



## EL RIESGO DE LA AUTOMATIZACIÓN. LECCIONES APRENDIDAS DE LA AVIACIÓN COMERCIAL

*María Eugenia De Simoni*

*Universidad Católica Argentina. Av. Alicia Moreau de Justo 1400. Ciudad de Buenos Aires (C1107AFB) Argentina.*

*[eugeniadesimoni@yahoo.com.ar](mailto:eugeniadesimoni@yahoo.com.ar)*

### Resumen

Recibido: 06/2021

Aceptado: 10/2021

#### Palabras clave

Dependencia de automatización.

Aviación comercial.

Lecciones aprendidas.

Las organizaciones a menudo eligen nuevas formas de trabajo automatizado para reducir los costos en sus actividades. La industria de la aviación comercial se considera pionera en la aplicación de herramientas automáticas para reducir la carga de trabajo del piloto, incluyendo aumentos en seguridad, economía y precisión.

Los aviones modernos utilizan cada vez más la automatización para una operación segura y eficiente, disminuyendo la intervención humana en el proceso de vuelo. Sin embargo, los últimos accidentes han demostrado que la automatización también tiene el potencial de causar incidentes significativos cuando se malinterpreta o se maneja de forma inadecuada. La aviación comercial ha detectado riesgos específicos relacionados con la creciente dependencia en la automatización y acciones que se deberían tomar para mitigarlos.

Los avances en dependencia de automatización de la aviación comercial nos permiten tomar lecciones aprendidas en demás industrias y procesos de las organizaciones.

Copyright: Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.

ISSN: 2250-687X - ISSN (En línea): 2250-6861

## THE RISK OF AUTOMATION: LESSONS LEARNED IN THE COMMERCIAL AVIATION INDUSTRY

*María Eugenia De Simoni*

*Universidad Católica Argentina. Av. Alicia Moreau de Justo 1400. Ciudad de Buenos Aires (C1107AFB) Argentina.*

*eugeniadesimoni@yahoo.com.ar*

### Abstract

#### KEYWORDS

Automation dependence.

Commercial aviation.

Lessons learned.

Organizations often choose new forms of automated work to reduce costs in their activities. The commercial aviation industry is considered a pioneer in the application of automated tools to reduce pilot workload, including increases in safety, economy and accuracy.

Modern aircraft increasingly use automation for safe and efficient operation, decreasing human intervention in the flight process. However, recent accidents have shown that automation also has the potential to cause significant incidents when misinterpreted or mishandled. Commercial aviation has identified specific risks related to increasing reliance on automation and actions that should be taken to mitigate them.

Advances in dependence on commercial aviation automation allow us to take lessons learned in other industries and processes of organizations.

Copyright: Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.

ISSN: 2250-687X - ISSN (En línea): 2250-6861

## 1. INTRODUCCIÓN

¿Puede la inteligencia artificial reemplazar la intervención humana? ¿Cuáles son las lecciones aprendidas de la aviación? La evidencia de accidentes ha demostrado las fallas en tomas de decisiones en conjunto con sistemas automatizados; en algunos casos, la dependencia y sobreconfianza en la automatización fueron determinantes para los accidentes aéreos que se han producido en los últimos años (Cantwell, 2019).

En este trabajo exploramos las automatizaciones en la industria de la aviación comercial, lo cual revela organizaciones ávidas de implementar diferentes opciones de inteligencia artificial disponibles en la actualidad.

La adopción de automatización en todas sus formas (inteligencia artificial, *machine learning*, *blockchain*) parecería no tener límites a la hora de optimizar costos y operación en las organizaciones. En este aspecto, las computadoras, los robots y otras tecnologías digitales están adquiriendo habilidades ordinarias y de procesos intelectuales decisivos a un ritmo extraordinario.

Estas nuevas tecnologías no solo pueden reemplazar el trabajo manual de bajo valor agregado, sino que además tienen la capacidad de procesar decisiones intelectuales, de alto valor agregado (De Simoni, 2019).

Este trabajo explora los efectos de la automatización en la aviación comercial. Definimos la automatización como el uso de sistemas de control y tecnologías de información para reducir la necesidad de trabajo humano en la producción de bienes y servicios (Chialastri, 2012).

¿Qué riesgos existen en la automatización intelectual, que promete capacidades decisorias capaces de reemplazar las capacidades humanas? La industria de la aviación comercial resulta ser un sector donde se observan esfuerzos constantes para entender los riesgos de las automatizaciones.

En 1997, el Capitán Warren Van Der Burgh, de American Airlines, se refirió a la creciente dependencia de la automatización la cual que está convirtiendo a los pilotos en lo que llamó “Hijos del magenta”, color utilizado para los modos de piloto automático en las pantallas de vuelo. Veinte años después, no ha habido interrupciones y lo que se observa es aún más automatización. La automatización es una constante y ha hecho que la industria sea más eficiente y segura (Kumar, 2017).

El estado final lógico e inevitable de la automatización en la aviación es el avión de pasajero totalmente autónomo y sin piloto. La tecnología no parece ser el factor limitante en lograr este objetivo, pero sí la seguridad con respecto a los sistemas y su comportamiento (Brown, 2016).

Dada la experiencia de esta industria en la aplicación de automatizaciones en las decisiones de vuelo, surge la posibilidad de tomar las recientes lecciones aprendidas en aviación para comprender los riesgos de estas aplicaciones y cuáles son las acciones que se deberían adoptar para la mitigación de los mismos.

La evidencia en la industria de la aviación comercial de los últimos años relata una dependencia de automatización (*automación dependency*), resultando en siniestros como el caso de Air France, Asiana y Boeing Max. Desde 2008, una mejor gestión de la automatización podría haber evitado que ocurrieran 39 accidentes en la aviación (Monks, 2019).

¿Qué podemos aprender de la industria de la aviación en relación a la automatización de procesos? En este trabajo se exploran los riesgos de la dependencia de automatización, qué significan y cómo se puede reflexionar sobre las interacciones humanas del piloto y sus paralelismos con la gerencia en las organizaciones.

El sector de la aviación ha desarrollado a lo largo de los últimos 40 años el modelo de CRM (*Crew Resource Management*), método creado para optimizar el rendimiento, reduciendo el efecto de los errores humanos a través del uso de todos los recursos para resolver los problemas, incluyendo personas, tecnología y procesos (Muñoz-Marrón, 2018).

Bajo este modelo, se han analizado en la aviación las interacciones del hombre con la máquina. Este concepto de CRM (también utilizado en otras industrias) permite una evaluación constante de los errores o riesgos a que se enfrentan estas interacciones hombre-máquina. Dado el impacto que significan los errores en la aviación con múltiples consecuencias vitales y económicas, estos estudios cobran elevada importancia.

