la coordinación con los tripulantes. No obstante, la resiliencia y la inteligencia emocional surgen como mecanismos defensores que robustecen el desempeño y el contrarresto en escenarios adversos (LeDoux, 2012).

En suma, este capítulo expone que el piloto no tiene que estimarse como un elemento frágil del sistema; por el contrario, es una pieza capital con unas facultades que pueden fortalecerse, y cuyas restricciones pueden compensarse a través de la preparación continua, el desarrollo tecnológico, la asistencia normativa y la cultura organizacional. Por ende, la psicología aeronáutica, al acoplar tales enfoques, aporta a convertir las vulnerabilidades humanas en alternativas para aprender y ser más resilientes. Así, subrayar la complejidad del piloto no representa solo una cuestión científica, sino también un requerimiento inexorable para mantener la seguridad operativa en la aviación actual.



Capítulo 3

Procesos cognitivos y trabajo en equipo durante el vuelo: carga mental, toma de decisiones y CRM

***Cognitive Processes and Teamwork
in Flight: Mental Workload, Decision-
Making, and CRM***



Introducción

La operación aérea se desarrolla en un entorno caracterizado por la complejidad, la incertidumbre y la necesidad de actuar bajo restricciones de tiempo. En este contexto, los procesos cognitivos del piloto son puestos a prueba de manera constante, ya que debe atender múltiples fuentes de información, anticipar amenazas y seleccionar respuestas adecuadas en condiciones de alta presión. De tal modo, dos eventos toman una pertinencia capital: la carga mental, comprendida como el grado de recursos cognitivos aplicados en la realización de funciones, y la toma de decisiones, asumida como la facultad para escoger entre oportunidades de acción en escenarios de peligro. Estos procesos se vinculan estrechamente y establecen, en gran medida, la seguridad operacional.

Ahora bien, la exigencia mental tiene muchas varianzas, pues tiene toques deseables, por el cual se beneficia el monitoreo, la seguridad y la eficacia, pero puede llegar a grados muy saturados que, por el contrario, afectan la memoria operativa, conllevando en omisiones y fallas graves (Young *et al.*, 2015). En la cabina, los momentos de vulnerabilidad ocurren en fases como el despegue, el aterrizaje o la gestión de emergencias, cuando la atención del piloto se debe distribuir en múltiples tareas, de forma simultánea. La automatización, aunque reduce la carga manual, introduce también demandas cognitivas, como la supervisión de sistemas y la necesidad de intervenir cuando ocurre una falla inesperada (Parasuraman y Manzey, 2010).



En relación con la toma de decisiones en aviación, esta se caracteriza por desenvolverse bajo incertidumbre, presión temporal y consecuencias con probabilidad de fatalidad. En esa medida, los pilotos acuden a procedimientos mentales y a mecanismos intuitivos cimentados en la experticia. Al respecto, Klein (2008) afirmó que en escenarios dinamizantes los expertos, por lo general, aplican el *Recognition-Primed Decision Model* (RPD), el cual posibilita detectar patrones familiares y responder de forma oportuna. Sin embargo, este mismo mecanismo puede inducir a errores cuando se enfrentan situaciones novedosas o cuando la carga mental interfiere con la capacidad de reconocer señales críticas.

La investigación en psicología aeronáutica y neuroergonomía ha mostrado que la combinación de alta carga mental, estrés y presión de tiempo genera un terreno propicio para sesgos cognitivos como la perseverancia en un plan equivocado, el sesgo de confirmación o la tendencia a simplificar decisiones complejas (Orasanu y Fischer, 1997). En consecuencia, tales fragilidades comprueban que la toma de decisiones en operación no se debe comprender como un proceso meramente racional, sino como un evento permeado por las restricciones mentales y emocionales de la persona.

Dicho esto, el capítulo en curso examina el vínculo entre la toma de decisiones y la carga mental en operación, al revisar el modo como los procedimientos cognitivos del piloto, se encuentran regulados por variantes internas (memoria, atención, emociones, experticia) y externos (automatización, entorno operativo, cultura organizacional). Del mismo modo, se discuten los enfoques teóricos y la evidencia empírica que han posibilitado entender tales fenómenos. Finalmente, se exponen las incidencias prácticas para el diseño de cabinas, el entrenamiento y la gestión de la seguridad operacional.

La carga mental en cabina

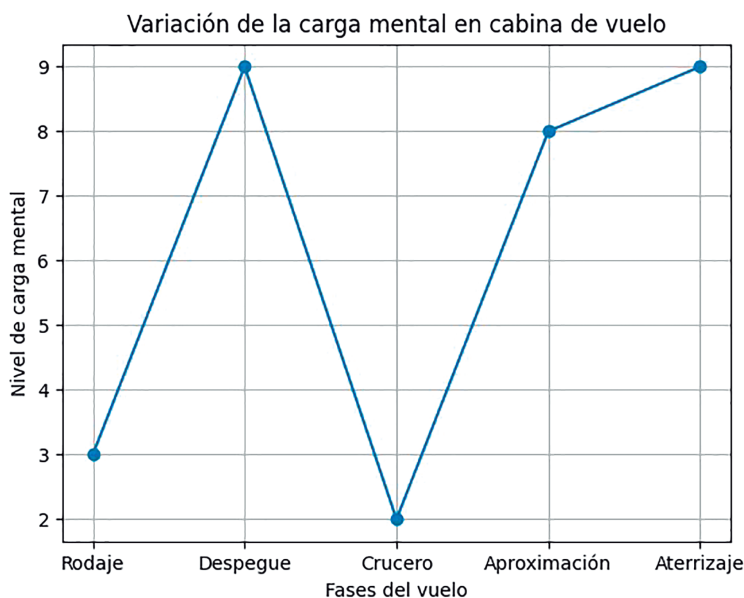
Por otro lado, la cabina de vuelo representa una elevada exigencia para la cognición humana, por lo tanto, el piloto está obligado a



incorporar datos de diversas fuentes y accionar adecuadamente ante condiciones fluctuantes (Hart y Staveland, 1988). Por ende, toda vez que las exigencias son equivalentes a las capacidades, se obtiene un rendimiento correcto; no obstante, cuando esta no es suficiente o es excesiva, se producen peligros para la seguridad operacional.

En términos prácticos, en aviación la carga mental no se presenta de manera lineal. En etapas de crucero, esta se sostiene en niveles bajos, lo que aumenta la amenaza de distracción. Por el contrario, en etapas críticas como el despegue, el aterrizaje o la gestión de emergencias, la carga resulta muy alta, llevando a sobrepasar los límites de la memoria y la atención selectiva (Hancock y Desmond, 2001). La anterior variabilidad, lleva a los pilotos a que acoplen sus recursos cognitivos, especialmente, al priorizar funciones y al emplear mecanismos de gestión del tiempo (figura 1).

Figura 1. Variación de la carga mental en cabina de vuelo



Fuente: elaboración propia.



Por lo anterior, se aplican medidas fisiológicas como la dilatación pupilar, la variabilidad de la frecuencia cardíaca y la actividad electroencefalográfica, las cuales posibilitan medir en directo la carga mental sin entorpecer las actividades correspondientes (Brookings *et al.*, 1996; Borghini *et al.*, 2014). En efecto, tales métodos posibilitaron la apertura de sistemas adaptativos que acoplan la automatización de la cabina de acuerdo con el nivel de carga del piloto, con el objeto de impedir tanto la sobrecarga como la subutilización de recursos cognitivos.

Cabe señalar que la incorporación de la automatización en la aviación comercial ha revolucionado la esencia de la carga mental. En primer lugar, ha mermado las funciones manuales y de rutina, lo que libera recursos para el diseño y el monitoreo. No obstante, ha incluido otras fuentes de carga mental, vinculadas con la monitorización de sistemas complicados, así como el interés de participar en escenarios de fallo. Empero, la indagación evidencia que los pilotos pueden desenvolver un gusto por la automatización, lo que disminuye el monitoreo activo e incrementa la probabilidad de fallas cuando la tecnología deja de funcionar repentinamente (Endsley y Kiris, 1995).

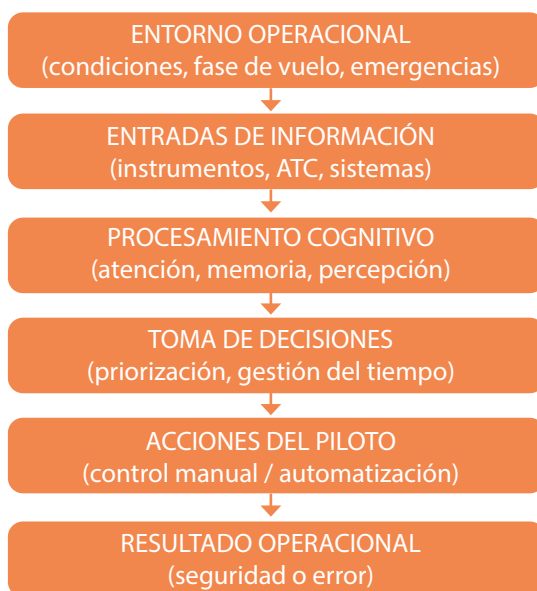
Ahora bien, tal evento se asocia con la denominada “ironía de la automatización” (Bainbridge, 1983), la cual expone que cuanto más seguro sea un sistema automático, más complejo es para el piloto identificar y sobrellevar un error cuando sucede. Para el ámbito de la carga mental, lo anterior supone que la automatización podría conducir a una sobrecarga —cuando los sistemas colapsan y el piloto asume diversas funciones súbitamente— y a una subcarga —esto es, cuando la participación humana se disminuye al mínimo, lo que genera tedio y se deja de estar alerta—.

Adicionalmente, sobrellevar la carga mental contiene incidencias explícitas en la seguridad operacional. Por ejemplo, el exceso de cargas recurrentes se vincula con fallas de omisión, ausencia de



conciencia situación y disminución en la capacidad de tomar decisiones efectivas (Hancock y Szalma, 2008). Por el contrario, niveles inferiores de carga se asocian con una tendencia significativa a la distracción, la complacencia y la disminución en la vigilancia de sistemas críticos (figura 2) .

Figura 2. Modelo dinámico de la carga mental del piloto en cabina de vuelo



Fuente: elaboración propia.

Con el fin de mitigar estas amenazas, las aerolíneas y los organismos internacionales impulsan diversas estrategias, entre ellas, la estandarización de procedimientos operativos, la capacitación en manejo de la carga de trabajo, el uso sistemático de listas de chequeo y el diseño de interfaces intuitivas. Además, los programas de entrenamiento en simuladores recrean escenarios de sobrecarga cognitiva, con el propósito de fortalecer la capacidad de los pilotos para establecer prioridades, mantener el control de la situación y tomar decisiones acertadas, incluso, bajo altos niveles de presión.



Origen y evolución del CRM

El concepto inicial del CRM fue impulsado por la NASA y varias aerolíneas estadounidenses, con el objetivo de entrenar a los pilotos en habilidades no técnicas. En su primera generación, el énfasis estuvo en la comunicación asertiva y en el liderazgo compartido dentro de la cabina. Posteriormente, las siguientes fases del CRM incorporaron dimensiones más amplias:

La segunda generación integró aspectos de dinámica de grupo, toma de decisiones y conciencia situacional. La tercera generación enfocó su mirada en el cuerpo operacional, es decir, hacia el área de mantenimiento, despachadores y tripulaciones de cabina. Las generaciones recientes han asociado el CRM con el SMS y el TEM, afianzándolo como una estrategia de organización más que individual.

El CRM establece un grupo de competencias no técnicas que complementan las habilidades de vuelo, las cuales son las siguientes:

- *Comunicación clara y estandarizada*: se promueve el uso de una fraseología precisa, la verificación cruzada, de instrucciones y comunicación efectiva de sucesos que afecten la operación.
- *Liderazgo y gestión compartida*: el capitán mantiene la autoridad final en la toma de decisiones, sin embargo, se fomenta un liderazgo participativo, en el que todos los miembros de la tripulación pueden aportar activamente.
- *Consciencia situacional compartida*: todos los miembros de la cabina deben mantener una comprensión unificada del estado de la aeronave, el entorno operativo y los riesgos que se puedan presentar, para responder de forma ideal ante cualquier eventualidad.
- *Gestión del error*: como se sabe muy bien, el error humano es inevitables, pero si se detecta a tiempo y se gestiona en equipo, sus efectos pueden lograr ser mitigados evitando cualquier consecuencia desfavorable.

**Tabla 1.** Pilares de la gestión de recursos de la tripulación (CRM)

Pilar	Descripción clave	Objetivo principal
Comunicación estandarizada	Uso de fraseología técnica y <i>read-back</i> (confirmación)	Eliminar la ambigüedad y las suposiciones
Liderazgo participativo	El capitán decide, pero la tripulación propone y cuestiona	Evitar el gradiente de autoridad excesivo que silencia al copiloto
Consciencia situacional	Comprensión compartida de: ¿qué pasa?, ¿por qué pasa?, ¿qué pasará después?	Anticiparse a las amenazas antes de que se conviertan en problemas
Gestión del error (TEM)	Detectar, capturar y mitigar el error antes de que afecte la seguridad	Aceptar la falibilidad humana y crear barreras de defensa

Nota: elaboración propia.

La investigación empírica ha dejado claro que el CRM contribuye en gran medida a mejorar la seguridad operacional. Muchos estudios extensos han encontrado que las tripulaciones que reciben entrenamiento en CRM muestran mejores niveles de coordinación, comunicación y manejo de conflictos, dentro de la cabina (O'Connor *et al.*, 2018).

En países como España y regiones de América Latina, varias aerolíneas han adaptado los programas de CRM a sus contextos culturales, debido a que las diferencias de estilos de comunicación y las relaciones jerárquicas inciden en la forma en que se implementan. Dichas adaptaciones han mostrado buenos resultados, especialmente, al promover que los copilotos sientan mayor libertad para cuestionar decisiones y fomentar entornos laborales mucho más colaborativos en cabina.

El CRM trabaja como un puente entre el pensamiento individual de cada piloto y el desempeño colectivo de toda la tripulación. En cuanto a esta sobrecarga mental, permite repartir las tareas de manera equilibrada entre los miembros de la tripulación, lo que evita que solo un piloto lleve toda la carga. De igual forma, ante posibles



errores en la toma de decisiones, el CRM fomenta estrategias como la verificación cruzada y la comunicación asertiva, para detectar fallos antes de que estos puedan afectar la operación. En consecuencia, el CRM no solo es un conjunto de habilidades conductuales, sino también un sistema pensado para transformar las limitaciones humanas en fortaleza para todo el equipo.

Conclusiones

El análisis de los procesos cognitivos y del trabajo en equipo en la aviación muestra que la seguridad operacional depende de un equilibrio frágil entre las capacidades individuales del piloto y las dinámicas colectivas de la tripulación. La carga mental, como variable central, puede actuar tanto como facilitadora del rendimiento cuando se mantiene en niveles óptimos, como un factor de riesgo cuando excede las capacidades cognitivas o, por el contrario, se encuentra por debajo de lo necesario, lo que genera pérdida de alerta y complacencia (Young *et al.*, 2015). Al respecto, los hechos empíricos señalan que el exceso de carga mental se vincula con pérdida de conciencia situacional, omisiones y fallas graves en etapas como el aterrizaje y el despegue; en cambio, la subcarga se asocia con una vigilancia deteriorada y distracción (Hancock y Szalma, 2008).

Aunado a esto, la toma de decisiones en vuelo es un cimiento importante para el rendimiento, la cual se distingue por el interés de proceder bajo incertidumbre, presión temporal y consecuencias potencialmente fatales. Esto trasciende el uso racional, al modularse por la experiencia, la presión organizacional y los sesgos cognitivos. Al respecto, el modelo RPD expone cómo los pilotos expertos acuden a patrones previos para atender con celeridad, aunque esta estrategia puede llevar a fallas en situaciones novedosas (Klein, 2008). Igualmente, se destaca que este factor de decisión debe comprenderse en clave organizacional y cultural, dado que estos



componentes inciden en la actitud del piloto a rechazar o aceptar los peligros.

