

## La incorporación de la Inteligencia Artificial en Aeronaves Comerciales, y la reducción de la tripulación técnica.

*Por comandante Gonzalo Maldonado<sup>1</sup>*

Un tema de alto impacto y de suma actualidad en todos los ámbitos de la sociedad es el cambio que está generando la incorporación de la Inteligencia Artificial (IA)<sup>2</sup> en nuestras vidas.

La IA puede procesar gran cantidad de información y en base a ello generar recomendaciones, tomar decisiones o incluso, realizar acciones en forma mucho más precisa y veloz que una persona y es por eso se las está incorporando en actividades que van desde aquellas que son inocuas al ser humano, hasta las que podrían poner en riesgo su intimidad, integridad, seguridad, salud, o su vida.

El gran progreso de la inteligencia artificial esta dado por la introducción de tecnología de aprendizaje automático (ML<sup>3</sup>, machine learning) y por el aprendizaje profundo (DL<sup>4</sup>, Deep learning), que de una tarea determinada extraen y aprenden patrones de comportamiento a través de algoritmos.

Hasta la publicación en el Boletín Oficial Argentino del Decreto 70/2023 y tal como las leyes y reglamentaciones estaban redactadas, la IA no era un tema que se tratara o

---

<sup>1</sup> El autor es abogado, Especialista en Derechos Aeronáutico y Espacial INDAE, piloto comercial, comandante de A 330 en Aerolíneas Argentinas S.A.

<sup>2</sup> Inteligencia artificial (IA): tecnología que parece emular el desempeño humano, típicamente mediante el aprendizaje, llegar a sus propias conclusiones, parecer comprender contenidos complejos, entablar diálogos naturales con personas, mejorar el rendimiento cognitivo humano (también conocido como computación cognitiva) o reemplazar a las personas en ejecución de tareas no rutinarias. Las aplicaciones incluyen vehículos autónomos, reconocimiento automático de voz y generación y detección de conceptos y abstracciones novedosos (útil para detectar nuevos riesgos potenciales y ayudar a los humanos a comprender rápidamente grandes cantidades de información en constante cambio). 23 de agosto 2024. <https://www.gartner.com/it-glossary/artificial-intelligence>

<sup>3</sup> Aprendizaje automático (ML): basado en la estadística y la optimización matemática, el aprendizaje automático es la capacidad de sistemas informáticos para mejorar su rendimiento mediante la exposición a datos sin la necesidad de seguir instrucciones explícitamente programadas. El aprendizaje automático es una rama de la inteligencia artificial. 23 de agosto 2024. <https://www.enterpriseai.news/2018/01/19/ai-definitions-machine-learning-vs-deep-learning-vs-cognitive-computing-vs-robotics-vs-strong-ai/>

<sup>4</sup> Aprendizaje profundo (DL): una poderosa técnica de aprendizaje automático, DL implica una familia de algoritmos que procesan información en redes "neurales" de múltiples capas en las que la salida de una capa se convierte en la entrada para la siguiente (de ahí el término "profundo"). Al hacerlo, cada capa transforma los datos en una representación más completa del objeto general. 23 de agosto 2024. <https://www.enterpriseai.news/2018/01/19/ai-definitions-machine-learning-vs-deep-learning-vs-cognitive-computing-vs-robotics-vs-strong-ai/>

que despertara preocupación ni debate en la legislación aeronáutica argentina, a diferencia de lo ocurrido en la Unión Europea y los Estados Unidos de Norteamérica.

El 1 de agosto de 2024 entro en vigencia el Reglamento(UE) 2024/1689, por el que se establecen normas armonizadas sobre inteligencia artificial obligatorias para los Estados Parte. Esta ley es el primer marco jurídico general de Inteligencia Artificial a nivel mundial y establece niveles de riesgo para su implementación, requisitos de los sistemas, obligaciones para implementadores y proveedores, y sistemas de evaluación previo a su liberación en el mercado.

La normativa determina cuatro niveles según el riesgo que suponga la implementación de una IA: el nivel de mínimo riesgo, de riesgo aceptable, de alto riesgo y el nivel de riesgo inaceptable. Es en el nivel de alto riesgo donde se ubica el uso de la inteligencia artificial para ser implementado en aviación.

El debate instalado de esta excelente herramienta de apoyo a la tripulación de una operación aérea, que reduce la carga de trabajo evitando o disminuyendo errores se hizo en cuanto a la nueva generación de aeronaves. Este debate se centra en que, de la mano de la incorporación de la IA, la industria busca reducir cuantitativamente las tripulaciones a bordo de las aeronaves de transporte aerocomercial con el objetivo final de acotar sus costos.