Estos análisis resultan de interés para la revisión de los efectos de las automatizaciones en las decisiones humanas y cuáles son las interacciones con tales automatizaciones que requieren un rol diferente del usuario, analista o gerente.

En el análisis recurrente de los riesgos detectados en la dependencia de automatizaciones en la aviación comercial deberían brindarse a la administración de las organizaciones aquellas lecciones aprendidas en la adopción de tecnologías automáticas, sus riesgos y la mitigación de estos. En este sentido, el propósito que se persigue en este trabajo es generar alertas y recomendaciones gerenciales válidas para la adopción óptima de automatizaciones a nivel organizacional.

## **2. AUTOMATIZACIÓN INTELLECTUAL: CONTEXTO ORGANIZACIONAL**

Para el abordaje de este trabajo consideramos a la organización desde una concepción teórica económica, con el predominio de la Teoría de Costos de Transacción. Bajo estos principios, se exploran las consecuencias de adopción de automatizaciones para la reducción de costos y potencial pérdida de intervención humana, no solo en tareas manuales sino también en tareas de automatización intelectual (De Simoni, 2019).

Se define automatización intelectual a los avances tecnológicos en robótica, inteligencia artificial (AI, por sus siglas en inglés), el aprendizaje automático (*machine learning*) y la cadena de suministros (*blockchain*).

Estos procesos de innovación tecnológica están abriendo el camino hacia una nueva era de automatización. A diferencia de otros procesos de automatización en épocas pasadas, actualmente se considera que todas las profesiones tienen potencial para ser automatizadas parcial o totalmente, ya que un alto porcentaje de sus actividades son automatizables. Se estima que cerca de la mitad de las actividades que son remuneradas en el mundo son automatizables, si se adaptan las tecnologías probadas en la actualidad (Manyika, Chui, Miremadi, Bughin, George, Willmott y Dewhurst, 2017).

Los avances en la automatización de las aeronaves han contribuido significativamente a la seguridad y han cambiado la forma en que los pilotos de las aerolíneas realizan sus tareas, desde volar manualmente la aeronave hasta pasar la mayor parte de su tiempo monitoreando los sistemas de la cubierta de vuelo. Si bien las aerolíneas han utilizado la automatización de manera segura durante mucho tiempo para mejorar la eficiencia y reducir la carga de trabajo del piloto, varios accidentes recientes, incluido el accidente del vuelo 214 de Asiana Airlines en julio de 2013, han demostrado que los pilotos que generalmente vuelan con automatización pueden cometer errores

cuando se enfrentan a un evento inesperado o en transición al vuelo manual. Como resultado, la dependencia de la automatización es una preocupación creciente entre los expertos de la industria, quienes también han cuestionado si los pilotos reciben suficiente capacitación y experiencia para mantener la competencia de vuelo manual (Federal Aviation Administration, 2016).

Los aviones modernos dependen cada vez más de la automatización para una operación segura y eficiente. Los pilotos automáticos de hoy son mucho más avanzados y confiables. Compiten y superan el vuelo de los pilotos expertos, por lo que la tendencia generalizada es usarlos más. Del mismo modo, se observa que el uso excesivo y confiable de la automatización de aeronaves conduce a la complacencia y a la erosión de las habilidades básicas de vuelo (Schiff, 2015).

El ciclo hacia más autónomas automatizaciones seguramente continuará. De acuerdo con Perrow (2009),

El núcleo duro de los accidentes del sistema, por pequeño que sea, probablemente no se reducirá. Esto se debe a que, con cada nuevo avance en los equipos o el entrenamiento, hay más presión por llevar el sistema hasta sus límites [el resaltado no está en el original] (Perrow, 2009, p. 24).

### **3. LOS EFECTOS DE LA AUTOMATIZACIÓN EN LA AVIACIÓN**

#### **3.1. Ventajas y desventajas de la automatización**

El uso de las automatizaciones en la cabina de vuelo (*cockpit*) aumenta la comodidad del pasajero, prevé un control mejorado de la trayectoria de vuelo y mínimos riesgos climáticos reducidos.

La automatización puede aliviar a los pilotos de tareas repetitivas o no gratificantes para las cuales los humanos son menos adecuados, aunque invariablemente cambia la participación activa de los pilotos en la operación de la aeronave en una función de monitoreo que los humanos son particularmente pobres para realizar de manera efectiva o por largos períodos. Por ejemplo, según el artículo “Cockpit Automation - Advantages and Safety Challenges” (2020), los pilotos que invariablemente vuelan con el Autothrottle (AT) activado pueden perder rápidamente el hábito de escanear indicaciones de velocidad. Por lo tanto, cuando el AT se desconecta, ya sea por diseño o después de un mal funcionamiento, los pilotos no notarán ni reaccionarán incluso a grandes desviaciones de velocidad.

Una buena automatización reduce la carga de trabajo y libera recursos de atención para enfocarse en otras tareas. Pero la necesidad de “administrar” la automatización, particularmente cuando involucra la entrada o recuperación de datos a través de un teclado, coloca tareas adicionales en el piloto que también pueden aumentar la carga de trabajo de este. Por el contrario, una automatización pobre o deficiente puede reducir la conciencia situacional de los operadores y crear desafíos significativos de carga de trabajo cuando los sistemas fallan.

#### **3.2. Niveles de automatización**

El primer piloto automático data de 1914, cuando permitió que el avión volara recto y nivelado en una ruta sin la atención del piloto. Desde entonces, la complejidad de la automatización en la cabina ha crecido en línea con una mayor funcionalidad y regulación. Indudablemente ha contribuido a un tremendo aumento en la seguridad. Pero mientras que, en 1914, el piloto mantuvo el control total, con el tiempo los pilotos automáticos han brindado mucha más funcionalidad de una manera confiable para el piloto, permitiendo ejecutar diversas tareas complejas.

Se distinguen, en primera instancia, los siguientes niveles de automatización:

- **Nivel bajo o manual:** Es producido por nuestras reacciones físicas automáticas para mover los controles y los aceleradores de acuerdo con las señales transmitidas a nuestro cerebro, provenientes de los diferentes indicadores de nuestra instrumentación y de nuestra visión exterior.
- **Nivel medio o automático:** Es aquel producido durante nuestro vuelo con el piloto automático enganchado, cuando seleccionamos manualmente nuestro nivel de vuelo, data de ascenso o descenso, selección de dirección, etc., a fin de que el piloto automático lo lleve a cabo por un período corto de vuelo.
- **Nivel alto o computarizado:** Aquel que se produce cuando tenemos enganchado el piloto automático al ordenador, computador o sistema de gestión de vuelo *Flight Management System* (FMS), el cual conduce totalmente el vuelo durante muchas horas.