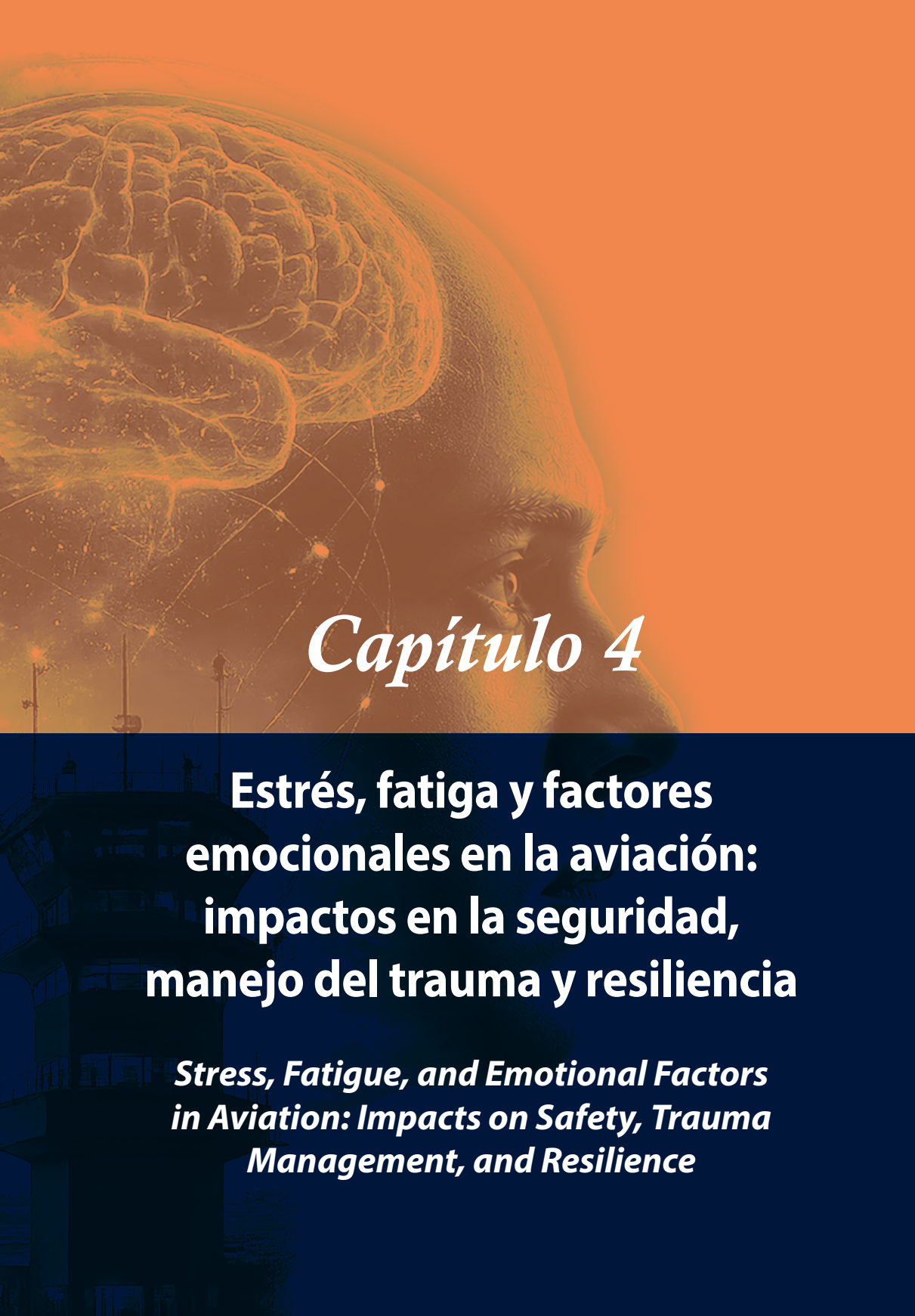
A la luz de lo señalado, los sesgos cognitivos suponen fragilidades sistemáticas que malogran la optimización del juicio. En esa medida, el anclaje, el sesgo de confirmación y el fenómeno de *get-there-itis* ilustran cómo la presión de la operación y del escenario podría nublar el razonamiento (Wiegmann y Shappell, 2003; García-Herrero *et al.*, 2013). Si bien los sesgos no se pueden evitar, se pueden reducir a través de programas de ADM y por medio de simuladores, donde se capacite a los pilotos a identificar signos tempranos de fallas y emplear pausas cognitivas.

Paralelamente, el CRM surge como una fuerte herramienta que convierte las limitaciones individuales en fortalezas colectivas. Cuando se integran de manera formal competencias no técnicas (el liderazgo compartido, la comunicación efectiva, la verificación cruzada, la convivencia situacional y la gestión de la falla), el CRM demuestra ser realmente útil para reducir incidentes y promover una cultura de colaboración activa dentro de la cabina (O'Connor *et al.*, 2008). El acoplamiento en escenarios de Hispanoamérica expone la eficacia del CRM toda vez que se acomoda a estilos culturales y jerárquicos del territorio. En tal sentido, su valor consiste en que enlaza los procesos cognitivos individuales con la seguridad del sistema, lo que transforma la cabina en un lugar de aprendizaje y reducción de fallas.

En síntesis, este capítulo evidencia que la seguridad en vuelo no depende únicamente de las destrezas técnicas del piloto, sino de la capacidad de gestionar su carga cognitiva, tomar decisiones ajustadas al riesgo y trabajar de manera coordinada con la tripulación. Por ende, la incorporación de tales factores mediante programas de simulación, capacitación y cultura organizacional comprueba que las limitaciones humanas no se tienen que comprender como errores inexorables, sino como posibilidades de gestión y diseño. En esa medida, la psicología aeronáutica se justifica tanto por



los procesos mentales bajo presión como por los instrumentos particulares que proporciona, los cuales impulsan el desempeño colectivo e individual en un contexto de numerosos riesgos y complejidades.



Capítulo 4

Estrés, fatiga y factores emocionales en la aviación: impactos en la seguridad, manejo del trauma y resiliencia

***Stress, Fatigue, and Emotional Factors
in Aviation: Impacts on Safety, Trauma
Management, and Resilience***



Introducción

La aviación contemporánea, aunque sustentada en tecnologías avanzadas y rigurosos marcos normativos, sigue dependiendo, en gran medida, de la estabilidad psicológica y fisiológica de sus tripulaciones. Entre los factores humanos que más inciden en la seguridad operacional se encuentran el estrés, la fatiga y los factores emocionales, variables que interactúan con los procesos cognitivos y con el desempeño técnico de los pilotos y demás actores del sistema aeronáutico. Estos elementos no solo afectan la atención, la memoria o la toma de decisiones, sino que también condicionan la capacidad de adaptación y de respuesta frente a situaciones críticas.

El estrés agudo puede, en niveles moderados, potenciar el rendimiento al incrementar la activación fisiológica, pero cuando excede la capacidad de afrontamiento deteriora la flexibilidad cognitiva y promueve respuestas automáticas menos adaptativas (LeDoux, 2012). En relación con el estrés crónico, consecuencia de jornadas largas, presiones organizacionales y turnos no regulares, este se vincula con síntomas de depresión, burnout y ansiedad, lo que incide negativamente en la salud psicológica de la persona y en la seguridad operacional (García-Herrero *et al.*, 2013).

Por otro lado, el agotamiento es un aspecto con notable documentación en la literatura aeronáutica. En tal sentido, la fatiga se expresa



en problemas para sostener la atención, atrasos en los tiempos de respuesta y menoscabo de la coordinación motriz, aumentando la probabilidad de fallas contenidas. Por su parte, Caldwell *et al.* (2009) subrayaron que hasta en lapsos cortos de privación de sueño, el desgaste mental puede ser notable, sobre todo, en funciones de alto alcance o con horarios rotativos. Tal amenaza se agrava por la desincronización circadiana que experimentan las tripulaciones en vuelos transmeridianos, donde el jet lag altera la calidad del sueño y la regulación fisiológica (Arendt, 2010).

Por encima de los aspectos biológicos y cognitivos, las dimensiones afectivas incrementan la complejidad del rendimiento del aviador. Sentimientos como el temor, la inquietud o la presión por mantener horarios establecidos pueden alterar la valoración del peligro y condicionar la elección de acciones. De igual manera, la vivencia de situaciones críticas (como contingencias en pleno vuelo, incidentes serios o siniestros aéreos) puede dejar consecuencias emocionales que, si no se atienden oportunamente, ponen en riesgo tanto la seguridad futura como la salud psicológica de las tripulaciones (Stokes y Kite, 2017). En este marco, la capacidad de resiliencia mental y la gestión de las emociones aparecen como herramientas protectoras que facilitan la recuperación y permiten conservar un desempeño equilibrado aun en contextos adversos.

En ese sentido, este capítulo examina cómo la fatiga, el estrés y los componentes emocionales inciden en la seguridad operativa; asimismo, observar cómo la psicología aeronáutica proporciona instrumentos de valoración, intervención y prevención. Por otro lado, se revisan los programas de gestión del agotamiento, los entrenamientos en regulación emocional y resiliencia, así como las estrategias de asistencia psicosocial. A través de esto, se propone señalar que la seguridad no solo está en función del control técnico de la máquina, sino también de la facultad humana para sobrellevar las presiones emocionales y físicas que se experimentan en el vuelo.



Estrés en la aviación

El estrés constituye una de las variables psicológicas más influyentes en el desempeño de las tripulaciones aéreas, debido a que actúa como modulador de los procesos atencionales, de la memoria y de la toma de decisiones.

En el entorno aeronáutico, el estrés puede presentarse de dos formas: aguda y crónica. El estrés agudo surge cuando los pilotos enfrentan situaciones inesperadas que exigen respuestas rápidas y precisas, lo que genera un aumento temporal en la activación física y mental. Esta respuesta, puede ser útil para mantener la concentración y reaccionar con rapidez. Sin embargo, cuando la intensidad es excesiva, se convierte en algo contraproducente. Pues, en estos casos se reduce la flexibilidad cognitiva y disminuye la capacidad de respuesta (Hockey, 1997). En cabina, esto puede llevar a errores por insistencia en una acción ineficaz, especialmente, durante emergencias, cuando es fundamental evaluar opciones.

El estrés crónico, por otro lado, aparece cuando el piloto se ve expuesto a ciertas condiciones, como turnos prolongados, presión operativa y exigencias laborales sostenidas. Este tipo de estrés es un riesgo para la seguridad operacional, pero también para la salud mental. El estrés crónico en pilotos lleva a crear síntomas como ansiedad, depresión y agotamiento emocional, lo cual impacta de forma negativa en su motivación, en el ambiente de trabajo y en su capacidad para mantener la atención durante largos periodos (Martínez-Córcoles y Stephanou, 2017).

La interacción entre estrés y rendimiento ha sido ampliamente estudiada desde el modelo de la U invertida de Yerkes y Dodson (1908), quienes plantean que niveles moderados de activación favorecen el desempeño, mientras que niveles demasiado bajos o altos lo deterioran. En aviación, tal prospecto permite explicar el motivo de cómo los niveles de presión optimizan la vigilancia, así como por qué la cantidad de exigencias fisiológicas, cognitivas o emocionales lleva a errores.



Un aspecto relevante del estrés en el ámbito aeronáutico es su estrecha relación con la seguridad operacional. Investigaciones realizadas en contextos reales han demostrado que, bajo condiciones de alta presión como mal clima o limitaciones de tiempo, los pilotos tienden a tomar decisiones más arriesgadas, reducir el tiempo dedicado a la verificación cruzada o incluso omitir ciertos procedimientos estandarizados. Estas conductas, aunque muchas veces involuntarias, aumentan de forma significativa la probabilidad de incidentes. Por eso, la gestión del estrés se ha convertido en un objetivo central tanto en los programas de entrenamiento como en las políticas de salud ocupacional adoptadas por aerolíneas en todo el mundo.

La mitigación del estrés en aviación incluye intervenciones en distintos niveles:

- *Individual*: entrenamiento en técnicas de relajación, respiración y autorregulación emocional
- *De equipo*: liderazgo compartido, comunicación asertiva, redes de apoyo
- *Organizacional*: políticas de bienestar laboral, cultura organizacional justa, reducción de presión externa e interna.

En conjunto, el estrés en aviación debe entenderse como una variable inevitable, pero gestionable. La psicología aeronáutica contribuye a reconocer sus manifestaciones, evaluar sus efectos y diseñar estrategias que permitan transformar un riesgo latente en una oportunidad de fortalecer la resiliencia de pilotos y equipos de trabajo.

La fatiga en la aviación

La fatiga es reconocida como uno de los factores humanos más críticos en la aviación, pues afecta de manera directa la vigilancia, el tiempo de reacción, la memoria de trabajo y la capacidad



de tomar decisiones seguras. A diferencia del estrés, que puede tener un componente adaptativo en niveles moderados, la fatiga constituye una degradación progresiva del rendimiento que no aporta beneficios funcionales. Sus causas son múltiples: horarios prolongados, interrupción del sueño, trabajo en turnos nocturnos, desajuste circadiano, condiciones ambientales de la cabina y demandas operacionales acumulativas.

Por otro lado, los efectos de este fenómeno se han registrado tanto en la aviación militar como comercial. En tal sentido, Rosekind *et al.* (2000) expusieron que los pilotos expuestos a vuelos de extenso recorrido expresaban reducción notoria en la facultad de atención y en la exactitud de funciones críticas. Indagaciones más recientes indicaron que el agotamiento también compromete la moderación emocional, al incrementar la probabilidad de respuestas impulsivas en escenarios de riesgo (Van Dongen y Dinges, 2005).

La sensación de cansancio se intensifica cuando se modifican los ciclos circadianos. Los desplazamientos que cruzan múltiples husos horarios ocasionan el fenómeno denominado desfase horario, en tanto que las labores nocturnas o con rotación de turnos inducen un proceso de desajuste fisiológico que afecta negativamente la calidad del descanso. Samel *et al.* (1995) registraron que, aun después de varios días de habituación, las dotaciones que operaban en horario nocturno continuaban presentando mayores índices de somnolencia y equivocaciones en la ejecución de tareas. Dichos resultados demuestran que la restauración del organismo no depende únicamente de la extensión del sueño, sino también de su sincronía con los relojes biológicos internos.

En el ámbito operativo, el agotamiento se ha vinculado con una gran cantidad de incidentes y siniestros en la aviación. Petrilli *et al.* (2006), a partir de un estudio de la Australian Transport Safety Bureau, identificaron que en más del 20% de los percances analizados la fatiga de los miembros de la tripulación figuraba como un elemento coadyuvante. Este tipo de hallazgos ha favorecido el desarrollo de programas de control del cansancio (*Fatigue Risk*



Management Systems, FRMS), implementados por compañías aéreas y organismos reguladores internacionales como un refuerzo a las restricciones convencionales de tiempo de vuelo.

Los programas de gestión de la fatiga incluyen medidas de prevención, detección y mitigación. Por ejemplo, la programación de horarios compatibles con los ritmos circadianos, la educación en higiene del sueño y el monitoreo fisiológico o conductual de la fatiga en tiempo real. Además, el entrenamiento en simuladores brinda la oportunidad de exponer a los pilotos a situaciones de operación bajo condiciones de fatiga, con el propósito de generar conciencia sobre sus efectos y promover el uso de estrategias compensatorias.

La psicología aeronáutica aporta aquí modelos de evaluación y herramientas de intervención que permiten comprender cómo la fatiga degrada las capacidades humanas y cómo, mediante medidas adecuadas, es posible contener sus efectos y proteger la seguridad operacional.

Factores emocionales en la aviación

El componente emocional desempeña un papel determinante en el rendimiento de las tripulaciones aéreas, ya que afecta la capacidad de atención, la percepción del riesgo, la toma de decisiones y la interacción en equipo. A diferencia de la fatiga o el estrés, que suelen analizarse desde una perspectiva fisiológica y organizacional, los factores emocionales incluyen dimensiones subjetivas y sociales que pueden potenciar o limitar el desempeño humano en vuelo.

La ansiedad es uno de los fenómenos más frecuentes en la aviación. En dosis moderadas puede ser funcional, ya que incrementa la vigilancia y la atención sostenida. Sin embargo, cuando se presenta en niveles elevados, afecta la discriminación de estímulos relevantes y promueve la sobre-reacción frente a señales ambiguas (Martínez *et al.*, 2012). Aunado a lo anterior, el temor en aviación, por lo general, aparece en escenarios críticos, como turbulencias intensas,



problemas técnicos o estados climáticos adversos. Aunque esto hace parte de las reacciones adaptativas de la fisiología, esto puede conducir a un bloque mental o comportamientos de evitación. En muestras conformadas por pilotos en España se ha señalado que el temor no manejado correctamente aumenta la probabilidad de fallas por omisión en la efectuación de procedimientos (Salanova y Schaufeli, 2009).

Del mismo modo, exponerse a fenómenos traumáticos, como siniestros aéreos e incidentes significativos, produce, por lo general, trastornos psicológicos de naturaleza postraumática. En tal sentido, los tripulantes que padecen estas experiencias manifiestan síntomas como la hipervigilancia o la evitación, lo que afecta el rendimiento y la integridad en la operación. Por eso, es necesario la asistencia psicológica, que debe ir de la mano con programas de seguridad operacional, así como de seguridad y salud en el trabajo, para así lograr un tratamiento ante el trauma.