Esta modalidad significa un completo cambio de paradigma en las operaciones aéreas a contramano del “principio de redundancia” que se aplica en todos los sistemas a bordo y que también aplica a las tripulaciones.

En el diseño de los sistemas de las aeronaves, si uno falla, inmediatamente otro sistema cubre su falta y según la esencialidad de ese sistema para el vuelo, llega a haber hasta un tercer sistema de reemplazo.

En una tripulación es igual, la falta o la falla de un piloto es suplida o corregida por quien se encuentra a su lado inmerso en la operación y consciente de la misma.

Basados en el avance tecnológico, la operación de aeronaves civiles no tripuladas (en forma remota, autónoma o semi autónoma) va ganando terreno y poco a poco va

incorporándose a los espacios aéreos comunes con la aviación comercial y la incorporación de dicha tecnología va siendo autorizada en aeronaves cada vez mayores.

Ejemplos de ello son:

- Primer vuelo de un taxi aéreo realizado por la compañía alemana Volocopter en Dubai en 2017.
- Vuelo pilotado a distancia de un Cessna Caravan carguero realizado en noviembre de 2023 por la empresa Reliable Robotics en el aeropuerto de Hollister en el norte de California.
- Primera autorización que la Administración Federal de Aviación (FAA) de los Estados Unidos otorgó en agosto 2024 a Zipline International y Wing Aviation para operar aeronaves no tripuladas más allá de la línea de visión del operador, en la zona de Dallas, para la entrega de paquetes.

Al mismo tiempo, explotadores aerocomerciales y fabricantes de aeronaves de mediano y gran porte van avanzando en ese sentido, aplicando las nuevas tecnologías que le permitirán incorporar la Inteligencia Artificial y el aprendizaje automático (ML) al piloto automático, lo que permitiría, según los ingenieros, que la aeronave realice el vuelo sin intervención del piloto.

Con este equipamiento, fabricantes como Airbus, apuntan a la reducción del personal técnico de a bordo, o al menos así lo manifiestan en la presentación de sus productos A-350F y A-321F<sup>5</sup>, aunque será la autoridad aeronáutica quien en definitiva determine si modificará la actual normativa que requiere al menos dos pilotos para las operaciones de Transporte Aéreo Comercial (CAT)<sup>6</sup>.

La reducción de tripulantes en la cabina de vuelo no se supe con tecnología, tiene implicancias operativas, técnicas, legales y personales que lo hacen extremadamente complejo.

---

<sup>5</sup> Gavilán, E. (17 de octubre 2023) Airbus y el desafío de las Operaciones con un Solo Piloto: ¿Innovación o Riesgo Innecesario? *Aviación Digital*. <https://aviaciondigital.com/airbus-y-el-desafio-de-las-operaciones-con-un-solo-piloto-innovacion-o-riesgo-innecesario>

<sup>6</sup> CAT. Commercial Air Transport.

Hasta ahora, la mayoría de las normativas que regulan el CAT establecen que es necesario conformar tripulaciones de dos pilotos o más. (Regulaciones Argentinas de Aviación Civil (RAAC) Partes 121 y 135 en Argentina y en las reglamentaciones equivalentes: CFR<sup>7</sup> Rule 121 y 135 en los Estados Unidos de América y Reglamento UE<sup>8</sup> 2018/1139 de la Comunidad Europea). Los indicios de la evolución apuntan a que sean modificadas las reglamentaciones en breve.

La Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA)<sup>9</sup> y la Administración Federal de Aviación (FAA)<sup>10</sup>, hace tiempo que analizan la posibilidad de reducir las tripulaciones por debajo de las previsiones de las actuales normativas globales y es por ello que en la Asamblea 41 de la OACI<sup>11</sup>, celebrada en Montreal en 2022, la República Checa, integrante de la Unión Europea y cuya autoridad aeronáutica participa en las resoluciones de la EASA, introdujo el tema “los *nuevos conceptos operacionales con tripulación mínima ampliada y operaciones con un solo piloto*” para ser tratado en el período 2023-2025.

Del trabajo de esta Agencia Europea surgieron los siguientes conceptos: eMCO<sup>12</sup> Operaciones extendidas con tripulación mínima y SiPO<sup>13</sup> operaciones con un solo piloto. Por su parte la FAA adoptó respectivamente las siglas RCO<sup>14</sup> y SPO<sup>15</sup> con similar significado al de su par europeo.

El concepto eMCO refiere a una operación de transporte aéreo, con dos (o más) pilotos en la cual, durante un tiempo determinado y siempre en la fase de crucero, un solo piloto permanece al comando de la aeronave mientras el resto de la tripulación se encuentra en descanso. Esta operación deberá mantener un nivel de seguridad operacional equivalente o superior al de la operación actual de dos pilotos.