La automatización de las aeronaves tiene como objetivo principal aliviar el trabajo a la tripulación y, por ende, la tendencia natural de los pilotos de aeronaves avanzadas de utilizar el nivel más alto o totalmente automatizado tan pronto se despegue. Aun cuando un nivel de automatización alto o computarizado reduce verdaderamente la carga de trabajo en vuelos largos, las estadísticas indican que la mayoría de los accidentes aéreos se produce cuando muy rápidamente se pasa de un alto nivel de automatización a uno bajo o manual, durante una situación de emergencia o bajo una solicitud de cambios importantes por el control de aproximación, cargando a la tripulación de mucho trabajo en muy corto tiempo (Kumar, 2017).

El Capitán Van Der Burgh sostiene que deberíamos usar el nivel de automatización apropiado para la fase de vuelo (Kumar, 2017). Seleccionar el modo más alto de automatización no siempre es lo correcto. A veces, llegar a un nivel inferior de automatización puede reducir la carga de trabajo o ser más apropiado para la tarea en cuestión. Los pilotos automáticos no pueden detectar aves u otro avión. Tampoco pueden entender las instrucciones *Air Traffic Control* (ATC) o tener en cuenta las obstrucciones inexploradas que han surgido después de la última actualización.

La principal directiva de un piloto es volar el avión de manera segura. Esto significa que él o ella debe ser competente en operar en todos los niveles de automatización, incluido el nivel más bajo: volar manualmente. Nunca se debe confiar en la automatización sin verificación y monitoreo constantes.

La pregunta no es si automatizar o no, sino si los pilotos deben activar o desactivar la automatización, en qué momento y si sus capacidades están desarrolladas en línea con los niveles de automatización que tenga la aeronave (Ferris, Sarter & Wickens, en Salas & Maurino, 2010). En este sentido, existe una visión más compleja que distingue varias etapas, niveles y formas de automatización y se ocupa de cómo apoyar a los pilotos en la configuración dinámica y la colaboración con las contrapartes de la máquina, es decir, a cada nivel de automatización le corresponde una etapa de procesamiento humano.

Parasuraman, Sheridan & Wickens (2000) han desarrollado una taxonomía de etapas y niveles en los cuales se definen estados de automatización que corresponden a las etapas del procesamiento de información humana, asistidas por la automatización.

Los inconvenientes relacionados con la interacción humano-automatización son, en parte, en función de diferentes tipos, etapas y niveles de automatización. Pero también implican dos características fundamentales inherentes al diseño de automatización: la observabilidad y la directibilidad (Christoffersen & Woods, 2002). La observabilidad se refiere a la capacidad de un operador para ver objetivos y actividades actuales y futuras de la automatización. La

direccionalidad significa permitir que el usuario (re)dirija la automatización cuando se requiere intervención.

#### **4. RIESGOS DE LA AUTOMATIZACIÓN DE LA CABINA**

##### **4.1. Fuera de ritmo, sesgo de automatización, sorpresa, pérdida de conciencia situacional**

Los diseñadores de sistemas automatizados se esfuerzan por lograr una serie de objetivos, incluidos una reducción en la carga de trabajo del piloto, alivio de tener que realizar tareas cotidianas de forma regular y un nivel extremadamente alto de confiabilidad del sistema. Si bien estas son fuerzas impulsoras bien intencionadas detrás de la introducción de la automatización, tienen fallas en la interacción piloto-automatización que resultaron en algunas dificultades inesperadas (Bainbridge, 1983).

La tecnología de automatización se desarrolló originalmente para aumentar la precisión y economía de operaciones mientras que, al mismo tiempo, reduce al operador carga de trabajo y requisitos de capacitación (Hiraki & Warnink, 2016).

La automatización de cockpit refiere a un sistema autónomo que requiere poca participación humana y, por lo tanto, reduce o elimina la oportunidad del error humano. Dentro de este tipo de sistemas automatizados, la computadora realiza más y más funciones y operaciones humanas, con la posible consecuencia que los humanos tengan menos interacción con el sistema (Sarter, Woods & Billings, en Salvendy, 2012).

El humano puede ser menos consciente de las operaciones del sistema hasta el punto de quedar “fuera del circuito”. Cuando ocurre esto, el compromiso con el proceso se reduce significativamente causando que el usuario humano experimente, debido a la automatización, acceso limitado a información relevante en una situación dada. Su capacidad para detectar problemas, determinar el estado actual del sistema, comprender qué ha sucedido y qué cursos de acción son necesarios y reaccionar a la situación disminuirá. Este fenómeno puede ser descrito como “pérdida de conciencia situacional” (Kaber, Perry, Segall, McCleron & Prinzel III, 2006).

Los resultados pueden ser situaciones en las que el operador se sorprende por el comportamiento de la automatización haciendo preguntas como qué está haciendo ahora, por qué hizo eso o qué hará a continuación (Sarter, Woods & Billings, 2012).

Por lo tanto, la automatización genera situaciones “sorpresa” para los operadores humanos, quienes se enfrentan con comportamientos del sistema impredecibles y difíciles de entender. Este fenómeno fue el causante de dos accidentes aéreos de gran magnitud: el de Turkish Airlines TK1951 y el de Aire France AF447 (Hiraki & Warnink, 2016).

Muy a menudo, los usuarios de sistemas automatizados tienden a atribuir mayor poder y autoridad a los sistemas automatizados que a otras fuentes de asesoramiento (Parasuman & Manzey, 2010). En otras palabras, los usuarios de sistemas automatizados prefieren el resultado y las recomendaciones de un sistema automatizado en lugar de otras fuentes de información (por ejemplo, su propio conocimiento y experiencia).

Por otra parte, el sesgo de automatización (*automation bias*) se refiere a los fenómenos causados por la creciente inclinación que tienen las personas hacia los sistemas automatizados. Existen tres factores principales que contribuyen a la aparición del sesgo de automatización:

- Un factor es el favor de usar recomendaciones y directivas automatizadas como un reemplazo para un proceso de análisis y evaluación de la información más ardua (Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile, 2012).

- Un segundo factor es la confianza percibida de los humanos en los sistemas automatizados. De este factor se desprende el fenómeno denominado complacencia (*complacency*). En la comunidad de la aviación, la complacencia se refiere a situaciones en las que los pilotos, los controladores de tránsito aéreo u otros operadores supuestamente no realizaron verificaciones suficientes de los estados del sistema y asumen que “todo estaba bien” cuando en realidad se estaba desarrollando una condición peligrosa que condujo al accidente (Parasuman & Manzey, 2010).
- El tercer factor es la difusión de la responsabilidad, por lo que puede ocurrir holgazanería social (*social loafing*). La holgazanería social se refiere a la tendencia de los humanos a reducir su propio esfuerzo cuando trabajan de manera redundante dentro de un grupo (o con un sistema automatizado) que cuando trabajan individualmente (Parasuman & Manzey, 2010).