En este sentido, la resiliencia se presenta como una capacidad importante de formar y mantener; asimismo, es entendida como la habilidad para adaptarse a situaciones adversas y mantener un desempeño adecuado, incluso, tras experiencias demandantes. La inclusión de módulos de inteligencia emocional y resiliencia en los programas de entrenamiento de pilotos y tripulantes refleja el reconocimiento creciente de que el componente emocional es inseparable del técnico. Así, la gestión de emociones como la ansiedad, el miedo o el trauma no solo previene errores operacionales, sino que también promueve la sostenibilidad psicológica y la seguridad a largo plazo en la aviación.

Conclusiones

El análisis del estrés, la fatiga y los factores emocionales en la aviación muestra que estos elementos constituyen dimensiones críticas de los factores humanos y, por lo tanto, determinantes en la seguridad operacional. Lejos de ser fenómenos aislados, se interrelacionan

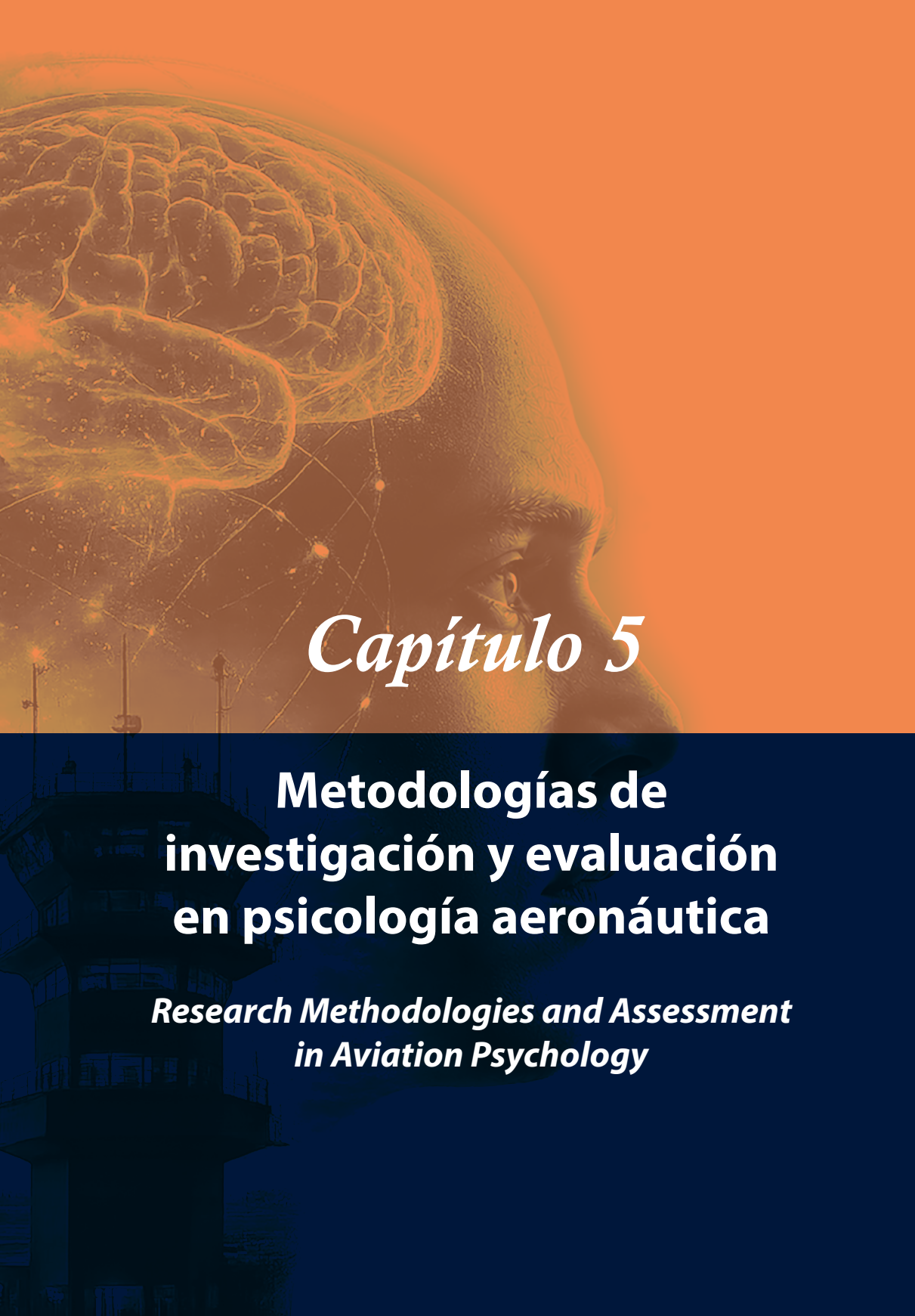


de manera dinámica: el estrés sostenido favorece la aparición de fatiga, la fatiga incrementa la vulnerabilidad emocional y, a su vez, las emociones mal reguladas potencian los efectos negativos del estrés y del cansancio acumulado. En tal sentido, esta esfera podría menoscabar la facultad de la memoria de trabajo, la atención y la toma de decisiones, lo que incrementa la amenaza de fallas en cabina.

Adicionalmente, el estrés en niveles moderados puede ser adaptativo, dado que fomenta la competencia de atención y la activación del organismo. Sin embargo, toda vez que se eleva a niveles excesivos o se cronifica en términos temporales, la capacidad cognitiva se compromete y se disminuye la respuesta del piloto para examinar posibilidades, lo que aumenta la tendencia a cometer errores.

No obstante, la fatiga representa un envejecimiento frecuente en el desempeño orgánico, asociado con la pérdida de sueño y la afectación de los ritmos circadianos. Sobre esta situación, muchos estudios han afirmado que sus afectaciones van desde el retraso de los tiempos de respuesta hasta la ausencia de conciencia situacional, con consecuencias evidentes en situaciones de urgencias y actividades de gran alcance. Los aspectos emocionales agregan un efecto subjetivo e interpersonal.

En este sentido, estos eventos dejan en evidencia que la seguridad en la aviación no depende de las habilidades técnicas del piloto o de la tripulación, sino que también se ve influida por la inteligencia emocional, el control del estrés y del cansancio. De acuerdo con lo anterior, la psicología aeronáutica se vuelve importante, pues permite comprender mejor estos factores humanos y reducir los riesgos asociados para la operación aérea. A través de ella, se han desarrollado estrategias que van desde el entrenamiento en autorregulación emocional y resiliencia, hasta la implementación de sistemas para gestionar la fatiga y promover el bienestar dentro de las organizaciones.



Capítulo 5

Metodologías de investigación y evaluación en psicología aeronáutica

*Research Methodologies and Assessment
in Aviation Psychology*



Introducción

El desarrollo de la psicología aeronáutica como disciplina aplicada no puede comprenderse sin el respaldo de metodologías de investigación que permitan analizar con rigor científico los procesos cognitivos, emocionales y organizacionales involucrados en la aviación. A diferencia de otras áreas de la psicología, el contexto aeronáutico presenta condiciones singulares: alto riesgo, operaciones críticas en tiempo real y regulaciones estrictas, las cuales exigen que la evidencia científica se traduzca en protocolos y entrenamientos aplicables.

Por eso, en este campo se emplean métodos que integran herramientas experimentales, simuladoras de vuelo, auditorías de operaciones reales, mediciones psicofisiológicas y estudios organizacionales. Así, se crea un enfoque interdisciplinario que une la psicología con la ingeniería, la ergonomía y la gestión de la seguridad operacional (Helmreich y Merritt, 2001; Maurino *et al.*, 2017).

Los simuladores de vuelo se han convertido en una de las plataformas más importantes para la investigación, ya que permiten recrear escenarios complejos en un ambiente controlado y seguro. Estos entornos han sido fundamentales para estudiar fenómenos como la carga mental, la conciencia situacional y la toma de decisiones bajo presión, además de ofrecer un espacio idóneo para la validación de programas de entrenamiento (Salas *et al.*, 2001). A su



vez, la psicología aeronáutica se ha beneficiado del desarrollo de auditorías de seguridad en línea, como el Line Operations Safety Audit (LOSA) y el programa de monitoreo de datos de vuelo, como el Flight Operations Quality Assurance (FOQA), que permiten observar el comportamiento real de las tripulaciones en operaciones normales y extraer patrones de riesgo asociados a factores humanos (Klinec *et al.*, 2003).

Durante algunos años, la aplicación de la neuroergonomía ha ensanchado los márgenes de estudio, al acoplar lineamientos psicofisiológicos como la variabilidad de la frecuencia cardíaca, la dilatación pupilar o la EEG, con el fin de valorar en directo el volumen de trabajo y la capacidad de alerta de los pilotos. Así, tales estrategias brindan una conectividad entre la práctica operativa y la neurociencia, lo que beneficia la elaboración de cabinas adaptativas que reaccionen adecuadamente al estado cognitivo del operador (Borghini *et al.*, 2014). Asimismo, en el campo organización, el empleo de entrevistas, encuestas y el análisis cualitativo ha posibilitado examinar factores como el clima organizacional, la cultura de seguridad y la percepción de la amenaza en academias y aerolíneas.

La combinación de enfoques cuantitativos y cualitativos refleja la necesidad de abordar la aviación como un sistema sociotécnico, en el que los errores individuales se comprenden como manifestaciones de dinámicas organizacionales más amplias. De esta manera, la investigación en psicología aeronáutica no solo describe procesos psicológicos, sino que también contribuye a diseñar intervenciones aplicables en los ámbitos normativo, tecnológico y de entrenamiento. En consecuencia, este capítulo tiene como propósito presentar los principales métodos de investigación y evaluación en psicología aeronáutica, destacando sus aportes, limitaciones y aplicaciones para la seguridad operacional.



Simuladores de vuelo como laboratorio psicológico

Los simuladores de vuelo constituyen una de las herramientas metodológicas más valiosas en la investigación y formación en psicología aeronáutica. Estos dispositivos permiten recrear con un alto grado de realismo las condiciones operacionales de la cabina, proporcionando un entorno seguro donde es posible estudiar fenómenos psicológicos complejos, evaluar competencias y entrenar procedimientos sin los riesgos asociados a la operación real. De tal modo, acatan una operación conjunta: en primer lugar, fungen como escenarios experimentales que posibilitan manejar variables y simular espacios críticos; en segundo lugar, también son plataformas pedagógicas que permiten el conocimiento experiencia de los pilotos (Salas *et al.*, 2001).

A través del enfoque de este estudio, los simuladores brindan la posibilidad de valorar los procesos cognitivos como la conciencia situacional, la atención y la toma de decisiones en escenarios con elevada carga mental. Al tratarse de medios replicables, los investigadores están en la capacidad de operar componentes concretos —como problemas técnicos, sobrellevar las condiciones climáticas y las complicaciones en la comunicación— y examinar cómo los pilotos reaccionan ante situaciones controladas. En esa medida, lo anterior es capital para establecer patrones de fallas, testear intervenciones de entrenamiento y certificar aparatos teóricos en torno al rendimiento humano en escenarios cambiantes (Endsley, 1995).

En la evaluación, los simuladores no solo permiten evaluar las habilidades técnicas, sino también aspectos como la comunicación, la coordinación del trabajo y la capacidad para resolver problemas en equipo, brindando una perspectiva completa de las competencias en factores humanos (Salas *et al.*, 2006).

Adicionalmente, el empleo de simuladores resulta capital en las investigaciones de emergencias no ordinarias, esto es, las que muy poco se pueden realizar en vuelos reales debido al peligro que



representan. La investigación muestra que la exposición repetida a este tipo de escenarios en simuladores fortalece la capacidad de los pilotos para reconocer señales tempranas de fallo, aplicar listas de verificación y mantener la calma bajo presión.

En este sentido, la simulación permite fortalecer la memoria procedimental y a reducir los errores en escenarios complejos. El uso de simuladores cada vez ha tenido un notable crecimiento, tanto en academias de formación como en las aerolíneas comerciales. Las inversiones en simuladores de última generación responden a las recomendaciones de la OACI y de autoridades nacionales, como la Aeronáutica Civil de Colombia, que a través de la Reglamentación Aeronáutica Colombiana (RAC) exige la formación continua de pilotos en dispositivos de simulación certificados. En consecuencia, esta predominancia representa el reconocimiento, a nivel regional, de que la indagación y la capacitación en escenarios simulados resultan capitales para acatar lineamientos internacionales de seguridad (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2020).

En suma, los simuladores de vuelo son un enlace entre los fundamentos teóricos y la práctica, dado que posibilitan que los estudios en psicología aeronáutica representen optimizaciones en la educación y en la seguridad operativa. Por consiguiente, su importancia consiste en la facultad de replicar los elementos cognitivos y emocionales que experimentan los pilotos en entornos de alto riesgo.

Auditorías de seguridad operacional: LOSA y FOQA

Las auditorías de seguridad operacional constituyen otro de los pilares metodológicos de la psicología aeronáutica aplicada. A diferencia de los experimentos controlados en simuladores, estas auditorías se realizan en entornos reales de operación, permitiendo observar directamente cómo interactúan los pilotos con la cabina, la automatización, el entorno y la organización. El valor de estas metodologías está en que nos permiten entender cómo se desempeña el factor humano en situaciones reales, en las que influyen muchos



elementos del contexto, como la presión del tiempo, la fatiga, la cultura dentro de la cabina y el ambiente organizacional. Por ejemplo, el Line Operations Safety Audit (LOSA) y el Flight Operations Quality Assurance (FOQA), que son reconocidos como programas clave para detectar riesgos y mejorar la seguridad en las operaciones aéreas (ICAO, 2013/2016).

El LOSA se basa en observadores especializados que acompañan a la tripulación para registrar amenazas, errores y las estrategias que usan para manejar esos retos (Klinect *et al.*, 2003). La idea no es evaluar ni sancionar a los pilotos, sino recoger información real y confiable sobre cómo enfrentan las situaciones diarias. Al analizar los datos de muchos vuelos, se pueden identificar patrones y puntos débiles que se repiten, como problemas en la comunicación con el control de tráfico aéreo, dificultades para manejar la carga de trabajo o la tendencia a subestimar condiciones complejas. Esto ayuda a mejorar la seguridad de manera continua y práctica.

Por su parte, el FOQA se basa en la recopilación automática de datos de vuelo registrados por los sistemas de la aeronave. Estos datos incluyen parámetros como altitud, velocidad, configuración de flaps, consumo de combustible y trayectorias de aproximación. Al analizarse con herramientas estadísticas y de minería de datos, ofrecen información precisa sobre desviaciones con respecto a los procedimientos estándar y sobre tendencias que podrían convertirse en riesgos operacionales si no se corrigen oportunamente (Stolzer *et al.*, 2016).

La combinación de LOSA y FOQA fortalece mucho la capacidad de las organizaciones para crear un sistema de seguridad basado en hechos y datos reales. Mientras que LOSA aporta la parte cualitativa —como la observación de las actitudes, la comunicación, la coordinación y cómo se maneja el error—, FOQA ofrece la parte cuantitativa, con datos objetivos sobre el desempeño técnico y las desviaciones operativas. Juntos, estos programas permiten analizar de manera completa tanto los aspectos humanos como los técnicos en la operación aérea.



Un punto clave para que estas metodologías funcionen bien es que se necesita una cultura justa dentro de la organización. Si los pilotos sienten que la información recogida en LOSA o FOQA se va a usar para castigar, la calidad y la confiabilidad de los datos disminuye mucho. Por eso, organismos como la OACI y la FAA insisten en que estos programas se deben implementar en un ambiente de confidencialidad, aprendizaje continuo y mejora constante, donde lo más importante sea la seguridad y no la sanción (FAA, 2016).

Neuroergonomía y medidas psicofisiológicas

La neuroergonomía se ha consolidado en los últimos años como un campo emergente que aporta herramientas innovadoras al estudio de los factores humanos en la aviación. Su objetivo es comprender cómo los procesos cerebrales y fisiológicos se relacionan con el desempeño en contextos reales de trabajo, mediante la integración de técnicas de neurociencia y ergonomía (Parasuraman y Rizzo, 2008). En el caso de los pilotos, estas metodologías permiten medir variables como la carga mental, la atención, el estrés o la fatiga, sin interrumpir el desarrollo de la tarea.

Entre las medidas psicofisiológicas más utilizadas destacan la electroencefalografía (EEG), la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC), la dilatación pupilar y la actividad electrodérmica. Cada una de ellas aporta información complementaria sobre el estado cognitivo y emocional del piloto. La EEG, por ejemplo, es una herramienta que nos ayuda a identificar patrones en la actividad cerebral relacionados con la atención continua o con estados de somnolencia (Borghini *et al.*, 2014). La variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) es un indicador que refleja el equilibrio entre las respuestas simpáticas y parasimpáticas del cuerpo y se relaciona con la capacidad para manejar el estrés. Por otro lado, la dilatación de la pupila, que se mide con dispositivos de seguimiento ocular (*eye-tracking*), muestra cambios en la carga mental, mientras que la actividad electrodérmica



mica aporta información sobre la activación emocional y el nivel de alerta fisiológica (Brookings *et al.*, 1996).