---

<sup>7</sup> CFR. Code of Federal Regulations.

<sup>8</sup> UE. Unión Europea.

<sup>9</sup> EASA. European Union Aviation Safety Agency.

<sup>10</sup> FAA. Federal Aviation Administration.

<sup>11</sup> OACI. Organización de Aviación Civil Internacional.

<sup>12</sup> eMCO. extended Minimum Crew Operation.

<sup>13</sup> SiPO. Single Pilot Operation.

<sup>14</sup> RCO. Reduced Crew Operations

<sup>15</sup> SPO. Single Pilot Operation

La propuesta de los fabricantes es que el único piloto que permanece a los mandos de la aeronave esté supervisando las maniobras de la IA, o en su defecto, la inteligencia artificial lo asista a él.

Las operaciones SiPO, son las realizadas con un solo piloto en el cockpit durante todas las etapas del vuelo, en la cual el nivel de seguridad operacional deberá ser igual o superior al actual con dos pilotos. En este caso, todo el vuelo sería como la operación eMCO en crucero cuando el piloto se encuentra solo, la actividad del piloto estaría enfocada en el control de las maniobras que la inteligencia artificial ejecute o en su defecto, el piloto sería asistido por ésta y en caso de incapacidad sobreviniente del único piloto a bordo, el vuelo continuaría en forma remota controlado desde un centro de operaciones de la aerolínea como si fuera un RPA<sup>16</sup>.

Según las estimaciones de EASA las operaciones eMCO podrán implementarse a partir del 2027 y las SiPO para 2030.

Pero no toda la comunidad aeronáutica está de acuerdo, basados en la degradación de la seguridad que supondría dicho cambio, las asociaciones de pilotos de los distintos países ya han manifestado su rechazo a nivel local por sus propias publicaciones, mientras que a nivel internacional lo han hecho a través de la Federación Internacional de Asociaciones de Pilotos de Líneas Aéreas (IFALPA)<sup>17</sup>.

En Europa, por su parte, la voz más fuerte de rechazo es la de la European Cockpit Association (ECA) que ha dedicado un portal exclusivo denominado “One means none”<sup>18</sup> para exponer el problema y marcar su posición.

Pero no solo los pilotos consideran insegura la propuesta, en una decisión unánime, el Parlamento de los Países Bajos aprobó una moción que se opone a la reducción de pilotos en la cabina, considerando que sería un grave peligro para la seguridad y con este posicionamiento confía en ser un ejemplo para que otros Estados sigan sus mismos pasos.

---

<sup>16</sup> RPA. Remotely Piloted Aircraft

<sup>17</sup> IFALPA. International Federation of Air Line Pilots Associations.

<sup>18</sup> ©ECA 2024. (Agosto 2023). One means none. <https://www.onemeansnone.eu/>

EASA, conformó en 2018, un grupo de trabajo para desarrollar un programa que permita introducir la IA y ML en forma segura en la aviación. De dicho trabajo surgió en 2022 la Hoja de Ruta de inteligencia artificial 1.0 denominada “*Un enfoque centrado en el ser humano para la IA en la aviación*” la cual establece su actualización año a año y tiene su versión 2.0 desde mayo de 2023.

Dentro del programa, u hoja de ruta, como lo definió EASA y con el fin de establecer una reglamentación, estableció tres tipos de niveles de aplicación de la IA en aviación<sup>19</sup>.

Estos niveles de aplicación se componen de dos subniveles cada uno:

-El nivel 1 IA, *Asistencia al humano*: 1A Incremento del rendimiento humano y el 1B Asistencia cognitiva al humano en la toma de decisiones y selección de acciones.

-El nivel 2 IA, *Equipo Humano-IA*: 2A Sistema basado en la cooperación Humano-IA (suma del trabajo individual humano-IA) y 2B Sistema basado en la colaboración Humano-IA (trabajo en equipo).

-El nivel 3 IA, *Automatización avanzada*: 3A Sistema basado en IA toma decisiones y acciones que pueden ser anuladas por el humano, 3B Sistema basado en IA toma decisiones y acciones que no pueden ser anuladas por el ser humano.

En función del programa trazado, EASA publicó en Marzo de 2024, la edición 2 del documento conceptual sobre Inteligencia Artificial (IA) y aprendizaje automático (ML) donde, según la publicación “perfecciona la orientación para las aplicaciones de IA de nivel 1 y profundiza la exploración de la "garantía del aprendizaje", "como se explica la IA" y la "evaluación basada en la ética". Estos conceptos básicos son cruciales para el desarrollo y la implementación seguros y confiables de tecnologías de inteligencia artificial en la aviación”<sup>20</sup>.