Estos factores surgen principalmente cuando el usuario a menudo ha experimentado una automatización confiable. Estos factores son intrascendentes mientras la automatización mantenga la confiabilidad. Sin embargo, el rendimiento de los usuarios de automatización puede comprometer considerablemente en caso de fallas de automatización, es decir, si el sistema no alerta al usuario para que se active, si el sistema proporciona una recomendación o directiva falsa o si el sistema automatizado no funciona correctamente (Parasuman & Manzey, 2010).

#### **4.2. *Deskilling* o Destreza des-adquirida**

Además de monitorear la automatización, la otra tarea que les queda a los pilotos en *cockpits* altamente automatizados es hacerse cargo de la automatización en caso de falla o comportamiento no deseado del sistema (Bainbridge, 1983).

El problema que se observa en esta tarea es que, con el tiempo, el uso continuo y extenso de la automatización puede conducir a una dependencia excesiva de la asistencia tecnológica y a la pérdida de las habilidades psicomotoras y cognitivas requeridas para el vuelo manual, un fenómeno conocido como destreza des-adquirida o *deskilling* (Ferris, Sarter & Wickens, 2010). Por lo tanto, en esas raras circunstancias en las que los pilotos deben intervenir y controlar manualmente el avión, pueden tener dificultades, especialmente porque ahora se les exige que controlen manualmente un sistema que no funciona correctamente.

El *deskilling* puede conducir a un “ciclo vicioso” de degradación del rendimiento (Parasuraman & Riley, 1997). Cuando los pilotos se dan cuenta de su propia pérdida de habilidades, esta situación conduce a una mayor confianza o descanso en la automatización. El *deskilling* fue el problema desencadenante en un accidente de vuelo controlado fuera de Cali, en Colombia (Aeronáutica Civil de la República de Colombia, 1995).

#### **4.3. Dependencia de automatización**

A medida que más y más automatización se cuele en nuestras cabinas, no se debe permitir que las habilidades de vuelo manual puro y el conocimiento del sistema se atrofien. No obstante, esto ocurre con frecuencia. El periodista y ex piloto William Langewiesche enmarcó la situación acertadamente a raíz del accidente de Air France 447 al considerar que si se entra en un ciclo de automatización, esto tarde o temprano termina generando no solo la erosión de habilidades sino fundamentalmente más automatización (Kumar, 2017).

La dependencia de automatización se ha descrito comúnmente como una situación en la que los pilotos que vuelan habitualmente aeronaves con sistemas automatizados solo tienen plena confianza en su capacidad para controlar la trayectoria de sus aeronaves cuando utilizan la funcionalidad completa de dichos sistemas. Tal falta de confianza generalmente se deriva de una



combinación de conocimiento inadecuado de los sistemas automatizados en sí mismos, a menos que todos estén empleados, y una falta de competencia de vuelo manual y de gestión de aeronaves.

#### **4.4. Confiabilidad y problemas de dependencia**

Los sistemas automatizados en aviones modernos son extremadamente confiables y continuarán mejorando a medida que se desarrollen tecnologías de sensores más sofisticadas y precisas, y a medida que los investigadores intenten ajustar la automatización de manera más eficiente, por ejemplo, determinando el mayor costo efectivo del umbral de señal, ruido para notificaciones o alertas mediante la aplicación de la Teoría de detección de señales (Parasuraman & Byrne, 2002).

Sin embargo, incluso con estas mejoras continuas, continuarán ocurriendo fallas y afectarán la confianza de los pilotos y la dependencia de sus sistemas automatizados. Si ocurren fallas de automatización, esto resulta problemático cuando la naturaleza y el alcance de las mismas no son evidentes para el operador humano. Por ejemplo, las fallas parciales de FMS pueden dejar a los pilotos inseguros de qué subsistemas aún están activos y disponibles, y desconocen cómo la falla puede interactuar con la configuración general de automatización (Sarter & Woods, 1992).

Independientemente de la confiabilidad real de un sistema automatizado, la confiabilidad percibida de un sistema tiene una fuerte influencia en la cantidad de dependencia que los operadores depositan en él y, en consecuencia, la probabilidad de su uso (Lee & Moray, 1992, 1994).

Si el nivel de dependencia es inapropiado en relación con la confiabilidad real del sistema, en otras palabras, si la confianza está “mal calibrada”, el uso de la automatización puede ser ineficiente y/o los efectos negativos del mal funcionamiento pueden exacerbarse (Parasuraman & Riley, 1997; Lee & See, 2004).

Una cantidad excesiva de confianza en un sistema de automatización de cubierta de vuelo puede resultar en un mal uso del sistema, en el cual las tripulaciones pueden continuar confiando en la automatización después de que funciona mal, incluso cuando se ha demostrado que no es confiable (Parasuraman & Riley, 1997).

Como consecuencia, las tripulaciones pueden ser ubicadas en una posición de necesidad de intervenir cuando no han monitoreado cuidadosamente el estado del proceso automatizado, disparando el riesgo de complacencia. Por el contrario, un nivel de confianza inadecuadamente bajo en un sistema puede conducir al desuso de un sistema beneficioso. El desuso de la automatización puede ocurrir cuando los sistemas tienen una alta propensión a falsas alarmas, a menudo como consecuencia directa de establecer criterios de decisión de alarma bastante bajos debido al alto costo de una advertencia perdida (Parasuraman & Riley, 1997). Una alta tasa de falsas alarmas para advertencias automáticas en la cabina puede llevar a los pilotos a ignorar o deshabilitar las alarmas debido al efecto de “lobo llorando” (Sorkin, 1988).