Estas técnicas han probado ser útiles en el estudio de la carga mental. Por ejemplo, Dehais *et al.* (2020) demostraron que combinar la electroencefalografía con mediciones pupilares permite detectar a tiempo la ceguera atencional en pilotos, especialmente, cuando no logran percibir estímulos importantes, aunque estén presentes en el entorno.

Otra área en desarrollo es el uso de interfaces adaptativas basadas en neuroergonomía; estos sistemas incorporan sensores en la cabina y modifican automáticamente el nivel de automatización o la forma como se presenta la información, según el estado del piloto. Por ejemplo, si la EEG detecta fatiga elevada, el sistema puede disminuir las tareas secundarias, destacar las alertas más importantes y simplificar el manejo de los instrumentos (Fairclough y Lotte, 2020).

No obstante, es claro que implementar la neuroergonomía no está exento de retos. Las limitaciones tecnológicas, el costo de los equipos y la dificultad de medir estas variables durante vuelos reales son obstáculos importantes. Sin embargo, la tendencia global apunta a que, con la integración progresiva de sensores no invasivos y dispositivos portátiles, estas barreras se superarán en el corto y mediano plazo (Ayaz y Dehais, 2019).

La neuroergonomía y las medidas psicofisiológicas representan una evolución clave para la psicología aeronáutica. No solo nos permiten entender mejor los estados internos del piloto, sino que también abren la puerta a diseñar cabinas que se adapten dinámicamente a sus capacidades y limitaciones. Así, avanzamos hacia una aviación más segura, en la que la tecnología no reemplaza al piloto, sino que se adapta para potenciar su rendimiento y reducir sus vulnerabilidades.



Evaluación de programas de entrenamiento y competencias no técnicas (CRM, TEM, ADM)

El entrenamiento en competencias no técnicas se ha consolidado como un eje central en la psicología aeronáutica aplicada. Aunque durante décadas la formación de pilotos se centró en habilidades técnicas y conocimientos de aeronave, la evidencia mostró que numerosos accidentes tenían como causas subyacentes deficiencias en la comunicación, el liderazgo, la gestión de recursos y la toma de decisiones en equipo. A partir de esta realidad, se desarrollaron programas como el Crew Resource Management (CRM), el Threat and Error Management (TEM) y el Aeronautical Decision Making (ADM), que hoy en día son parte esencial de la formación y recertificación de las tripulaciones en la mayoría de los países (Helmreich *et al.*, 1999; ICAO, 2013/2016).

Evaluar la efectividad de estos programas es todo un reto, porque no solo se trata de medir cuánto conocimiento adquieren los pilotos, sino también de verificar si ese aprendizaje se traduce en comportamientos visibles durante el trabajo y, finalmente, en una mejora real de la seguridad operacional. En este sentido, los marcos de evaluación basados en el modelo de Kirkpatrick han sido ampliamente utilizados: en el nivel de reacción (satisfacción de los participantes), aprendizaje (adquisición de conocimientos), conducta (aplicación en la cabina) y resultados (reducción de incidentes y mejoras en los indicadores de seguridad) (Salas *et al.*, 2001).

El CRM se enfoca en desarrollar habilidades de comunicación asertiva, liderazgo compartido, conciencia situacional y gestión de la carga de trabajo. Al respecto, diversos estudios han demostrado que la implementación del CRM (*Crew Resource Management*) mejora notablemente tanto la actitud de las tripulaciones frente a la seguridad como la forma como se coordinan dentro de la cabina (O'Connor *et al.*, 2008). Sin embargo, su efectividad no es universal: depende mucho de cómo se adapte a la cultura local. En contextos con jerarquías muy marcadas —como sucede en varios países de



América Latina— puede ser complicado que los copilotos se sientan con la libertad de cuestionar las decisiones de los capitanes. Si no se tiene en cuenta esta realidad, el entrenamiento pierde parte de su impacto.

El TEM (Threat and Error Management) se presenta como una herramienta que traduce el enfoque sistémico del error en una estrategia práctica. Su objetivo es ayudar a los pilotos a identificar amenazas externas (como el clima, el tráfico o fallas técnicas), errores internos (por ejemplo, omisiones o malas decisiones) y estados indeseados de la aeronave, para poder intervenir a tiempo y evitar que esos factores deriven en incidentes. Para evaluar la eficacia del TEM se usan las auditorías LOSA (Line Operations Safety Audit), que permiten observar cómo se aplican estas habilidades en vuelos reales. Los datos muestran que el entrenamiento en TEM ayuda a reducir errores no gestionados y mejora la capacidad de detectar amenazas desde etapas tempranas (Klinect *et al.*, 2003).

Por otro lado, el ADM (*Aeronautical Decision Making*) busca entrenar a los pilotos en procesos de toma de decisiones más estructurados y conscientes, que vayan más allá de la intuición o de la experiencia acumulada. Uno de los modelos más utilizados es el DECIDE (detectar, estimar, escoger, identificar, actuar, evaluar), que ofrece una guía clara para manejar situaciones de incertidumbre o presión. Lo interesante es que, según varios estudios, el ADM funciona mejor cuando también se toman en cuenta aspectos culturales y organizacionales, ya que las decisiones no se toman en el vacío: están influenciadas por dinámicas de equipo y por el contexto institucional.

Programas como CRM, TEM y ADM cambian la formación de las tripulaciones, pasando de un enfoque técnico a uno que también valora las habilidades no técnicas como clave para la seguridad operacional. Pero para que realmente funcionen, es esencial que estén bien diseñados, culturalmente adaptados y respaldados por sistemas de evaluación rigurosos. En este proceso, la psicología aeronáutica desempeña un papel fundamental, aportando herramientas que



permiten asegurar que lo aprendido se refleje en una operación más segura y resiliente.

Factores organizacionales y cultura de seguridad

El desempeño de los pilotos y las tripulaciones no puede comprenderse de manera aislada, sino enmarcado dentro de la organización en la que operan. La psicología aeronáutica ha demostrado que los factores organizacionales —como las políticas de seguridad, el estilo de liderazgo, la carga de trabajo impuesta, los sistemas de reporte y la cultura corporativa— son determinantes en la ocurrencia o la prevención de incidentes y accidentes.

El pensamiento de cultura de seguridad se convirtió en el pilar fundamental de la gestión aeronáutica moderna (Reason, 1997). En esencia, se trata de poner la seguridad por encima de otros objetivos como la rentabilidad o la puntualidad, tomando decisiones que busquen siempre reducir los riesgos. Sin embargo, en ambientes donde hay mucha presión económica o competencia, los pilotos pueden sentirse impulsados a aceptar niveles de seguridad más bajos, lo que aumenta la probabilidad de cometer errores (Dekker, 2014).

El concepto de cultura justa ha resultado decisivo para impulsar organizaciones más seguras. Este enfoque asume que el error es inevitable, pero diferencia equivocaciones involuntarias de conductas negligentes o violaciones deliberadas. Así, protege a quienes reportan incidentes de buena fe, al tiempo que preserva la responsabilidad en casos graves, generando más transparencia y un aumento en la notificación voluntaria (Hudson, 2003).

Por último, la cultura organizacional impacta la comunicación en cabina: en contextos donde prevalece una excesiva deferencia hacia la autoridad, los copilotos pueden evitar cuestionar al capitán, incluso al detectar errores, lo que ha contribuido a accidentes documentados (Helmreich y Merritt, 2001). Programas como el CRM



se han ajustado culturalmente para contrarrestar estas barreras jerárquicas y fomentar un liderazgo más colaborativo.

Evaluación psicométrica en la aviación: selección, monitoreo y desempeño

La evaluación psicométrica constituye un componente esencial en la gestión de los factores humanos dentro de la aviación, tanto en el proceso de selección de pilotos como en el monitoreo continuo de su desempeño psicológico. Desde sus inicios, la aviación ha reconocido que las capacidades cognitivas, emocionales y de personalidad influyen directamente en la seguridad operacional, lo que ha motivado el desarrollo y la aplicación de instrumentos psicométricos adaptados a este contexto específico (Carretta, 2011).

Durante la fase de selección de candidatos, las pruebas psicométricas buscan identificar a aquellos aspirantes cuyos perfiles se ajusten a las demandas cognitivas y emocionales propias del ambiente de vuelo. Entre las capacidades evaluadas con mayor frecuencia se encuentran la concentración sostenida, la memoria operativa, las habilidades visoespaciales, el razonamiento lógico y la capacidad para manejar la presión. Herramientas como el Cognitive Ability Test han sido validadas para medir habilidades relacionadas con la gestión simultánea de tareas y la percepción situacional, por lo tanto, han sido recursos comunes en la evaluación de las tripulaciones aéreas (Santiago *et al.*, 2011).

En el contexto latinoamericano, algunas compañías aéreas han sumado a estas baterías pruebas proyectivas y entrevistas estructuradas, aunque persisten discusiones sobre su fiabilidad y validez frente a los métodos estandarizados. El empleo de cuestionarios de personalidad resulta igualmente habitual. Modelos como los Big Five posibilitan la identificación de características, tales como la estabilidad emocional, la responsabilidad o la disposición al cambio, las cuales se relacionan con un mejor rendimiento bajo condiciones de alta exigencia. Investigaciones han demostrado que



bajos puntajes en neuroticismo y elevados en responsabilidad se asocian con menor frecuencia de equivocaciones operacionales en aviadores (Bartram, 1995). No obstante, la utilización de este tipo de herramientas requiere acompañarse de entrevistas conductuales, a fin de evitar lecturas reduccionistas que ignoren la complejidad del escenario aeronáutico.

En lo referente al seguimiento psicológico, las pruebas psicométricas funcionan como instrumentos de carácter preventivo para detectar señales iniciales de cansancio, estrés prolongado o deterioro cognitivo relacionado con la edad. En Europa, la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) recomienda realizar evaluaciones periódicas que incluyan tanto exámenes médicos como psicológicos, para así, garantizar que las tripulaciones mantengan un desempeño emocional y cognitivo adecuado a lo largo de toda su carrera en la aviación (EASA, 2020). En Colombia, la Reglamentación Aeronáutica Civil (RAC) exige la realización de exámenes psicológicos para el ingreso a las escuelas de aviación, aunque todavía existen retos relacionados con la estandarización de los instrumentos y las pruebas utilizadas, ya que en muchas ocasiones no son válidas para el contexto de aplicación (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2020).

Conclusiones

El análisis de la psicología organizacional aplicada a la aviación permite comprender que la seguridad operacional no depende únicamente de los avances tecnológicos o de la pericia técnica de los pilotos, sino de la integración de múltiples factores humanos y organizativos que configuran un sistema sociotécnico complejo. Las capacidades cognitivas y emocionales del piloto constituyen la base sobre la cual se desarrolla el desempeño en cabina, pero estas se ven moduladas de manera significativa por el entorno organizacional, la cultura de seguridad y los sistemas de gestión implementados en cada aerolínea.



La evidencia indica que pilotos y tripulaciones enfrentan demandas que van más allá de lo técnico: deben manejar elevadas cargas mentales, mantener una conciencia situacional precisa en contextos de alta presión, lidiar con el estrés asociado a la responsabilidad operativa y, a la vez, adaptarse a culturas organizacionales que pueden facilitar o dificultar el aprendizaje a partir de los errores (García-Herrero *et al.*, 2012; ICAO, 2013/2016). De acuerdo con lo anterior, programas como el CRM, el TEM y la promoción de culturas justas se presentan como recursos fundamentales para transformar las limitaciones humanas en fortalezas, lo cual fomenta ambientes que priorizan la seguridad por encima de la jerarquía o la presión operacional.

La incorporación de evaluaciones psicométricas ha representado un avance significativo en la identificación, la selección y el monitoreo de las competencias psicológicas esenciales para el desempeño en el ámbito aeronáutico. Estas pruebas no solo aseguran que los pilotos cuenten con las habilidades cognitivas y emocionales adecuadas para las exigencias del vuelo, sino que también facilitan la detección temprana de riesgos relacionados con el desgaste psicológico, la fatiga y la vulnerabilidad emocional. No obstante, la aplicación de estos instrumentos requiere altos estándares éticos y metodológicos para evitar sesgos o usos inapropiados.

En conjunto, este capítulo evidencia que la psicología aeronáutica, aplicada tanto a nivel organizacional como psicométrico, brinda una perspectiva integral que articula al individuo, al equipo y a la institución dentro de un mismo marco analítico. Reconocer la interacción entre las capacidades humanas, los factores culturales y los procesos de evaluación no solo ayuda a minimizar los riesgos inherentes a la aviación, sino que también fortalece la resiliencia del sistema frente a nuevas demandas y amenazas emergentes. La seguridad operacional, por lo tanto, no debe concebirse como un estado fijo, sino como un proceso dinámico de mejora continua en el que la psicología desempeña un rol estratégico cada vez más indispensable.



Capítulo 6

Tendencias y desafíos en la psicología aeronáutica: automatización, inteligencia artificial y el rol humano en la aviación del futuro

***Trends and Challenges in Aviation
Psychology: Automation, Artificial
Intelligence, and the Human Role in
Future Aviation***



Introducción

La aviación contemporánea atraviesa un momento de transformación profunda, caracterizado por la creciente automatización de los sistemas de cabina, la incorporación de tecnologías de inteligencia artificial (IA) y la expansión de operaciones no tripuladas, como los vehículos aéreos no tripulados (UAV) y drones comerciales.

Dichos avances tecnológicos han traído importantes beneficios a la aviación, como una mayor eficiencia, reducción de costos y una precisión cada vez más fina en los sistemas. Sin embargo, también han abierto la puerta a nuevos desafíos para la psicología aeronáutica. En este contexto, el papel de la tripulación ya no se centra únicamente en controlar la aeronave. Ahora, su función se transforma y requiere supervisar sistemas automatizados, manejar grandes volúmenes de información en tiempo real y, sobre todo, estar preparado para tomar decisiones cuando la tecnología no responde como se espera. Esta realidad exige no solo habilidades técnicas, sino también capacidades cognitivas y emocionales mucho más amplias.

La paradoja de la automatización sigue siendo plenamente vigente: cuanto más fiables son los sistemas automáticos, menos frecuentes son las intervenciones humanas y, en consecuencia, más difícil resulta para el piloto responder de forma eficaz cuando



se presenta una situación inesperada. Este fenómeno, conocido como complacencia hacia la automatización, se ha identificado como un riesgo en incidentes recientes en la aviación comercial y resalta la importancia de mantener al ser humano en el centro de la operación (Casner y Schooler, 2015).

A esto se suma la creciente incorporación de la inteligencia artificial en áreas clave como la gestión del tráfico aéreo, el mantenimiento predictivo de las aeronaves y el diseño de cabinas inteligentes. Estas innovaciones tienen el potencial de disminuir los errores humanos y hacer los procesos más eficientes, pero también plantean nuevos desafíos éticos, regulatorios y psicológicos. Entre ellos están la confianza que se deposita en los sistemas, la posible pérdida de habilidades manuales y la necesidad de redefinir quién es responsable cuando ocurre una falla.

Este capítulo explora dichas tendencias y desafíos, analizando el papel que juegan la automatización, la inteligencia artificial y la transformación digital en la aviación, así como las estrategias que permitirán preservar y potenciar el valor del factor humano en un sistema cada vez más complejo e interconectado.

Inteligencia artificial y gestión del tráfico aéreo

La incorporación de la inteligencia artificial (IA) en la aviación está transformando no solo las cabinas de vuelo, sino también la gestión del tráfico aéreo y la operación aeroportuaria. Los sistemas basados en algoritmos de aprendizaje automático permiten procesar grandes volúmenes de datos en tiempo real, anticipar congestiones, optimizar rutas y prever necesidades de mantenimiento antes de que ocurran fallos críticos. Estas aplicaciones demuestran un avance en seguridad y eficiencia, pero también crea retos relacionados con el rol del piloto, la confianza en la tecnología y la asignación de responsabilidad en caso de fallos.



En el caso de los controladores aéreos, se puede dar uso a la inteligencia artificial, con la creación de sistemas de apoyo, que les permitan a los controladores manejar espacios aéreos congestionados. Pues, se ha evidenciado que las herramientas predictivas pueden aliviar la carga cognitiva de controladores y pilotos al anticipar riesgos de colisión o desvíos en las rutas de vuelo (EASA, 2019). Sin embargo, estas tecnologías aún necesitan ser validadas de manera empírica para asegurarse de que no fomenten una dependencia excesiva ni disminuyan la capacidad de reacción frente a situaciones imprevistas.