---

<sup>19</sup> EASA. (Agosto 2023). EASA Artificial Intelligence Roadmap 2.0, p. 18.  
<https://www.easa.europa.eu/en/downloads/137919/en>

<sup>20</sup> EASA. (Agosto 2023). Artificial Intelligence Concept Paper Issue 2.  
<https://www.easa.europa.eu/en/document-library/general-publications/easa-artificial-intelligence-concept-paper-issue-2>

En la nueva publicación incluyen orientación para el desarrollo y la implementación de sistemas basados en IA de nivel 2, que incorpora el concepto de “Equipo humano-IA” (HAT)<sup>21</sup> y sienta las bases para que los sistemas de IA tomen decisiones bajo la supervisión humana garantizando una Interacción Humano-IA segura (HAI)<sup>22</sup>.

A grandes rasgos este es el panorama de lo que ocurre en Europa donde el nivel de actualización de las reglamentaciones van tratando de acompañar o anticipar el de la implementación de la tecnología y lo hemos presentado para ponernos en contexto de donde nos encontramos a nivel local argentino.

Como fue mencionado al inicio del artículo, con la promulgación del Decreto 70/2023 se inició la desregulación de la normativa aeronáutica y según lo expresa en su considerando, la eliminación de las limitaciones que han frenado el desarrollo de la industria aerocomercial.

Por el artículo 190 del citado decreto, se sustituyó el artículo 36 de la Ley 17.285 - Código Aeronáutico Argentino- y sus modificatorias, incorporando en el nuevo concepto de aeronaves a los “drones” los que habían sido, a nuestro criterio y a contrario sensu de lo que ocurría en el resto del mundo, mal definidos como VANT/VANTS cuando se los reglamentó en Argentina en el 2015 considerándolos vehículos y no aeronaves.

El 24 de julio de 2024 se publicó en el Boletín Oficial el Decreto 663/2024 “*Aviación Civil No tripulada*”, si bien el decreto resalta que refiere a cuestiones estratégicas y no técnicas y deja la regulación a la autoridad aeronáutica según el avance de la tecnología, esta incorporación abre la posibilidad de que una aeronave de transporte aéreo comercial pueda ser no tripulada, operada a distancia o en forma autónoma por inteligencia artificial.

Por razones obvias y como ocurre en Europa, los pasos previos para llegar a ello serán los que se van dando en el viejo continente, habilitación de aeronaves de pequeño porte operadas a distancia, certificaciones de aeronaves de mediano y gran

---

<sup>21</sup> HAT. Human AI Teaming

<sup>22</sup> HAI. Human AI Interaction

porte que permitan la reducción de las tripulaciones (Operaciones eMCO), luego un solo piloto en aeronaves de transporte aerocomercial (Operaciones SiPO), para terminar en una inteligencia artificial operando la totalidad de los vuelos de pasajeros y carga.

En nuestro país y al momento, la única normativa nacional en vigencia respecto de la utilización de sistemas de inteligencia artificial es la Disposición 2/2023 “*Recomendaciones para el uso de Inteligencia Artificial*” de la Jefatura de Gabinete de Ministros, que en sí, es solo una instrucción interna para la administración, pero no regula la implementación ni el desarrollo de las IA para usuarios y desarrolladores. Hoy se encuentran en el Congreso Nacional una serie de proyectos de ley que buscan regular el uso y desarrollo de la IA, donde se debatirán por un lado, la protección de los derechos fundamentales y por el otro, que la norma no sea tan restrictiva que perjudique los intereses de promoción de la innovación para asegurar que la nueva tecnología pueda beneficiar al país.

Desde nuestro punto de vista, antes de que la autoridad aeronáutica pueda comenzar a analizar las implicancias técnicas de instalar IA en aeronaves, más allá de si a posteriori se debata la aplicación de las operaciones eMCO/SiPO, es necesario un marco jurídico de base que determine los principios y normas básicas que protejan los intereses públicos, los derechos fundamentales, el Estado de Derecho y la protección del medio ambiente.

Teniendo esta base, existirían las condiciones para que las autoridades de las distintas actividades que requieran la implementación de sistemas de inteligencia artificial puedan dictar las normativas especiales para el desarrollo, la introducción en el mercado, la puesta en servicio y la utilización de sistemas de inteligencia artificial, generando así el desarrollo de regulaciones armónicas.

Estos cambios nos están introduciendo a una nueva revolución en la aviación, que hace necesario que todos los actores que regulan la actividad aeronáutica tomen conocimiento de lo que esto implica, de forma tal de llegar a una normativa coherente con el principio de seguridad operacional que se consagró en el Convenio de Chicago

de 1944. Los cambios que se realicen deben velar por mantener el nivel actual de seguridad operacional o mejorarla.

Buenos Aires setiembre de 2024.