#### **4.5. Desbalance de la carga de trabajo**

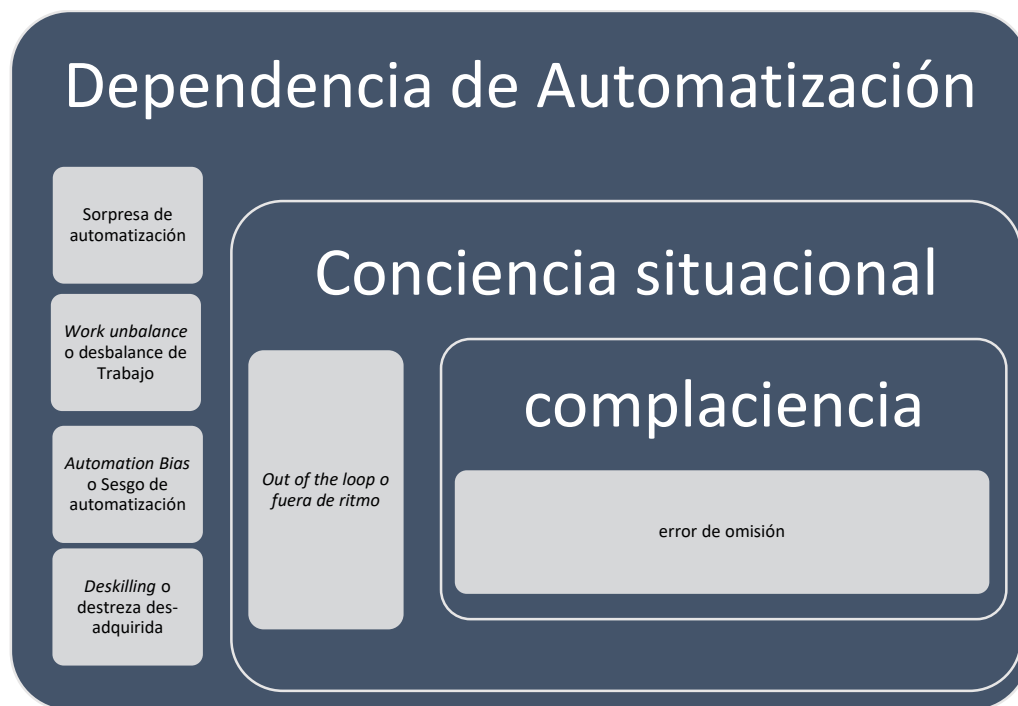
Uno de los objetivos principales de la automatización de tareas en la cabina fue (y sigue siendo) una reducción de la carga de trabajo física y cognitiva. Al principio, parecía que este objetivo se había logrado hasta cierto punto (Wiener & Nagel, 2014). Sin embargo, a medida que se aumentaba la automatización de la cabina, se hizo evidente que la cantidad total de carga de trabajo no fue reducida en mayor medida, aunque sí aumentada en las fases críticas del vuelo. Esto se denominó automatización “torpe” (Wiener & Nagel, 2014).

Las crecientes automatizaciones permitieron una reducción adicional en la carga de trabajo cuando ya era baja (por ejemplo, la fase de crucero del vuelo), mientras que durante los períodos de alto tiempo y carga de trabajo (por ejemplo, la aproximación y la salida fases), donde existe la necesidad

de instruir y monitorear la automatización, aumentó en algunos casos (Billings, 1997; Parasuraman & Riley, 1997; Wiener & Nagel, 2014).

Por lo tanto, la automatización torpe puede aumentar el riesgo de error del piloto de dos maneras: a través de decrementos de vigilancia durante largos períodos de inactividad, y a través de una supervisión inadecuada o errores de procedimiento cuando numerosas tareas compiten por la atención durante las etapas críticas (despegue y aterrizaje). Un trágico ejemplo de las consecuencias del aumento de la carga de trabajo y las demandas de atención al interactuar con la automatización durante las fases críticas del vuelo ocurrió en un accidente aéreo de 1989 cerca de Kegworth, Inglaterra. Mientras intentaba realizar un aterrizaje de emergencia debido a un mal funcionamiento del motor, tanto el capitán como el primer oficial intentaron repetidamente y no pudieron programar el FMS para mostrar patrones de aterrizaje para un aeropuerto cercano. Esta actividad consumió la atención del primer oficial durante 2 minutos completos, y puede haber afectado su capacidad de notar que el capitán estaba a punto de apagar el motor incorrecto y saludable, lo que finalmente resultó en un accidente catastrófico.

Figura 1.



Fuente: Elaboración propia.

## 5. LECCIONES APRENDIDAS: COMPRENDER, INTERVENIR, ACCIONAR

La automatización ha cambiado significativamente el rol del piloto en la aviación. Con una mayor automatización, y de acuerdo a lo analizado anteriormente, los pilotos están expuestos a una serie de riesgos de dependencia de automatización para volar la aeronave en todas las situaciones, por lo que son menos capaces de lidiar con los eventos de pérdida de control cuando ocurren. Pierden la “sensación” de su aviación, por lo que son menos capaces incluso de reconocer los cambios sutiles que preceden a una situación de pérdida de control.

La industria de la aviación está abordando estos problemas haciendo cambios en los programas de entrenamiento, incluido un nuevo enfoque en el mantenimiento continuo de las habilidades de manejo manual, como un recurso vital cuando las automáticas no funcionan correctamente. El sector también está abordando el requisito de un conocimiento más profundo de las herramientas automáticas y sistemas en sí, y qué están haciendo exactamente en cualquiera de sus modos operativo.

Varias publicaciones ofrecen recomendaciones sobre cómo mejorar la formación del piloto. Por ejemplo, Gray (2007) se refiere a la evidencia de que los pilotos no reciben capacitación a un nivel que les permita utilizar sistemas automatizados en todas las circunstancias. Afirma que los pilotos deben estar capacitados para comprender cuándo los sistemas automatizados deben descartarse y deben volver a utilizar el control manual (Gray, Bugge, Banfield, Fisher, Tait & Wilson-Clark, 2007).

Antonovich (2008) recomienda que la capacitación de los pilotos se oriente al análisis de las influencias de la automatización, de modo que estén mejor preparados para enfrentar los problemas asociados con la automatización y para mantener una mayor conciencia de la situación durante el vuelo.

La Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA, por sus siglas en inglés) realizó un cuestionario entre más de 150 encuestados, en su mayoría pilotos de líneas aéreas de Europa, que corroboran estas opiniones. EASA concluyó de su cuestionario que las habilidades de vuelo básicas y manuales tienden a disminuir debido a la falta de práctica. Además, la interacción piloto-automatización y la selección de diferentes modos de vuelo pueden distraer al piloto del vuelo real. La recomendación general en el informe es mejorar la habilidad aérea básica y las habilidades de vuelo manual de los pilotos. También se afirma que se deben mejorar las prácticas recurrentes de capacitación y pruebas con respecto a la gestión de la automatización (EASA, 2013).

En el campo de investigación del CRM se necesita analizar también cómo predecir la interacción entre la tecnología y los operadores humanos en un dominio que aún no existe. Se debe anticipar cómo la tecnología configurará el rendimiento y cómo los operadores adaptarán los sistemas a sus necesidades y preferencias. El desafío para la comunidad de factores humanos es que enfrenta un problema de “mundo imaginado” (Hoffman y Woods, 2000).

En resumen, podemos definir las siguientes recomendaciones para enfrentar los riesgos de la automatización:

1. Cambios en los entrenamientos, para el mantenimiento continuo en las habilidades manuales.
2. Entender el funcionamiento de las herramientas automáticas y activamente intervenir en el sistema para utilizarlo manualmente.
3. Entender las influencias de la automatización y sus potenciales riesgos.
4. Profundizar la práctica de habilidades manuales.
5. Las investigaciones deben potenciarse para poder predecir situaciones de interacción humana con las herramientas automáticas.