Desde la mirada de la psicología aeronáutica, el desafío principal no es solo crear sistemas inteligentes, sino también entender cómo estos se integran en la interacción entre humanos y máquinas. Esto implica estudiar cómo se desarrolla la confianza en la tecnología, cómo afecta la carga mental asociada a la supervisión del algoritmos y cuál es su impacto en la conciencia situacional de los operadores. El piloto deberá combinar habilidades técnicas con competencias cognitivas y sociales que le permitan trabajar en entornos híbridos, donde la interacción con la inteligencia artificial sea constante.

Responsabilidad ética y regulatoria en el uso de IA en aviación

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) ha impulsado esfuerzos para mapear cómo se está utilizando la inteligencia artificial en la aviación y para identificar la necesidad de estandarizar procesos y establecer salvaguardas éticas. Estas incluyen aspectos como la transparencia de los algoritmos, la prevención de sesgos y una distribución clara de responsabilidades. Los lineamientos de la OACI recomiendan que los países incorporen la IA dentro de sus Sistemas de Gestión de la Seguridad Operacional (SMS), asegurando que existan mecanismos de reporte y gestión de riesgos antes de implementar estas tecnologías a gran escala (ICAO, 2025; ICAO, 2023).

Mientras la IA gana protagonismo en cabinas y en la gestión del tránsito aéreo, el punto de encuentro entre ética y regulación en



Colombia debe apoyarse en el marco RAC ya vigente, complementado con las guías de OACI y EASA. Solo de esta manera es posible garantizar que la adopción de la inteligencia artificial preserve la centralidad del factor humano en la seguridad operacional.

Tabla 1. Cuadro comparativo RAC/EASA/ICAO

Aspecto	RAC (Colombia, 2023)	EASA (2019, 2020, 2021)	OACI (2023, 2025)
Marco normativo	No existe un RAC específico para IA. Regulación actual enmarcada en reglas generales (RAC 91, 119, 121) y UAS/RPAS (RAC 101)	Hoja de ruta de IA con enfoque <i>human-centric</i> . Propone certificación gradual y marcos de confianza	Documentos de orientación sobre IA en aviación, con énfasis en ética y confianza. Aún no vinculante
Supervisión humana	Exige que el piloto/comandante mantenga la autoridad y la responsabilidad en todas las operaciones	Principio de <i>supervisión humana significativa</i> en cualquier aplicación de IA	Recomienda que la IA complemente, nunca reemplace totalmente, el juicio humano en operaciones críticas
Gestión de los riesgos	El enfoque se integra dentro del Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional (SMS) exigido en los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia (RAC) para operadores aéreos, aunque actualmente no cuenta con apartados específicos que aborden la inteligencia artificial	La inteligencia artificial se vincula al SMS y a la gestión de riesgos tecnológicos	Se recomienda la integración explícita de la IA dentro del SMS y la realización de auditorías continuas
Gobernación de los datos	No existen disposiciones específicas sobre la calidad o los sesgos de datos en IA	Se exige trazabilidad, calidad de datos y prevención de sesgos	Plantea principios éticos de transparencia, explicabilidad y control de sesgos



Aspecto	RAC (Colombia, 2023)	EASA (2019, 2020, 2021)	OACI (2023, 2025)
Aplicaciones primordiales	UAS/RPAS: funcionamiento, permisos y obligaciones del operador	Cabinas automatizadas, control del tráfico aéreo y mantenimiento basado en predicciones	Uso de IA en gestión de tráfico aéreo y sistemas de soporte a la seguridad operacional. Aplicación de IA en la gestión del tráfico aéreo y en sistemas de apoyo para la seguridad operacional.

Fuente: elaboración propia.

El rol futuro del piloto en un entorno altamente automatizado e inteligente

La creciente incorporación de automatización avanzada e inteligencia artificial (IA) en la aviación plantea una pregunta fundamental: ¿cuál será el papel que desempeñe el piloto en el futuro? Si bien algunos escenarios tecnológicos anticipan aeronaves con un grado de autonomía cada vez mayor, la experiencia histórica demuestra que el ser humano seguirá siendo un componente crítico en la gestión de la seguridad operacional.

En la actualidad, el piloto ha dejado de ser únicamente un ejecutor de maniobras manuales para convertirse en un gestor de sistemas complejos. Con la automatización, su función principal es supervisar, validar y tomar decisiones estratégicas cuando la tecnología no responde de manera adecuada. Este cambio ha dado origen al concepto de *piloto como gestor de información*, en lugar de operador manual exclusivo (ICAO, 2020).

Por otra parte, los documentos de organizaciones internacionales indican que, a medida que los sistemas se vuelven más autónomos,



el rol del piloto evolucionará hacia un perfil híbrido que combine habilidades cognitivas, técnicas y socioemocionales. Esto implica un entrenamiento enfocado en la supervisión de sistemas inteligentes, la gestión de situaciones imprevistas y la colaboración estrecha con otros actores del entorno aeronáutico, como los operadores de tierra y los controladores (EASA, 2020; ICAO, 2023).

Asimismo, impedir el deterioro de competencias manuales y cognitivas elementales es otro de los desafíos por abordar. Algunas indagaciones indican que el exceso de confianza en sistemas automáticos podría mermar la facultad de reacción ante escenarios emergentes, lo cual robustece el interés de capacitaciones periódicas en vuelo manual y procesos no automatizados (De Simoni, 2024). Incluso, aerolíneas y autoridades reguladoras han iniciado por requerir prácticas concurrentes a través de simuladores que reproduzcan espacios de fallo total de automatización.

El futuro de la aviación demandará que los pilotos no solo afiancen sus habilidades técnicas, sino también desarrollen su inteligencia emocional y social. Aspectos como la resiliencia, el manejo del estrés y la inteligencia emocional serán fundamentales para mantener la confianza de pasajeros, autoridades y empresas en un entorno cada vez más tecnológico. En este contexto, la psicología aeronáutica jugará un papel esencial al preparar a los pilotos en estrategias de afrontamiento, liderazgo y toma de decisiones en situaciones inciertas. El debate no se trata de sustituir al piloto, sino de integrar de manera efectiva el juicio humano con la inteligencia artificial en la operación aérea. El piloto seguirá siendo la última salvaguarda, aunque con funciones enfocadas en supervisión crítica, ética y coordinación en sistemas sociotécnicos de creciente complejidad.

Conclusiones

El análisis de las tendencias y los desafíos futuros en psicología aeronáutica revela que la aviación se encuentra en una etapa de transición hacia un modelo profundamente marcado por la auto-



matización, la inteligencia artificial y la gestión de datos masivos. Sin embargo, lejos de significar la sustitución del piloto, estas transformaciones resaltan la necesidad de redefinir y fortalecer su rol en el sistema aeronáutico global.

La automatización, que ha reducido la carga física y aumentado la precisión en la operación, introduce nuevos retos psicológicos relacionados con la pérdida de conciencia situacional, la complacencia y el deterioro de habilidades manuales. Estos fenómenos obligan a la psicología aeronáutica a diseñar estrategias de entrenamiento que aseguren la preservación de competencias críticas y la capacidad de respuesta en situaciones de emergencia.

La inteligencia artificial amplía las posibilidades, al facilitar un análisis predictivo de datos que mejora la seguridad operacional y la eficiencia de las operaciones. Sin embargo, también presenta desafíos éticos, regulatorios y culturales que requieren una integración gradual y centrada en el factor humano, tal como señalan la OACI y la EASA. Por lo tanto, el reto no es solo tecnológico, sino también organizacional, pues implica una adecuada gobernanza de datos, adaptación cultural y la construcción de confianza en los sistemas.

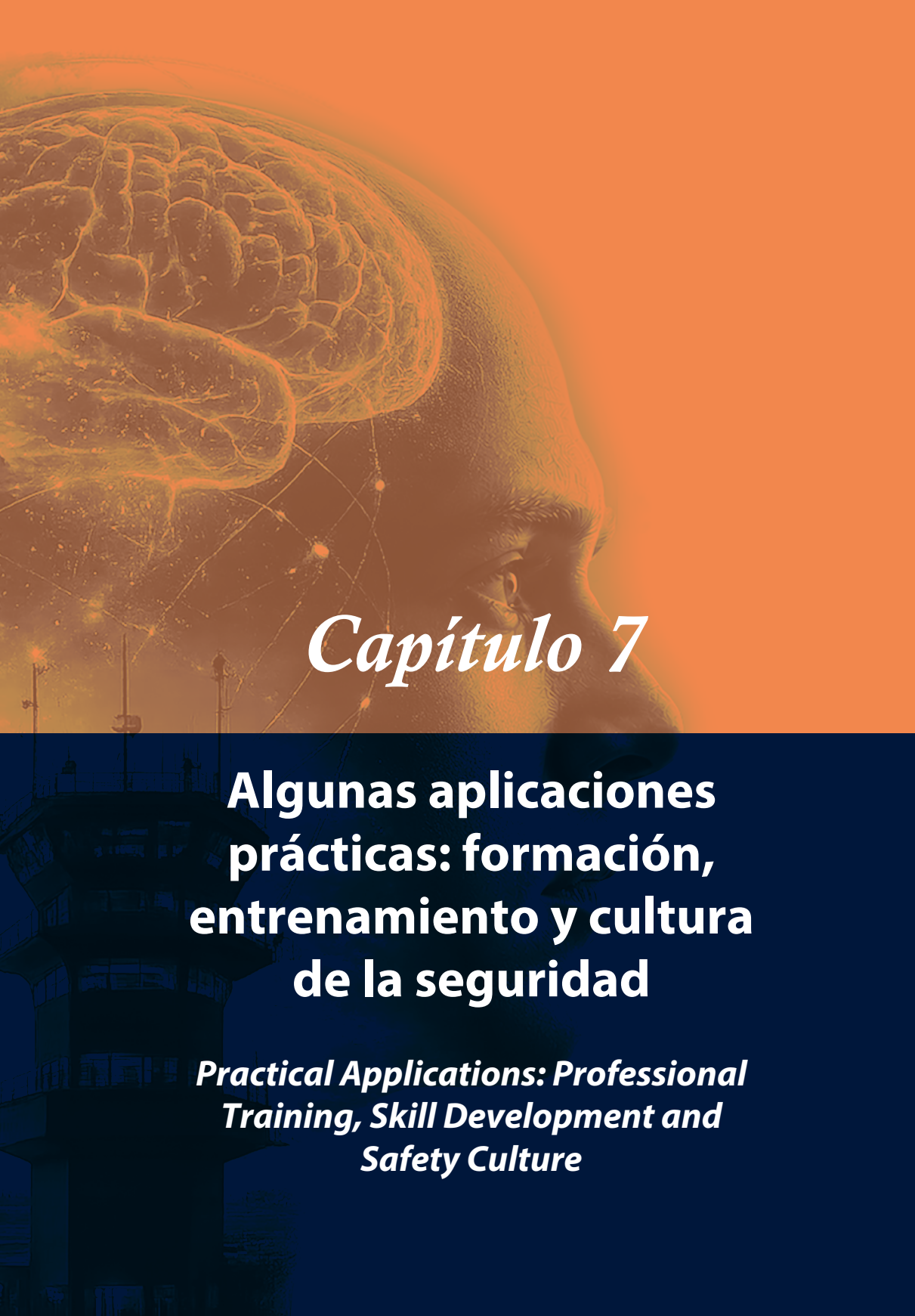
En América Latina, y especialmente en Colombia, la Reglamentación Aeronáutica (RAC) aún carece de normas específicas sobre el uso de la IA en aviación, lo que evidencia la necesidad de alinear las regulaciones locales con los estándares internacionales propuestos por la OACI y la EASA. Esta ausencia normativa puede verse como una oportunidad para que la región adopte un enfoque activo que garantice tanto la seguridad operacional como la competitividad en el ámbito global.

El perfil del piloto del futuro se perfila como el de un gestor híbrido, que combina el manejo de información, sistemas automatizados y la gestión de dinámicas emocionales en cabina. Las habilidades socioemocionales, como la resiliencia, el control del estrés y la inteligencia emocional serán tan cruciales como las técnicas y cognitivas,



reafirmando el papel fundamental de la psicología aeronáutica en la seguridad.

En resumen, este capítulo subraya que la aviación del mañana no debe verse como una elección entre humanos o máquinas, sino como una integración armoniosa entre la capacidad tecnológica y la flexibilidad, juicio ético y adaptabilidad propias del ser humano. La psicología aeronáutica, al anticipar estos desafíos, se posiciona como una disciplina clave para garantizar que la aviación continúe siendo el medio de transporte más seguro, resiliente y confiable en un mundo cada vez más complejo e interconectado.



Capítulo 7

Algunas aplicaciones prácticas: formación, entrenamiento y cultura de la seguridad

***Practical Applications: Professional
Training, Skill Development and
Safety Culture***



Introducción

La psicología aeronáutica no se limita al estudio teórico de los factores humanos, sino que encuentra su verdadero impacto en la aplicación práctica de sus principios en la formación y el entrenamiento de pilotos, tripulaciones y personal aeronáutico. Los avances en este campo han demostrado que las competencias técnicas, aunque necesarias, no son suficientes para garantizar operaciones seguras.

Las competencias no técnicas, tales como la comunicación efectiva, la conciencia situacional, la toma de decisiones y el manejo del estrés, deben desarrollarse de forma sistemática a través de programas de capacitación que se ajusten a las condiciones operativas y culturales específicas de cada organización (Flin *et al.*, 2008). La formación en aviación ha pasado de enfocarse únicamente en aspectos técnicos a implementar programas integrales que incluyen la gestión del error, la resiliencia psicológica y el trabajo en equipo como elementos centrales. Un ejemplo de lo anterior son los entrenamientos en Crew Resource Management (CRM), Aeronautical Decision Making (ADM) y Threat and Error Management (TEM), que se han convertido en pilares de la seguridad operacional a nivel global (Salas *et al.*, 2001). Estos programas han mostrado eficacia al reducir errores derivados de la comunicación deficiente y al fortalecer la capacidad de los equipos para enfrentar situaciones críticas.



La cultura de seguridad se ha convertido en un pilar fundamental para construir entornos aeronáuticos más resilientes. Promover una cultura justa —una que se base en la confianza, que sepa distinguir entre errores humanos y negligencia— les permite a las organizaciones aprender de los incidentes en lugar de castigar automáticamente a quienes los cometen. Esto abre la puerta a un ciclo positivo de reporte, análisis y mejora continua (Reason, 2000). En este escenario, la psicología aeronáutica ofrece recursos valiosos para fomentar climas laborales donde la seguridad no se viva como una imposición o una obligación externa, sino como un valor compartido, asumido con compromiso por toda la comunidad aeronáutica.

Este capítulo se enfocará en las aplicaciones prácticas de la psicología aeronáutica en tres áreas clave: la formación, el entrenamiento y el fortalecimiento de una cultura organizacional orientada a la seguridad. Veremos cómo los programas que integran tanto habilidades técnicas como no técnicas ayudan a desarrollar las competencias de las tripulaciones; cómo los enfoques basados en evidencia pueden aumentar la capacidad de respuesta frente a errores inevitables; y qué estrategias son más efectivas para construir una cultura que no solo tolere el aprendizaje, sino que también lo promueva activamente como parte del día a día en la aviación.

Formación y entrenamiento en aviación

La formación en aviación constituye el pilar fundamental para garantizar operaciones seguras y eficientes. Tradicionalmente, los programas de entrenamiento estuvieron centrados en el desarrollo de competencias técnicas: dominio de la aeronave, navegación, procedimientos de emergencia y cumplimiento normativo. Sin embargo, las últimas décadas han demostrado que estos elementos, aunque esenciales, no son suficientes para enfrentar la complejidad de las operaciones aéreas contemporáneas.



La incorporación de la psicología en el ámbito aeronáutico permite ampliar el enfoque de formación más allá de las habilidades técnicas, y hace un llamado a entrenar las competencias no técnicas, las cuales impactan en la toma de decisiones de las tripulaciones, como los contextos de presión, el trabajo colaborativo y eventos organizacionales o personales que afecten la regulación emocional (Salmon *et al.*, 2010).

Actualmente, los programas de formación combinan instrucción técnica con simulaciones de escenarios críticos y entrenamiento en factores humanos. En este marco, los simuladores de vuelo se han convertido en herramientas fundamentales, ya que permiten recrear emergencias poco frecuentes sin comprometer la seguridad de los estudiantes. Estos entornos ofrecen la posibilidad de practicar de forma repetida en situaciones de elevada exigencia cognitiva, fortaleciendo tanto las destrezas técnicas como la capacidad de regular emociones intensas y trabajar en equipo de manera efectiva (Goeters *et al.*, 2004).