Podemos tomar estas recomendaciones para cualquier otro proceso que se enfrente a la automatización. Es así como el analista en un proceso productivo o de servicio debería comprender el alcance del proceso que realiza, gestionar la automatización y, en caso de sufrir algún inconveniente, poder entenderlo y ser capaz de degradar la tarea a manual.

Cuando en las organizaciones emprendemos un proyecto de automatización, debemos entrenar a los usuarios para que entiendan los procesos desde principio a fin. Normalmente, el primer usuario, en el caso de una transición de manual a automático, conoce el proceso pero luego, si no surge de transmisión oral, el conocimiento del proceso y sus consecuencias en sí no son tenidos en cuenta, existiendo así un vacío intelectual respecto al “significado” real de ese proceso. Es por eso que estas recomendaciones resultan de utilidad para comprender la degradación que se puede llegar a producir del conocimiento de la tarea, si el usuario (analista o gerente) pierde el conocimiento respecto del proceso automatizado. Volvemos a la pregunta original ¿es posible reemplazar las actividades intelectuales con avances en las automatizaciones? En principio, lo que nos advierte la aviación es que los humanos intervinientes con las crecientes automatizaciones deben ser capaces de comprender, intervenir las tareas automatizadas y no “descansar” o “depender” ciegamente en la automatización.

## CONCLUSIONES

El objetivo último de la automatización en la aviación, y en toda automatización, es reemplazar ciertas tareas con un sistema automático mediante dispositivos y computadoras, incluidos pilotos automáticos, sistemas de gestión de vuelo, directores de vuelo, sistemas de advertencia y alerta, y aceleradores automáticos. El denominador común que permanece en el crecimiento exponencial de los sistemas de automatización ha sido el operador humano. Cognitivamente, la máquina humana sigue funcionando igual y, debido a su versatilidad en el procesamiento de la información, resulta difícil de describir cuantitativamente. Esto brinda a los investigadores la oportunidad de analizar la gestión del elemento humano en el proceso de automatización en términos de cognición, ergonomía y marcos psicosociales.

¿Existe una relación entre los efectos de la automatización en la industria de la aviación comercial y las propuestas de automatización en los demás procesos industriales o de servicio? Podríamos observar, a priori, la existencia de condiciones similares en las empresas si los usuarios, analistas o gerentes (quienes toman las decisiones relevantes en la organización), ya no logran entender en detalle cómo funcionan sus procesos comerciales dados los procesos evolucionados de tomas de decisiones (inteligencia artificial). El gerente se encuentra con una serie de datos que debería reconocer y entender en un contexto particular. En este sentido, las preguntas organizacionales a nivel gerencial que surgen se relacionan con los modos de reconocer un problema emergente o cómo recuperarse de una situación de pérdida de control.

Las organizaciones suponen que más automatización es el estado deseable, pero deben a su vez evaluar adecuadamente el riesgo inherente, es decir, el perder el control y la transparencia que tendrían en un sistema más simple. Por ejemplo, y dentro de la aviación comercial pero en la gerencia de operaciones, un sistema sofisticado de plantilla de personal que utiliza sus propios algoritmos podría provocar que una aerolínea no tenga suficientes pilotos o tripulación en el lugar correcto en el momento correcto. Tanto gerentes como analistas y usuarios, a menudo no se involucran en la automatización de procesos de negocios. Se lo dejan al equipo del proyecto y a los especialistas de IT, quienes establecen los parámetros y preparan los flujos de trabajo. Pero esta renuncia a la responsabilidad significa que cuanto más eficiente sea la automatización desde el punto de vista de IT, menos capaces estarán los gerentes de comprender cómo funcionan realmente los procesos. La confiabilidad en la automatización debe ser generada desde esta instancia.

La automatización permite la eliminación de ciertos roles de personal de apoyo de los gerentes. Estos roles supervisaban la información y los sistemas, y podían dirigirse directamente al gerente con cualquier inquietud. El aumento de la automatización ha reducido el número de personal operativo y administrativo, dejando un vacío intelectual en la comprensión de muchas tareas. Este

*deskilling* organizacional pone en riesgo el control de eventos inesperados, generando lo que explicamos anteriormente como “sorpresa de automatización”.

Respecto a la demasiada confianza depositada en los procesos de automatización, las organizaciones descuidan la identificación de procesos complejos, pero “rutinarios” en su registro de riesgos. No hay suficiente escenario o “qué pasaría si” se lleva a cabo la planificación, por lo que los gerentes desconocen los riesgos inherentes hasta que se produce un problema.

También puede haber desbalance en la carga de trabajo. En ciertos momentos de inactividad, la atención disminuye, pero luego hay demasiada información para asimilar en etapas críticas de la operación y requiere la mayor atención posible del analista, usuario o gerente. En este sentido, los humanos no están programados para monitorear. El equipo de un proyecto de automatización puede haber desarrollado un panel de informes con diales, indicadores y botones coloridos, pero ¿realmente muestran lo que está sucediendo y lo que está por suceder? Elegir la información para incluir en los informes significa también elegir lo que quedará fuera. La persona que hace esta elección al momento de la implementación de la automatización, ¿realmente entiende los impactos reales? Quienes monitorean estos procesos, que también son los usuarios, ¿Comprenden todo el proceso de principio a fin o solo son usuarios que perdieron o no adquirieron las habilidades necesarias del proceso?

Además, los procesos automatizados pueden volverse rápidamente inadecuados para su propósito luego de su implementación. Las organizaciones cambian rápidamente sus procesos, con fusiones, adquisiciones, desinversiones, reducción de personal, reorientación y estrategias modificadas. Resulta necesario entonces, revisar continuamente los procesos automatizados (por ejemplo, para hacer cambios que permitan hacer frente a las necesidades cambiantes del negocio, o simplemente para corregir los errores que han aparecido). Esta revisión puede llevar un tiempo considerable. A menudo, el equipo original del proyecto está en alguna otra actividad crítica o se ha ido. Por lo tanto, el personal tendrá que “hacerlo en Excel” o manualmente, con todos los riesgos de control consecuentes que conlleva. Incluso aquí, debido a las inevitables presiones de tiempo, solo se corregirá el mínimo, de arriba hacia abajo, con lo cual los informes de gestión ya no podrán capturar la historia real.

Asimismo, muchas veces la gente tiene miedo de cuestionar a los gerentes. El grado de autoridad es a menudo demasiado vertical, y esta limitación hacia los altos mando, se incrementa por la eliminación del personal de apoyo de los gerentes, reemplazados por procesos automáticos.

En definitiva, la automatización en la cabina ha mejorado la seguridad de vuelo, pero también plantea desafíos que pueden ser extensivos a otros procesos u organizaciones que emplean algún nivel de automatización en las organizaciones. ¿Es posible considerar la información obtenida en la aviación como ayuda para prevenir un evento de pérdida de control en la automatización de otros sectores industriales?

La automatización de varias operaciones de gestión de vuelos ha contribuido a una mejora profunda en la seguridad y eficacia del transporte aéreo. Pero un problema humano relacionado, la dependencia de la automatización, se ha convertido en un desafío importante para futuras mejoras en los niveles de seguridad. La automatización puede contribuir a disminuir las habilidades de vuelo manual y aumentar la complacencia, ya que los pilotos aprovechan los sistemas automáticos de gestión de vuelo y navegación para ayudar en la toma de decisiones.

En algunos casos, los pilotos no entienden completamente los procesos automáticos que controlan sus sofisticados aviones. La pregunta irónica “¿Qué está haciendo ahora?” a veces se escucha en la cabina, ya que los pilotos luchan por descubrir las acciones de los automáticos.

Aunque esto es crucial en la cabina, la dependencia de la automatización es igualmente problemática en muchas empresas hoy en día, siempre que haya una desconexión entre lo que los gerentes piensan que está sucediendo y lo que realmente está sucediendo. La automatización en cuestión no es solo tecnológica, sino que también impregna los procesos, algoritmos e informes en los que los gerentes confían para informar su toma de decisiones.

La aviación está abordando este fenómeno como un problema importante y está buscando soluciones. Este trabajo hace referencia a fomentar estas alertas de riesgos de automatización, pero en las organizaciones.

En este trabajo se plantean potenciales riesgos identificados en la industria de aviación comercial, que nos alertan a revisar los intentos continuos de automatización en las organizaciones. Esta identificación de riesgos, debería guiarnos para establecer criterios adecuados de automatización en procesos organizacionales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aeronáutica Civil de la República de Colombia (1995). *Aircraft accident report. Controlled flight into terrain American Airlines Flight 965, Boeing 757-223, N651AA near Cali, Colombia, December 20, 1995*. Colombia: Aeronáutica Civil. Recuperado de: <https://skybrary.aero/bookshelf/books/1056.pdf>
- Antonovic, B. (2008). The Flight Crew and Automation. *Journal of Aviation/Aerospace Education & Research*, 17 (3), pp. 9-12. Recuperado de: <https://commons.erau.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1453&context=jaer>
- Bainbridge, L. (1983). Ironies of Automation. *Automatica*, 19 (6), pp. 775-779. Recuperado de: [https://www.ise.ncsu.edu/wp-content/uploads/2017/02/Bainbridge\\_1983\\_Automatica.pdf](https://www.ise.ncsu.edu/wp-content/uploads/2017/02/Bainbridge_1983_Automatica.pdf)
- Billings, C. (1997). *Aviation Automation: The Search for a Human-Centered Approach*. New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Brown, J. (2016). The Effect of Automation on Human Factors in Aviation. *The Journal of Instrumentation, Automation and Systems*, 3 (2), pp. 31-46. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/profile/Jamie\\_Brown25/publication/318966440\\_The\\_Effect\\_of\\_Automation\\_on\\_Human\\_Factors\\_in\\_Aviation/links/5cb43cc74585156cd7993121/The-Effect-of-Automation-on-Human-Factors-in-Aviation.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jamie_Brown25/publication/318966440_The_Effect_of_Automation_on_Human_Factors_in_Aviation/links/5cb43cc74585156cd7993121/The-Effect-of-Automation-on-Human-Factors-in-Aviation.pdf)
- Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile (2012). *Final Report On the accident on 1st June 2009 to the Airbus A330-203 registered F-GZCP operated by Air France flight AF 447 Rio de Janeiro - Paris*. Francia: Ministerio de Ecología, Desarrollo Sostenible, Transporte y Vivienda del Departamento de Agricultura. Recuperado de: <https://www.bea.aero/docspa/2009/f-cp090601.en/pdf/f-cp090601.en.pdf>
- Cantwell, M. (2019). *Aviation Automation and Human Factors Safety Act of 2019*. 116th Congress (2019-2020), 1st Session, S.2703. Committee on Commerce, Science, and Transportation. Congress of USA. Recuperado de: <https://www.congress.gov/bill/116th-congress/senate-bill/2703/text>
- Chialastri, A. (2012). Automation in Aviation. *IntechOpen*, pp. 79-102. Recuperado de: <https://www.intechopen.com/books/automation/automation-in-aviation>

- Christoffersen, K. & Woods, D. (2002). How to make automated systems team players. En Salas, E. (Ed.). *Advances in Human Performance and Cognitive Engineering Research: Automation* (2º edic.). England: Emerald Group Publishing Limited.
- Cockpit Automation - Advantages and Safety Challenges (20/03/2020). Recuperado de: [https://www.skybrary.aero/index.php/Cockpit\\_Automation\\_-\\_Advantages\\_and\\_Safety\\_Challenges](https://www.skybrary.aero/index.php/Cockpit_Automation_-_Advantages_and_Safety_Challenges)
- De Simoni, M. E. (2019). *La Descentralización de Servicios: Cuando los recursos y capacidades trascienden los costos*. Facultad de Ciencias Económicas. Departamento de Investigación “Francisco Valsecchi”. Pontificia Universidad Católica Argentina “Santa María de los Buenos Aires”. Recuperado de: [http://wadmin.uca.edu.ar/public/ckeditor/Ciencias%20Econ%C3%B3micas/Depto.%20Investigaci%C3%B3n/documentos-archivos/dt\\_29listo.pdf](http://wadmin.uca.edu.ar/public/ckeditor/Ciencias%20Econ%C3%B3micas/Depto.%20Investigaci%C3%B3n/documentos-archivos/dt_29listo.pdf)
- European Union Aviation Safety Agency - EASA (2013). *EASA Automation Policy: Bridging Design and Training Principles*. Internal Group on Personnel Training (IGPT). Recuperado de: <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/sms-docs-EASp-SYS5.6---Automation-Policy---14-Jan-2013.pdf>
- Federal Aviation Administration (2016). *Enhanced FAA oversight could reduce hazards associated with increased use of flight deck automation*. Office of Inspector General Audit Report. U.S. Department of Transportation. Recuperado de: [https://www.oig.dot.gov/sites/default/files/FAA%20Flight%20Deck%20Automation\\_Final%20Report%5E1-7-16.pdf](https://www.oig.dot.gov/sites/default/files/FAA%20Flight%20Deck%20Automation_Final%20Report%5E1-7-16.pdf)
- Ferris, T.; Sarter, N. & Wickens, C. (2010). Cockpit Automation. Still Struggling to Catch Up. En Salas, E. & Maurino, D. (Eds.). *Human Factors in Aviation* (2º edic.). USA: Academic Press Publications.
- Gray, G.; Bugge, P.; Banfield, T.; Fisher, A.; Tait, P. & Wilson-Clark, K. (2007). *Pilot handling of highly automated aircraft gapan working group report*. The Technical & Air Safety Committee and Education & Training Committee, USA. Recuperado de: <https://www.airpilots.org/ruth-documents/study-papers/PILOT%20HANDLING%20OF%20HIGHLY%20AUTOMATED%20AIRCRAFT.pdf>
- Hiraki, J. & Warnink, M. (2016). *Cockpit Automation Fact sheet. Automation Bias and Surprise*. The Aviation Academy at the Amsterdam University of Applied Sciences. Recuperado de: [https://aviationfacts.eu/uploads/thema/file\\_en/56cb04c570726f3ee1010000/Cockpit\\_Automation\\_Fact\\_sheet.pdf](https://aviationfacts.eu/uploads/thema/file_en/56cb04c570726f3ee1010000/Cockpit_Automation_Fact_sheet.pdf)
- Hoffman, R. & Woods, D. (2000). Studying cognitive systems in context: Preface to the Special Section. *Human Factors*, 42 (1), pp. 1-7. Recuperado de: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1518/001872000779656633>
- Kaber, D.; Perry, C.; Segall, N.; McClernon, C. & Prinzel III, L. (2006). Situation awareness implications of adaptive automation for information processing in an air traffic control-related task. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36, pp. 447-462. Recuperado de: [https://www.academia.edu/19830582/Situation\\_awareness\\_implications\\_of\\_adaptive\\_automation\\_for\\_information\\_processing\\_in\\_an\\_air\\_traffic\\_control-related\\_task](https://www.academia.edu/19830582/Situation_awareness_implications_of_adaptive_automation_for_information_processing_in_an_air_traffic_control-related_task)
- Kumar, S. (2017). Managing the Magenta. *Kaypius*. Recuperado de: <https://kaypius.com/2017/06/28/managing-the-magenta/>