A su vez, la formación en *Aeronautical Decision Making* (ADM) y *Crew Resource Management* (CRM) ha demostrado efectividad en la disminución de incidentes relacionados con fallos en la comunicación o decisiones impulsivas. Las tripulaciones entrenadas en CRM tienden a presentar mejores niveles de coordinación, comunicación y conciencia situacional, incluso en condiciones como la fatiga o la presión operativa (O'Connor *et al.*, 2008).

La normativa internacional ha acompañado este proceso. Tanto la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) como la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) han establecido requisitos obligatorios de formación continua y entrenamiento recurrente en factores humanos, incluyendo módulos específicos de gestión del estrés y la fatiga. En Colombia, la Reglamentación Aeronáutica Civil (RAC) les exige a las escuelas de aviación incorporar programas de CRM y entrenamiento en toma de decisiones, lo que refleja la alineación con estándares internacionales (Aerocivil, 2023).



La tendencia actual apunta hacia un modelo de formación integral y basada en competencias (CMTB), donde lo técnico y lo psicológico se entrelazan. El reto no es únicamente entrenar pilotos capaces de volar aeronaves, sino también profesionales capaces de gestionar el riesgo, comunicarse de forma efectiva, reconocer sus limitaciones y mantener el control emocional en circunstancias críticas.

Cultura de seguridad organizacional en aviación

La cultura de seguridad constituye uno de los pilares de la aviación moderna, entendida como el conjunto de valores, actitudes, percepciones y prácticas compartidas que determinan el grado de compromiso de una organización con la seguridad operacional. A diferencia de los enfoques normativos o técnicos, la cultura de seguridad se centra en la dimensión humana y organizacional, reconociendo que las políticas, los procedimientos y las tecnologías solo son efectivos en la medida en que los actores involucrados los interioricen y los apliquen de forma coherente (Guldenmund, 2000).

En el ámbito aeronáutico, la cultura de seguridad ha evolucionado de modelos punitivos, como los esquemas de cultura justa, en los que se distingue entre errores humanos no intencionales, conductas de riesgo y violaciones. Esta distinción es importante, porque permite promover ambientes en los que los pilotos y las tripulaciones pueden reportar incidentes y condiciones peligrosas sin temor a sanciones, lo que facilita el aprendizaje organizacional (Dekker, 2012). Sin reportes, no existen datos suficientes para identificar patrones de riesgo ni para implementar mejoras en los sistemas de gestión de seguridad operacional (SMS).

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), a través del Anexo 19, establece la necesidad de integrar la cultura de seguridad como componente esencial de los SMS. La Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) ha adoptado lineamientos similares, mientras que en Colombia la Aerocivil ha reforzado esta exigencia mediante las Reglamentaciones Aeronáuticas de Colombia (RAC), que obligan



a los operadores a implementar políticas de reporte voluntario y programas de sensibilización en seguridad (Aerocivil, 2023).

Un ejemplo práctico de la importancia de la cultura de seguridad lo constituyen las investigaciones de accidentes en las cuales, más allá de la falla técnica, se identifican deficiencias en comunicación, liderazgo o gestión organizacional; es importante destacar que la mayoría de investigación en sus primeras o últimas páginas, siempre aclaran que no buscan mencionar culpables, sino brindar información que permita construir conocimiento de actos inseguros que desencadenan en tragedias aéreas. En varios casos emblemáticos de la aviación comercial, los reportes de incidentes previos habían anticipado riesgos que no fueron atendidos por falta de confianza en el sistema de reporte, lo cual evidencia que la ausencia de una cultura sólida puede transformar errores en catástrofes (Guldenmund, 2010).

La cultura de seguridad no puede imponerse únicamente mediante normas, sino que debe construirse en la práctica cotidiana. Esto implica fomentar liderazgos participativos, garantizar procesos de retroalimentación sobre los reportes y promover el aprendizaje continuo a partir de los errores. En este sentido, la psicología aeronáutica aporta no solo un marco de análisis, sino también herramientas para intervenir en las actitudes, las percepciones y las dinámicas organizacionales que determinan la efectividad de los sistemas de seguridad en la aviación.

Evaluación del impacto del entrenamiento y la cultura de seguridad en la operación aérea

La formación y la cultura de seguridad en aviación no pueden evaluarse únicamente a través de indicadores normativos o de cumplimiento, sino que requieren un análisis sistemático de su impacto real sobre la operación aérea. La pregunta central es si los programas de entrenamiento y las iniciativas culturales se tradu-



cen en cambios observables en las actitudes, las conductas y los resultados de seguridad.

En el ámbito del entrenamiento, diversos estudios han demostrado que los programas de *Crew Resource Management* (CRM) y de factores humanos impactan de forma positiva en las tripulaciones, especialmente, en la mejora de ciertas habilidades de gran importancia para la operación, como lo es la comunicación, el liderazgo, la conciencia situacional y también la capacidad para gestionar los errores. Pero, establecer relaciones directas entre la formación y la disminución de accidentes es complicada, principalmente, porque los incidentes graves o accidentes en la aviación son poco frecuentes; por lo anterior, depender de las estadísticas de accidentes no es viable, por lo tanto, se utilizan otras fuentes de información, como los indicadores de reportes voluntarios de informes de peligros operacionales, reducción de errores repetitivos identificados en las auditorías LOSA o la mejora de rendimiento durante evaluaciones en simuladores de vuelo (O'Connor *et al.*, 2008).

Por otro lado, cuando se trata de evaluar la cultura de seguridad, el enfoque debe ser más cualitativo, pues se debe analizar la subjetividad y la singularidad de la tripulación; en consecuencia, se utilizan instrumentos como las entrevistas y los grupos focales, para así, percibir la confianza en los sistemas de reporte, la claridad de responsabilidades, el perfil del cargo y el nivel de apoyo recibido por parte de la organización (INSAG, 2002). Estas mediciones evidencian que factores, como la percepción, dentro de las compañías contribuyen en la disposición de reportar y, por lo tanto, en la capacidad de las tripulaciones de aprender de sus propios errores.

Organismos, como la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) y la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), han recomendado integrar indicadores de seguridad dentro de los sistemas de gestión organizacional, con el fin de lograr un enfoque más completo y proactivo. Esto implica que la seguridad debe evaluarse con el mismo rigor que otros indicadores estratégicos, como la productividad o la calidad del servicio. En este marco, se promueve el uso de



indicadores proactivos (número de reportes, hallazgos de auditoría, cumplimiento de entrenamientos) y predictivos (tendencias en desviaciones, patrones de riesgo emergentes) que complementen los indicadores reactivos tradicionales (accidentes e incidentes).

En síntesis, la evaluación del impacto del entrenamiento y la cultura de seguridad en la aviación debe concebirse como un proceso multidimensional que articula indicadores cuantitativos y cualitativos, proactivos y reactivos. Solo de esta manera es posible determinar si las inversiones en formación y en desarrollo cultural se traducen en una operación más segura, resiliente y capaz de aprender de sus propias vulnerabilidades.

Conclusiones

El análisis realizado en este capítulo permite afirmar que la formación, el entrenamiento y la cultura de seguridad constituyen tres pilares inseparables de la psicología aeronáutica aplicada. La formación inicial y continua de pilotos y tripulaciones no solo transmite habilidades técnicas, sino que también incorpora competencias no técnicas (comunicación, liderazgo, toma de decisiones y gestión del error) que resultan esenciales para la seguridad operacional.

El entrenamiento en aviación ha dejado atrás los modelos tradicionales centrados únicamente en la instrucción técnica. Hoy en día, se apuesta por metodologías más integrales que combinan escenarios realistas en simuladores, análisis de casos prácticos y evaluaciones periódicas. Todo esto responde a los lineamientos establecidos por organismos como la OACI, la EASA y, en el caso colombiano, la Reglamentación Aeronáutica Civil (RAC).

Dentro de este proceso, la cultura de seguridad juega un papel importante, pues es un conjunto de valores, actitudes y prácticas que orientan cómo una organización responde ante el riesgo. Cuando esa cultura favorece el reporte de informe de peligros operacionales de forma voluntaria y sin sanción, promueve la justicia organiza-

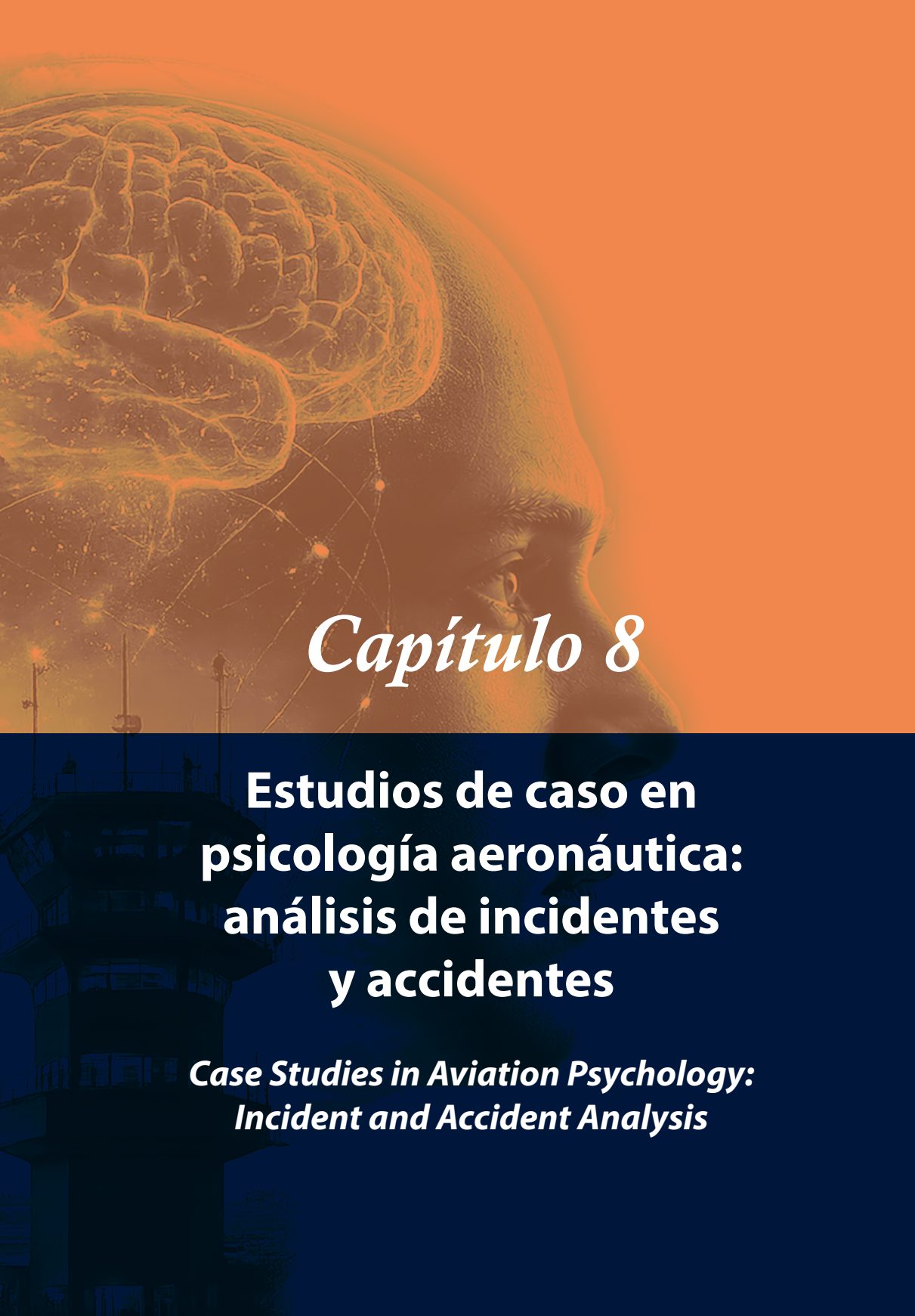


cional y valora el aprendizaje continuo, se crea un entorno donde lo aprendido en los entrenamientos realmente se refleja en el día a día de la operación aérea.

Aunque no es posible establecer una relación directa entre los programas de entrenamiento y la disminución de accidentes, sí hay evidencia de su impacto positivo en otros indicadores. Por ejemplo, en el aumento de los reportes operacionales, en las mejoras en auditorías de línea y también en la disminución de errores comunes.

En definitiva, este capítulo subraya que la seguridad en la aviación no puede apoyarse solo en normas o en avances tecnológicos. Se trata, más bien, de una construcción colectiva donde la formación, el entrenamiento continuo y una cultura organizacional sólida actúan de manera conjunta y complementaria, sosteniendo los altos estándares que exige este sector.

La psicología aeronáutica aporta en este sentido un marco científico y aplicado que permite transformar las capacidades individuales en fortalezas colectivas, y que convierte las vulnerabilidades humanas en oportunidades de aprendizaje. Fortalecer estos tres ejes es, en última instancia, fortalecer la confianza y la seguridad de la aviación contemporánea.



Capítulo 8

Estudios de caso en psicología aeronáutica: análisis de incidentes y accidentes

***Case Studies in Aviation Psychology:
Incident and Accident Analysis***



Introducción

El estudio de los incidentes y accidentes aéreos ha sido, históricamente, uno de los principales motores de desarrollo de la psicología aeronáutica. Cada suceso aporta lecciones valiosas que permiten comprender cómo las capacidades y las limitaciones humanas se entrelazan con factores técnicos, organizacionales y normativos para configurar escenarios de riesgo. En este contexto, los incidentes en aviación no son solo vistos como fallos, sino también como oportunidades de aprendizaje, para evitar su recurrencia o accidentalidad futura. Los accidentes, por su parte, suelen marcar un antes y un después: evidencian fallos profundos en el sistema y exigen transformaciones estructurales en la manera en que se gestiona la seguridad.

El análisis de casos en aviación se realiza bajo un enfoque sistémico, que va más allá de buscar responsables individuales. En su lugar, se enfoca en identificar condiciones latentes, debilidades organizacionales, fallas en la cultura de seguridad y posibles deficiencias en la formación o el entrenamiento. Modelos como el *Human Factors Analysis and Classification System* (HFACS) han sido fundamentales en este proceso, ya que permiten estructurar las investigaciones considerando factores cognitivos, fisiológicos, emocionales y organizativos implicados en los errores humanos (Wiegmann y Shappell, 2003).



La psicología aeronáutica juega aquí un papel clave, al ofrecer herramientas conceptuales y metodológicas que permiten transformar los hallazgos técnicos en estrategias concretas de prevención. Esto abarca desde la mejora de programas como el *Crew Resource Management* (CRM), hasta la adopción de políticas de cultura justa y la actualización de marcos normativos por parte de organismos como la OACI, la EASA y la Aeronáutica Civil de Colombia. Así, el análisis e investigación de incidentes y accidentes se convierte en un puente entre la teoría psicológica, la operación cotidiana y las regulaciones internacionales.

La colisión de Los Rodeos (1977)

El 27 de marzo de 1977, en el aeropuerto de Los Rodeos (Tenerife, España), dos aeronaves Boeing 747 —operadas por las compañías KLM y Pan Am— colisionaron en la pista durante maniobras de despegue, dejando un saldo de 583 víctimas fatales. Este accidente es considerado el más grave de la historia de la aviación civil y marcó un hito en la forma de entender la influencia de los factores humanos en la seguridad operacional (Helmreich *et al.*, 1999).

Las investigaciones evidenciaron que el accidente fue causado por una combinación de factores vinculados a la comunicación, la toma de decisiones y las dinámicas de trabajo dentro de la cabina. Se encontró confusión generada por la instrucciones de los controladores aéreos, ya que existía una presión operativa dada por la congestión del aeropuerto, además, hubo falta de asertividad por parte de los pilotos de PanAm, para cuestionar el movimiento del avión de KLM. El desencadenante final fue la interpretación errónea del capitán de KLM al iniciar el despegue sin una verdadera autorización del control de tráfico aéreo (ICAO, 1978).

Este accidente permitió reflexionar con respecto a la estandarización de las comunicaciones aéreas, como también de formar a las tripulaciones en habilidades no técnicas, como el liderazgo en la cabina, la verificación cruzada (*cross-check*) y la capacidad de ex-



presar desacuerdos, especialmente, en los contextos donde existen figuras de autoridad marcadas, como el capitán o el comandante.

El accidente de Tenerife es un ejemplo de que los errores humanos no pueden entenderse como simples fallos individuales. Por el contrario, deben analizarse como el producto de una red de condiciones contextuales, organizacionales y comunicativas. Desde la mirada de la psicología aeronáutica, este caso demuestra la importancia de los procesos cognitivos, emocionales y sociales en la generación de incidentes y accidentes aéreos.

La tragedia de Chapecoense (2016)

El 28 de noviembre de 2016, el vuelo 2933 de LaMía, un avión Avro RJ85 de la aerolínea LaMía, que transportaba al equipo de fútbol brasileño Chapecoense, se estrelló en las cercanías de Medellín, Colombia. El accidente causó la muerte de 71 personas, incluidos jugadores, directivos, periodistas y tripulación. La investigación de la Aeronáutica Civil de Colombia concluyó que la causa principal fue el agotamiento del combustible, lo que generó la pérdida total de potencia en los cuatro motores de la aeronave (Aeronáutica Civil de Colombia, 2018).

Desde la mirada de la psicología aeronáutica, este caso fue un accidente organizacional, debido a que demuestra limitaciones específicas en la toma de decisiones, especialmente bajo presión, así como la influencia de factores organizacionales en el comportamiento de la tripulación. Una de las decisiones críticas fue la del capitán y accionista de la aerolínea, quien toma la decisión de despegar con una cantidad de combustible que no cumplía con lo indicado en los reglamentos aeronáuticos, pues no contaba con reservas adecuadas para alternos o demoras en el proceso de aproximación. A esto se le agrega, que no se realizó el debido proceso de declaración de emergencia, lo cual impidió que se le otorgara la prioridad en el aterrizaje, disminuyendo las posibilidades de una resolución segura de la situación de riesgo.



El análisis muestra que no se trató únicamente de una falla técnica o de una decisión individual, sino de una cadena de factores que incluyeron:

- Presiones organizacionales y económicas para cumplir itinerarios sin costos adicionales de combustible.
- Existía la práctica repetida de operar en mínimos de combustible, lo que generó una falsa sensación de seguridad. El famoso: ya se ha hecho antes y no ha pasado nada.
- Deficiencias en la cultura de seguridad de la empresa, pues no promovía la notificación de peligros operacionales ni tampoco ejerció controles sobre el cumplimiento normativo, lo mismo en el caso de las autoridades del país de origen.

Este accidente también demostró la importancia del cumplimiento de reglamentos aeronáuticos. Aunque la normativa de la OACI y las Regulaciones Aeronáuticas de Colombia (RAC) son claras con respecto a las reservas de combustible, la supervisión y el cumplimiento efectivo resultaron insuficientes. En este sentido, el caso LaMia constituye un ejemplo de cómo la interacción entre decisiones individuales, presión organizacional y fallas regulatorias puede desembocar en una tragedia.

Accidente de la Școala Superioară de Aviație Civilă

El 20 de enero de 2014, un avión Britten-Norman BN-2A-27 Islander perteneciente a la Școala Superioară de Aviație Civilă (Escuela Superior de Aviación Civil) de Rumania operaba el vuelo 111, que transportaba un equipo médico desde Bucarest hacia Oradea. A bordo viajaban dos tripulantes y cinco pasajeros. Debido a las condiciones de baja visibilidad, se reportó que el piloto decidió reducir altitud para evitar la niebla, lo que ocasionó la pérdida de contacto visual con referencias externas. En consecuencia, la aeronave chocó con las montañas de Apuseni, a unos 1400 metros de altitud, en cercanías



de la aldea de Petreasa. Como resultado, murió un estudiante y el piloto; por otro lado, hubo pasajeros que tuvieron heridas.

Este accidente refleja con claridad cómo los factores humanos asociados a la toma de decisiones en condiciones meteorológicas adversas, la percepción del riesgo, la visibilidad reducida y la planificación deficiente del vuelo pueden determinar la seguridad operacional. Este caso resalta la importancia de la formación en la gestión de emergencias bajo condiciones adversas, así como la necesidad de reforzar la conciencia situacional.

Finalmente, el caso resalta la necesidad de consolidar una cultura de seguridad en las escuelas de aviación, mediante una supervisión rigurosa del cumplimiento de procedimientos, evaluaciones previas de riesgo y protocolos claros para operaciones en contextos de visibilidad nula o reducida (*Romania Journal*, 2015).

Conclusiones

El análisis de incidentes y accidentes aéreos desde la perspectiva de la psicología aeronáutica confirma que los factores humanos continúan siendo determinantes en la seguridad operacional. Tanto en eventos de gran magnitud, como la colisión de Tenerife en 1977, como en sucesos más recientes y localizados, como el accidente del vuelo 111 de la Escuela Superior de Aviación Civil de Rumania en el 2014 se evidencia que los errores no surgen únicamente de fallas individuales, sino también de la interacción entre condiciones ambientales, presiones organizacionales y limitaciones humanas (Helmreich, 2000; *Romania Journal*, 2015).

En este sentido, los casos analizados demuestran la existencia de patrones recurrentes, los cuales son los diversos fallos de comunicaciones, las decisiones críticas tomadas en condiciones de visibilidad reducida, la falta de coordinación efectiva entre la tripulación, las debilidades en la cultura de seguridad operacional y la presencia de sesgos cognitivos. Estas evidencias coinciden justamente con

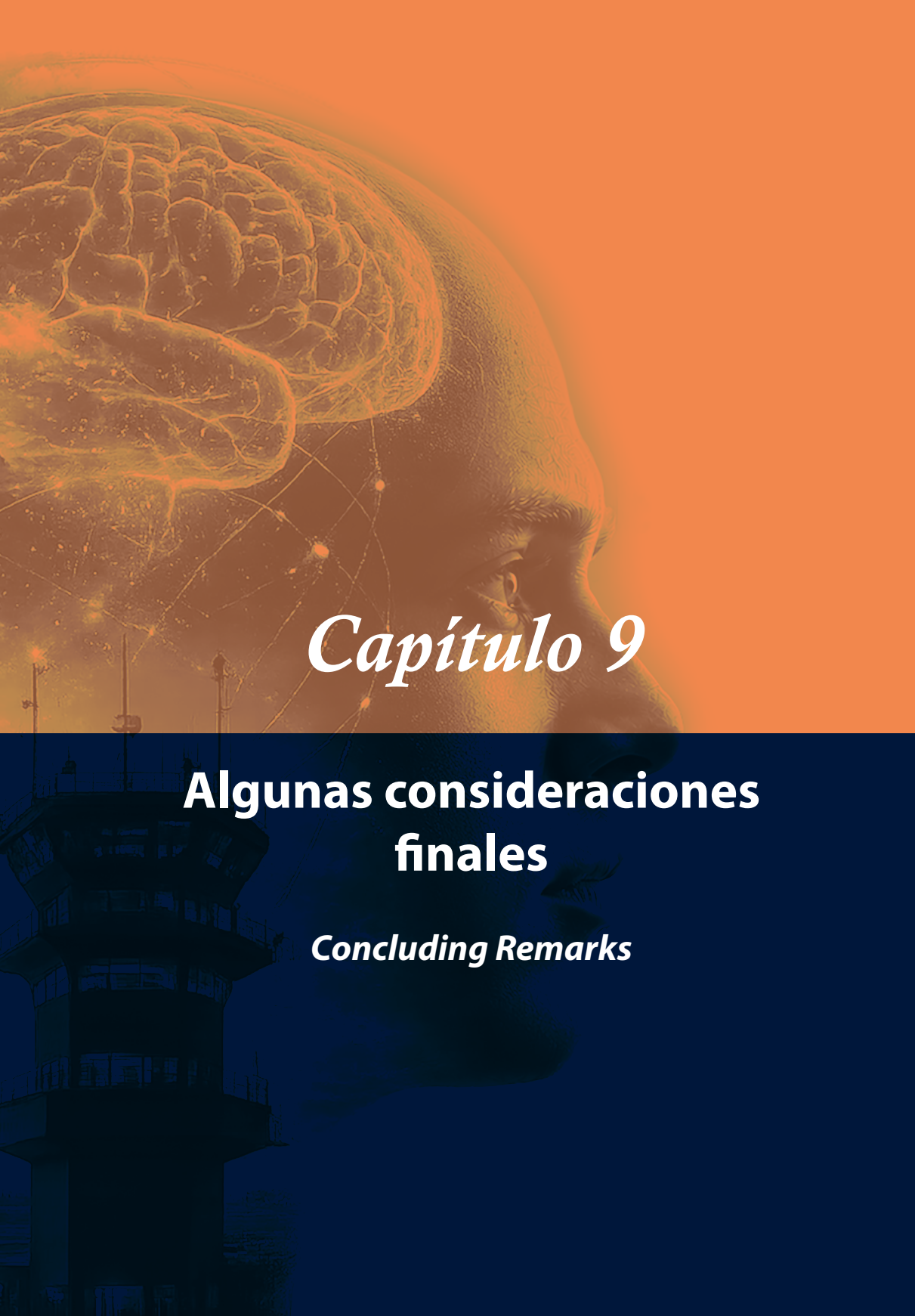


investigaciones previas que destacan la importancia de abordar la gestión de las fallas desde una perspectiva sistémica y formativa, y no tratarla con base en los elementos sancionatorios, para que, de este modo, se refuerce la idea de que los errores son oportunidades para fortalecer el sistema y no simplemente como fallas individuales por castigar. De ese modo, se asume que lo más relevante es el aprendizaje organizacional y la elaboración de protectores redundantes (Reason, 2000; ICAO, 2013/2016).

Asimismo, estos estudios comprueban la pertinencia de incluir sistemáticamente los aprendizajes de los accidentes en los programas de formación y entrenamiento. Así, el TEM, el CRM y los métodos de simulación adquieren relevancia cuando se cimentan en vivencias verdaderas, a través de las cuales se exponen las fragilidades del sistema (Salas *et al.*, 2006). De tal modo, la psicología aeronáutica brinda el aparato conceptual y los instrumentos prácticos para convertir la evidencia empírica en transformaciones tangibles en la aviación.

Finalmente, los casos revisados invitan a fortalecer el rol que juegan las instituciones formativas y regulatorias, incluidas las escuelas de aviación, como escenarios donde la cultura de seguridad debe estar presente desde las primeras etapas del entrenamiento. La integración de protocolos de gestión del riesgo, pruebas psicométricas para la selección y el seguimiento de pilotos constituyen elementos para prevenir posibles incidentes y accidentes (*Romania Journal*, 2015).

Los estudios de caso refuerzan la idea de que cada accidente, por trágico que sea, constituye también una fuente invaluable de aprendizaje. La psicología aeronáutica, al analizar los procesos cognitivos, emocionales y organizacionales, involucrados en estos eventos, se pueden transformar las lecciones aprendidas en mejoras sostenibles para la seguridad aérea global del futuro.



Capítulo 9

Algunas consideraciones finales

Concluding Remarks



La psicología aeronáutica ha demostrado, a lo largo de su desarrollo, que la seguridad operacional no depende únicamente de la tecnología, los procedimientos o la normativa, sino del reconocimiento integral del ser humano como eje central del sistema aeronáutico. Se ha mostrado que la conciencia situacional, la gestión de la carga mental, la toma de decisiones bajo presión y la capacidad de resiliencia emocional son pilares inseparables de la seguridad. Al mismo tiempo, se ha evidenciado que estos procesos no ocurren de manera aislada, sino que están enmarcados en equipos, organizaciones y culturas de seguridad que influyen directamente en la manera en que los pilotos y las tripulaciones afrontan los riesgos.

En definitiva, los casos presentados pueden evidenciar que las causas de los incidentes y los accidentes no siguen una secuencia específica, como tampoco son atribuidas exclusivamente a una sola persona. Por el contrario, surgen de la interacción de varios factores humanos, organizacionales y tecnológicos. Desde esta perspectiva, se reconoce que el error humano no puede ser completamente eliminado, pero sí puede ser anticipado y gestionado mediante barreras de protección, las cuales incluyen procedimientos claros, tecnología, entrenamiento continuo y una cultura organizacional que promueva el aprendizaje y la seguridad permanente.

Aunado a lo anterior, se ha destacado que la educación y la capacitación representan un enlace entre el conocimiento científico de la



psicología aeronáutica y la puesta en escena operativa. Por lo tanto, el empleo de metodologías adaptativas a escenarios culturales plurales, de simuladores y la inclusión de destrezas socioemocionales en los programas de instrucción exponen que entrenarse no alude exclusivamente a obtener habilidades técnicas, sino también desenvolver componentes psicológicos que posibiliten contrarrestar la incertidumbre, la presión del tiempo y el estrés.

En proyección al futuro, la psicología aeronáutica presenta retos inevitables. En tal sentido, la inteligencia artificial y la automatización, por ejemplo, proponen interrogantes en torno a qué rol van a desempeñar piloto y la tripulación; es decir, ¿cómo mantener la vigilancia activa cuando los sistemas automáticos reducen la necesidad de intervención?; ¿qué competencias deberán priorizarse cuando las decisiones críticas dependan cada vez más de la interacción hombre con máquina? En consecuencia, estos interrogantes se articulan con el interés de un estudio recurrente que posibilite acoplar los modelos psicológicos y las normativas a un medio en continua fluctuación.

En el ámbito de Latinoamérica, sobre todo en Colombia, se habilita un campo para robustecer una cultura de seguridad mediante la cual se destaque la pertinencia del elemento humano por encima del acatamiento normativo. Por ende, el acoplamiento de la psicología aeronáutica en los SMS, en la reglamentación nacional y en la formación de nuevas generaciones de pilotos y controladores implica una posibilidad para robustecer la resiliencia del sistema de aviación a nivel región.

De conformidad con lo señalado, este tipo de psicología no puede comprenderse solo como una disciplina accesoria, sino también como una piedra angular para el porvenir inmediato y el futuro de la aeronáutica. En esa medida, su importancia radica en arrojar luz sobre los límites entre las restricciones humanas y sus competencias, así como en elaborar espacios que impulsen el rendimiento y la edificación de culturas que se nutran de las fallas, sin caer en la culpabilización, sino produciendo episteme para impedir su réplica.



En suma, estas páginas procuraron contribuir con este aprendizaje, al brindar un panorama completo que enlaza los fundamentos teóricos con la práctica, al sujeto con la organización, y al pasado con los retos del futuro. De tal modo, la conclusión es evidente: la seguridad aérea es, frente a todo, un producto humano.



Referencias

- Aeronáutica Civil de Colombia. (2018). Informe final de accidente: Avión Avro RJ85, matrícula CP-2933, La Unión – Antioquia, 28 de noviembre de 2016. Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. <https://www.aerocivil.gov.co>
- Aeronáutica Civil de Colombia. (2015). *Reglamentos Aeronáuticos de Colombia (RAC), Parte 91: Reglas generales de vuelo y operación*. Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil.
- Aeronáutica Civil de Colombia. (2020). *Reglamentos Aeronáuticos de Colombia (RAC), Parte 100: Reglamentación operación de sistemas de aeronaves no tripuladas UAS (UAS/RPAS)*. Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil.
- Arendt, J. (2010). Shift work: Coping with the Biological Clock. *Occupational Medicine*, 60(1), 10-20. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqp162>
- Ayaz, H. y Dehais, F. (Eds.). (2019). *Neuroergonomics: The Brain at Work and in Everyday Life*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-02196-4>
- Bagshaw, M. (2008). Cosmic Radiation in Commercial Aviation. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 6(3), 125-127. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2007.10.003>
- Bainbridge, L. (1983). Ironies of Automation. *Automatica*, 19(6), 775-779. [https://doi.org/10.1016/0005-1098\(83\)90046-8](https://doi.org/10.1016/0005-1098(83)90046-8)
- Bartram, D. (1995). The Predictive Validity of Personality Assessment in Selection Settings. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 68(3), 219-236. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8325.1995.tb00589.x>
- Borghini, G., Astolfi, L., Vecchiato, G., Mattia, D., y Babiloni, F. (2014). Measuring Neurophysiological Signals in Aircraft Pilots and Car Drivers for the Assessment of Mental Workload, Fatigue and Drowsiness. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 44, 58-75. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.10.003>



- Bronkhorst, A. W. (2000). The Cocktail Party Phenomenon: A Review of Research on Speech Intelligibility in Multiple-Talker Conditions. *Acta Acustica United with Acustica*, 86(1), 117-128. <https://doi.org/10.3758/s13414-015-0882-9>
- Brookings, J. B., Wilson, G. F. y Swain, C. R. (1996). Psychophysiological Responses to Changes in Workload During Simulated Air Traffic Control. *Biological Psychology*, 42(3), 361-377. [https://doi.org/10.1016/0301-0511\(95\)05167-8](https://doi.org/10.1016/0301-0511(95)05167-8)
- Caldwell, J. A. (2005). Fatigue in Aviation. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 3(2), 85-96. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2004.07.008>
- Caldwell, J. A., Mallis, M. M., Caldwell, J. L., Paul, M. A., Miller, J. C. y Neri, D. F. (2009). Fatigue Countermeasures in Aviation. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 80(1), 29-59. <https://doi.org/10.3357/ASEM.2435.2009>
- Carretta, T. R. (2011). Pilot Candidate Selection Method: Still an Effective Predictor of US Air Force Pilot Training Performance. *Aviation Psychology and Applied Human Factors*, 1(1), 3-8. <https://doi.org/10.1027/2192-0923/a00002>
- Casner, S. M., y Schooler, J. W. (2015). Vigilance Impossible: Diligence, Distraction, and Daydreaming all Lead to Failures in a Practical Monitoring Task. *Consciousness and Cognition*, 35, 33-41. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2015.04.019>
- Dehais, F., Lafont, A., Roy, R. y Fairclough, S. (2020). A Neuroergonomics Approach to Mental Workload, Engagement and Human Performance. *Frontiers in Neuroscience*, 14, 268. <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00268>
- Dekker, S. (2012). *Just Culture: Balancing Safety and Accountability* (2ª ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.4324/9781315251271>
- Dekker, S. (2014). *The Field Guide to Understanding "human error"* (3ª ed.). CRC Press. https://www.humanfactors.lth.se/fileadmin/lusa/Sidney_Dekker/books/DekkersFieldGuide.pdf
- De Simoni, M. E. (2024). El riesgo de la automatización. Lecciones aprendidas de la aviación comercial. *Revista De Investigación En Modelos Financieros*, 2, 1-17. [https://doi.org/10.56503/rimf/Vol.2\(2021\)p.1-17](https://doi.org/10.56503/rimf/Vol.2(2021)p.1-17)
- Endsley, M. R. (1995). Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors*, 37(1), 32-64. <https://doi.org/10.1518/001872095779049543>