- Lee, J. & Moray, N. (1992). Trust, control strategies and allocation of function in human-machine systems. *Ergonomics*, 35 (10), pp. 1243-1270. Recuperado de: <https://user.engineering.uiowa.edu/~csl/publications/pdf/leemoray92.pdf>
- Lee, J. & Moray, N. (1994). Trust, self-confidence, and operators' adaptation to automation. *International Journal of Human-Computer Studies*, 40 (1), pp. 153-184. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S107158198471007X?via%3Dihub>
- Lee, J. & See, K. (2004). Trust in automation: Designing for appropriate reliance. *Human Factors*, 46 (1), pp. 50-80. Recuperado de: <https://user.engineering.uiowa.edu/~csl/publications/pdf/leese04.pdf>
- Manyika, J.; Chui, M.; Miremadi, M.; Bughin, J.; George, K.; Willmott, P. y Dewhurst, M. (2017). *Un futuro que funciona: automatización, empleo y productividad*. McKinsey Global Institute. Recuperado de: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/Digital%20Disruption/Harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/A-future-that-works-Executive-summary-Spanish-MGI-March-24-2017.ashx%20scrolling=yes%20height=850>
- Monks, J. (2019). *Aircraft Automation, Friend or Foe?* The International Air Transport Association (IATA). Recuperado de: <https://www.iata.org/contentassets/0772118eec2e40bbba472b862e4f45ec/sfo2019-day1-aircraft-automation.pdf>
- Muñoz-Marrón, D. (2018). Factores humanos en aviación: CRM (Crew Resource Management - Gestión de recursos de la tripulación). *Papeles del Psicólogo*, 39 (3), pp. 191-199. Recuperado de: <http://www.papelesdelpsicologo.es/pdf/2870.pdf>
- Parasuraman, R. & Riley, V. (1997). Humans and automation: Use, misuse, disuse, abuse. *Human Factors*, 39 (2), pp. 230-253. Recuperado de: <http://web.mit.edu/16.459/www/parasuraman.pdf>
- Parasuraman, R.; Sheridan, T. & Wickens, C. (2000). A Model for Types and Levels of Human Interaction with Automation. *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics - Part A: Systems and Humans*, 30 (3), pp. 286-297. Recuperado de: [https://www.ida.liu.se/~729A71/Literature/Automation/Parasuraman,%20Sheridan,%20Wickens\\_2000.pdf](https://www.ida.liu.se/~729A71/Literature/Automation/Parasuraman,%20Sheridan,%20Wickens_2000.pdf)
- Parasuraman, R. & Byrne, E. (2002). Automation and human performance in aviation. En Tsang, P. & Vidulich, M. (Eds.). *Principles of Aviation Psychology* (1º edic.). New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Parasuraman, R. & Manzey, D. (2010). Complacency and bias in human use of automation: an attentional integration. *Hum Factors*, 52 (3), pp. 381-410. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21077562>
- Perrow, C. (2009). *Accidentes normales*. Madrid: Modus Laborandi.
- Sarter, N. & Woods, D. (1992). Pilot interaction with cockpit automation: Operational experiences with the Flight Management System. *International Journal of Aviation Psychology*, 2 (4), pp. 303-321. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/profile/David\\_Woods11/publication/23586654\\_Pilot\\_Interaction\\_With\\_Cockpit\\_Automation\\_Operational\\_Experiences\\_With\\_the\\_Flight\\_Management\\_System/links/02e7e529c96fb02c5a000000/Pilot-Interaction-With-Cockpit-Automation-Operational-Experiences-With-the-Flight-Management-System.pdf](https://www.researchgate.net/profile/David_Woods11/publication/23586654_Pilot_Interaction_With_Cockpit_Automation_Operational_Experiences_With_the_Flight_Management_System/links/02e7e529c96fb02c5a000000/Pilot-Interaction-With-Cockpit-Automation-Operational-Experiences-With-the-Flight-Management-System.pdf)



Sarter, N.; Woods, D. & Billings, C. (2012). Automation Surprises. En Salvendy, G. (Ed.). *Handbook of Human Factors & Ergonomics* (4° edic.). USA: John Wiley & Sons.

Schiff, B. (2015). *Automation Dependency*. Captain Brian Schiff Web Site. Recuperado de: <https://www.captainschiff.com/single-post/2017/11/15/Automation-Dependency>

Sorkin, R. (1988). Why are people turning off our alarms? *Journal of the Acoustical Society of America*, 84 (3), pp. 1107-1108. Recuperado de: <https://asa.scitation.org/doi/abs/10.1121/1.397232?journalCode=jas>

Wiener, E. & Nagel, D. (2014). *Human Factors in Aviation* (1° edic.). USA: Academic Press.