- Endsley, M. R. y Kiris, E. O. (1995). The Out-of-the-loop Performance Problem and Level of Control in Automation. *Human Factors*, 37(2), 381-394. <https://doi.org/10.1518/001872095779064555>
- European Union Aviation Safety Agency. (2020). *Artificial Intelligence Roadmap 1.0: A Human-Centric Approach to AI in Aviation*. EASA. <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/EASA-AI-Roadmap-v1.0.pdf>
- Fairclough, S. H., y Lotte, F. (2020). Grand Challenges in Neurotechnology and System Neuroergonomics. *Frontiers in Neuroergonomics*, 1, 602504. <https://doi.org/10.3389/fnrgo.2020.602504>
- Federal Aviation Administration. (2016). FAA Order 8000.369B: Safety Management System. U.S. Department of Transportation. https://www.faa.gov/regulations_policies/orders_notices/index.cfm/go/document.information/documentID/1037699
- Flin, R., O'Connor, P., y Crichton, M. (2008). Safety at the Sharp end: A Guide to Non-Technical Skills. Ashgate. <https://doi.org/10.1201/9781315607467>
- García -Fernández, J. M., Martínez-Monteagudo, M. C. e Inglés, C. J. (2012). ¿Cómo se relaciona la ansiedad escolar con el rendimiento académico? *Revista Iberoamericana de Psicología y Salud*, 4(1), 63-76.
- García-Herrero, S., Mariscal, M. A., Gutiérrez, J. M., y Ritzel, D. O. (2013). Using Bayesian Networks to Analyze Occupational Stress Caused by Work Demands: Preventing Stress Through Social Support. *Accident Analysis y Prevention*, 123, 208-218. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.04.009>
- Gibb, R., Ercoline, W. R. y Scharff, L. F. V. (2011). Spatial Disorientation: Decades of Pilot Fatalities. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 81(7), 718-724. <https://doi.org/10.3357/ASEM.2754.2010>
- Goel, N., Basner, M., Rao, H., y Dinges, D. F. (2013). Circadian Rhythms, Sleep Deprivation, and Human Performance. *Progress in Molecular Biology and Translational Science*, 119, 155-190. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396971-2.00007-5>
- Goeters, K.-M., Maschke, P., y Eißfeldt, H. (2004). Ability Requirements in Core Aviation Professions: Job Analysis of Airline Pilots and Air Traffic Controllers. En K. M. Goeters (Ed.), *Aviation Psychology: Practice and Research* (pp. 99-119). Ashgate. <https://doi.org/10.4324/9781315261843-14>
- Guldenmund, F. W. (2000). The Nature of Safety Culture: A Review of Theory and Research. *Safety Science*, 34(1-3), 215-257. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(00\)00014-X](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(00)00014-X)



- Guldenmund, F. W. (2010). *Understanding and Exploring Safety Culture*. Delft University Press.
- Hancock, P. A. y Desmond, P. A. (2001). *Stress, Workload, and Fatigue*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420042018>
- Hancock, P. A. y Szalma, J. L. (Eds.). (2008). *Performance Under Stress*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315599946>
- Hart, S. G. y Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. En P. A. Hancock y N. Meshkati (Eds.), *Human mental workload* (pp. 139-183). North Holland. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)62386-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62386-9)
- Haslbeck, A. y Hoermann, H. J. (2016). Flying the Needles: Flight Deck Automation Erodes Fine-Motor Flying Skills among Airline Pilots. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 58(4), 533-545. <https://doi.org/10.1177/0018720816640394>
- Helmreich, R. L. (2000). On Error Management: Lessons from Aviation. *BMJ*, 320(7237), 781-785. <https://doi.org/10.1136/bmj.320.7237.781>
- Helmreich, R. L. y Merritt, A. C. (2001). *Culture at Work in Aviation and Medicine: National, Organizational and Professional Influences* (1ª ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315258690>
- Helmreich, R. L., Merritt, A. C. y Wilhelm, J. A. (1999). The Evolution of Crew Resource Management Training in Commercial Aviation. *International Journal of Aviation Psychology*, 9(1), 19-32. https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0901_2
- Hockey, G. (1997). Compensatory Control in the Regulation of Human Performance Under Stress and High Workload: A cognitive-energetical framework. *Biological Psychology*, 45(1-3), 73-93. [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(96\)05223-4](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(96)05223-4)
- Hudson, P. (2003). Applying the Lessons of High-Risk Industries to Health Care. *Quality and Safety in Health Care*, 12(Suppl 1), i7-i12. https://doi.org/10.1136/qhc.12.suppl_1.i7
- Hunter, D. R., Martinussen, M. y Wiggins, M. (2003). Understanding How Pilots Make Weather-Related Decisions. *International Journal of Aviation Psychology*, 13(1), 73-87. https://doi.org/10.1207/S15327108IJAP1301_5
- International Nuclear Safety Advisory Group (INSAG). (2002). Key Practical Issues in Strengthening Safety Culture (INSAG-15). International Atomic Energy Agency. <https://www.iaea.org/publications/6457/key-practical-issues-in-strengthening-safety-culture>



- International Civil Aviation Organization (ICAO). (1978). Report of the Accident at Tenerife, Canary Islands, Spain, on 27 March 1977. ICAO Circular 153-AN/56. <https://www.baaa-acro.com/sites/default/files/2019-05/N736PA.pdf>
- International Civil Aviation Organization (ICAO). (2013/2016). Annex 19 — Safety Management (2^a ed.). ICAO.
- International Civil Aviation Organization. (2020). Manual on Flight Data Analysis Programmes (FDAP) (2^a ed.) (Doc 10000). ICAO. <https://store.icao.int/en/manual-on-flight-data-analysis-programmes-doc-10000>
- International Civil Aviation Organization. (2020). Manual on Human Performance for Regulators (Doc. 10151) (1st ed., advance unedited). ICAO. <https://www.icao.int/safety/OPS/working-with-technology-for-safety-regulators-human-performance-manual>
- International Civil Aviation Organization. (2025). Artificial Intelligence (AI) Contribution to Aviation. ICAO. https://www.icao.int/sites/default/files/Meetings/a42/Documents/WP/wp_489_en.pdf
- International Civil Aviation Organization. (2023). *Ethics and Trust in Aviation Artificial Intelligence Systems*. ICAO.
- Kaber, D. B., y Endsley, M. R. (2004). The Effects of Level of Automation and Adaptive Automation on Human Performance, Situation Awareness and Workload in a Dynamic Control Task. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 5(2), 113-153. <https://doi.org/10.1080/1463922021000054335>
- Klein, G. (2008). Naturalistic Decision Making. *Human Factors*, 50(3), 456-460. <https://doi.org/10.1518/001872008X288385>
- Klinect, J. R., Murray, P. S., Merritt, A. C., y Helmreich, R. L. (2003). Line Operations Safety Audit (LOSA): Definition and Operating Characteristics. En *Proceedings of the 12th International Symposium on Aviation Psychology* (pp. 663-668). The Ohio State University.
- LeDoux, J. E. (2012). Rethinking the Emotional Brain. *Neuron*, 73(4), 653-676. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2012.02.004>
- Llaneza, F. (2009). *Ergonomía y psicología aplicada: Manual para la formación del especialista* (13.^a ed.). Lex Nova.
- Martínez-Córcoles, M. y Stephanou, K. (2017). Linking Active Transactional Leadership and Safety Performance in Military Operations. *Safety Science*, 96, 93-101. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.03.009>
- Masterson, E. A., Bushnell, P. T., Themann, C. L., Morata, T. C. y Gerr, F. (2016). Hearing Impairment Among Noise-Exposed Workers —United States,



- 2003-2012. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 65(15), 389-394. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6515a2>
- Maurino, D. E., Reason, J., Johnston, N. y Lee, R. B. (2017). *Beyond Aviation Human Factors: Safety in High Technology Systems*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315261652>
- O'Connor, P., Campbell, J., Newon, J., Melton, J., Salas, E. y Wilson, K. A. (2008). Crew Resource Management Training Effectiveness: A Meta-Analysis and Some Critical Needs. *International Journal of Aviation Psychology*, 18(4), 353-368. <https://doi.org/10.1080/10508410802347044>
- Orasanu, J. y Fischer, U. (1997). Finding Decisions in Natural Environments: The View from the Cockpit. En C. E. Zsombok y G. A. Klein (Eds.), *Naturalistic Decision Making* (pp. 343-357). Lawrence Erlbaum Associates.
- Parasuraman, R. y Manzey, D. H. (2010). Complacency and Bias in Human Use of Automation: An Attentional Integration. *Human Factors*, 52(3), 381-410. <https://doi.org/10.1177/0018720810376055>
- Parasuraman, R. y Riley, V. (1997). Humans and Automation: Use, Misuse, Disuse, Abuse. *Human Factors*, 39(2), 230-253. <https://doi.org/10.1518/00187209778543886>
- Parasuraman, R. y Rizzo, M. (2008). *Neuroergonomics: The Brain at Work*. Oxford University Press.
- Petrilli, R. M., Roach, G. D., Dawson, D. y Lamond, N. (2006). The Sleep, Subjective Fatigue, and Sustained Attention of Commercial Airline Pilots During an International Pattern. *Chronobiology International*, 23(6), 1357-1362. <https://doi.org/10.1080/07420520601085925>
- Previc, F. H. y Ercoline, W. R. (2004). Spatial Disorientation in Aviation. Progress in Astronautics and Aeronautics (vol. 203). AIAA. <https://doi.org/10.2514/4.866708>
- Reason, J. (1997). *Managing the Risks of Organizational Accidents*. Ashgate. <https://doi.org/10.4324/9781315543543>
- Reason, J. (2000). Human Error: Models and Management. *BMJ*, 320(7237), 768-770. <https://doi.org/10.1136/bmj.320.7237.768>
- Rosekind, M. R., Co, E. L., Gregory, K. B., y Miller, D. L. (2000). *Crew Factors in Flight Operations XII: A Survey of Sleep Quantity and Quality in On-Board Crew Rest Facilities* (NASA Technical Memorandum NASA/TM-2000-209611). Ames Research Center, NASA. <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20010038243/downloads/20010038243.pdf>



- Salanova, M., y Schaufeli, W. (2009). *El engagement en el trabajo: cuando el trabajo se convierte en pasión*. Alianza Editorial.
- Salas, E., Bowers, C. A. y Edens, E. (Eds.). (2001). *Improving Teamwork in Organizations: Applications of Resource Management Training*. CRC Press. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1201/b12465>
- Salas, E., Burke, C. S., Bowers, C. A. y Wightman, D. C. (2006). Does Crew Resource Management (CRM) Training Work? An Update, an Extension, and Some Critical Needs. *Human Factors*, 48(2), 392-412. <https://doi.org/10.1518/001872006777724444>
- Salas, E., Burke, C. S., Bowers, C. A. y Wilson, K. A. (2001). Team Training in the Skies: Does Crew Resource Management (CRM) Training Work? *Human Factors*, 43(4), 641-674. <https://doi.org/10.1518/001872001775870386>
- Salmon, P. M., Stanton, N. A., Walker, G. H., Jenkins, D. P., Rafferty, L. A. y Young, M. S. (2010). *Human Factors Methods and Accident Analysis: Practical Guidance and Case Study Applications*. Ashgate.
- Samel, A., Wegmann, H. M. y Vejvoda, M. (1995). Jet-lag and Sleepiness in Aircrew. *Journal of Sleep Research*, 4(Suppl. 2), 30-36. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2869.1995.tb00223.x>
- Santiago-Espada, Y., Myer, R. R., Latorella, K. A. y Comstock, J. R., Jr. (2011). The Multi-Attribute Task Battery II (MATB-II) Software for Human Performance and Workload Research: A User's Guide (NASA Technical Memorandum NASA/TM-2011-217164). Langley Research Center, Hampton, National Aeronautics and Space Administration. <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20110014456/downloads/20110014456.pdf>
- Sarter, N. B., y Woods, D. D. (1995). How in the World Did We Ever Get Into that Mode? Mode Error and Awareness in Supervisory Control. *Human Factors*, 37(1), 5-19. <https://doi.org/10.1518/001872095779049516>
- Shappell, S. A., y Wiegmann, D. A. (2000). The Human Factors Analysis and Classification System-HFACS (Technical Report DOT/FAA/AM-00/7). Civil Aerospace Medical Institute, Federal Aviation Administration.
- Slovic, P. (1987). Perception of Risk. *Science*, 236(4799), 280-285. <https://doi.org/10.1126/science.3563507>
- Stokes, A. F., y Kite, K. (2017). *Flight Stress: Stress, Fatigue, and Performance in Aviation* (1ª ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315255200>
- Stolzer, A. J., Halford, C. D. y Goglia, J. J. (2016). *Safety Management Systems in Aviation* (2ª ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315607504>



- Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. (2022). Plan estratégico de seguridad operacional 2020-2022. Bogotá: Aerocivil. https://www.aerocivil.gov.co/autoridad_aeronautica/publicaciones/3597/seguridad-operacional/?utm_source=chatgpt.com
- Unión Europea. (2018). Reglamento (UE) 2018/1042 de la Comisión, de 23 de julio de 2018, por el que se modifica el Reglamento (UE) n.º 965/2012 en lo que respecta a los requisitos técnicos y procedimientos administrativos relativos a las operaciones aéreas. Diario Oficial de la Unión Europea, L 188, 3-23. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32018R1042>
- Van Dongen, H. P. A., y Dinges, D. F. (2005). Sleep, Circadian Rhythms, and Psychomotor Vigilance. *Clinics in Sports Medicine*, 24(2), 237-249. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2004.12.007>
- West, J. B. (2012). High-Altitude Medicine. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 186(12), 1229-1237. <https://doi.org/10.1164/rccm.201207-1323CI>
- Wickens, C. D. (2008). Multiple Resources and Mental Workload. *Human Factors*, 50(3), 449-455. <https://doi.org/10.1518/001872008X288394>
- Wiegmann, D. A., y Shappell, S. A. (2003). *A Human Error Approach to Aviation Accident Analysis: The Human Factors Analysis and Classification System*. Ashgate Publishing.
- Yerkes, R. M., y Dodson, J. D. (1908). The Relation of Strength of Stimulus to Rapidity of Habit-Formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, 18(5), 459-482. <https://doi.org/10.1002/cne.920180503>
- Young, M. S., Brookhuis, K. A., Wickens, C. D. y Hancock, P. A. (2015). State of Science: Mental Workload in Ergonomics. *Ergonomics*, 58(1), 1-17. <https://doi.org/10.1080/00140139.2014.956151>



A pesar de los extraordinarios avances tecnológicos en el diseño de aeronaves y sistemas de navegación, la aviación moderna sigue dependiendo de un elemento irremplazable: el ser humano. Controladores, pilotos, ingenieros y tripulaciones forman una red compleja donde las emociones, las decisiones y las limitaciones humanas inciden decisivamente en la seguridad.

En este escenario, la psicología aeronáutica es fundamental. Este libro examina su evolución histórica: el crucial paso de un enfoque que culpaba al error individual a un modelo sistémico que conecta la tecnología, el sujeto y la organización. Este cambio de paradigma no solo transformó la investigación de accidentes, sino que impulsó las regulaciones internacionales que hoy sitúan al ser humano en el eje de la seguridad operacional.

A través de sus capítulos, esta obra ofrece un aporte capital para el sector. El texto aborda desde los principios conceptuales de la disciplina, el trabajo en equipo y los procesos cognitivos bajo presión, hasta el impacto del estrés, la fatiga y los desafíos que plantea un porvenir permeado por la automatización. Una lectura imprescindible para profesionales y apasionados del mundo aeronáutico.