

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 590 909**

51 Int. Cl.:

**G08G 5/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.01.2014** **E 14382028 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.07.2016** **EP 2902987**

54 Título: **Método para modelar la actuación de aeronaves a través de modelos de actuación de aeronaves adaptativos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**24.11.2016**

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)  
100 North Riverside Plaza  
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**CASADO, ENRIQUE**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 590 909 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Método para modelar la actuación de aeronaves a través de modelos de actuación de aeronaves adaptativos

5 **Campo de la invención**

La presente invención propone un método para mejorar la fidelidad de modelos de actuación de aeronaves (APM) utilizados por predictores de trayectoria de aeronaves y simuladores de tráfico aéreo en la Gestión del Tránsito Aéreo (ATM). El método se basa en el uso de datos de vuelo registrados para identificar desviaciones estadísticamente significativas entre las actuaciones reales de una aeronave en vuelo en funcionamiento y los valores de actuación nominales proporcionados por el APM nominal para ese tipo de aeronave.

**Antecedentes de la invención**

15 El modelado avanzado de trayectorias y las capacidades de simulación de tráfico requieren de APM de alta fiabilidad, que por lo general son representaciones genéricas de las actuaciones nominales de aeronaves. Una necesidad principal en los paradigmas de la gestión del tráfico aéreo, tanto actual como futuro, es tener predicciones de trayectorias de aeronaves altamente precisas calculadas en tierra. Los modelos ampliamente aceptados y utilizados por la comunidad de las ATM son los modelos de Eurocontrol BADA (Base de datos de la aeronave) [http://www.eurocontrol.int/services/bada]. Entre otras cosas, BADA permite modelar la trayectoria de aeronaves como soporte de las siguientes aplicaciones:

- Simulación de tráfico aéreo para el análisis de las operaciones y el entrenamiento de Control de Tráfico Aéreo (ATC).
- 25 - Investigación y validación de nuevos conceptos, herramientas y equipos de gestión de tráfico aéreo antes de su introducción en funcionamiento.
- Predicción de la trayectoria de los sistemas de ATM terrestres (por ejemplo, Sistemas de Procesamiento de Datos de Vuelo).
- Evaluación ambiental de las operaciones de tráfico aéreo, por ejemplo, impacto del ruido y de las emisiones.

30 BADA está compuesto de dos componentes principales: la especificación del modelo y los conjuntos de datos. La especificación del modelo consiste en un conjunto de expresiones polinomiales que se utilizan para calcular los parámetros de actuación de la aeronave, tales como el coeficiente de resistencia aerodinámica, el consumo de combustible, el empuje del motor, etc. Los polinomios se parametrizan mediante un conjunto de coeficientes que particularizan las expresiones polinomiales para tipos específicos de aeronaves. Estos coeficientes son los conjuntos de datos de BADA. Cada tipo de aeronave (combinación fuselaje-motor) tiene asociado un conjunto específico de datos BADA. El conjunto de datos BADA de un tipo de aeronave que se utiliza junto con la especificación del modelo BADA proporciona valores aproximados de las características de actuación o comportamiento de la aeronave (resistencia aerodinámica polar, coeficiente de empuje, consumo de combustible, etc.) de dicha aeronave.

40 Sin embargo, estos modelos carecen de información acerca de la degradación de las actuaciones de las aeronaves, y por lo tanto, se deben considerar como representaciones genéricas de las actuaciones medias nominales de aeronaves basadas en la información provista por los fabricantes. Por tanto, son posibles mejoras potenciales de los modelos de actuación de aeronaves si los datos de las operaciones reales están disponibles en la infraestructura terrestre. Aprovechando las especificaciones del modelo BADA, sería posible mejorar los conjuntos de datos mediante la actualización de los mismos gracias a la utilización de los datos de funcionamientos de aeronaves del mismo tipo que operan en un entorno determinado mediante la aplicación de la metodología propuesta.

50 La información más precisa y actualizada sobre las actuaciones de aeronaves reales solo está disponible a bordo. El Sistema de Gestión de Vuelo (FMS) hace uso de esta información cuando se comanda y controla la aeronave. Sin embargo, esta información no es conocida por las Herramientas de Soporte de Decisiones (DST) que soportan las operaciones convencionales. Solo se puede tener acceso a esta información de forma externa por las aerolíneas durante los procedimientos de mantenimiento (descarga de datos de vuelo registrados y de la información de supervisión del estado del aparato).

55 Hoy en día, no existen alternativas más allá del uso de APM nominales genéricos, tales como los modelos BADA, para la representación de las actuaciones de toda la flota de aeronaves del mismo tipo. Estos modelos han sido ampliamente aceptados por la comunidad de Gestión del Tráfico Aéreo como la mejor representación de las actuaciones de la mayoría de aeronaves comerciales.

60 Además de la degradación sufrida por la aeronave, el documento "Degradación las Actuaciones de Aeronaves" (M. Foueri 16<sup>ta</sup> Conferencia sobre Actuaciones y Operaciones, mayo de 2009) describe la influencia de la degradación del motor y de la degradación aerodinámica respecto a los valores de funcionamiento óptimos de la actuación de la aeronave. La degradación de la actuación de la aeronave admisible por los usuarios no es, por supuesto, ilimitada. 65 Un ejemplo de cómo la degradación del motor y aerodinámica aumenta el consumo de combustible y disminuye, por tanto, la eficiencia de una aeronave, se desvela en el documento "Material de Orientación y Mejores Prácticas para

la Gestión de Combustible y Entorno Ambiental" (Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA), 3era edición, 2008). Las aerolíneas establecen un programa de mantenimiento detallado para cada aeronave individual con el fin de mantener su actuación o comportamiento lo más cerca posible de los valores de funcionamiento óptimos. Cuando la actuación disminuye por debajo de cierto umbral, los procedimientos de mantenimiento definen cómo proceder para recuperar el comportamiento óptimo. Por ejemplo, por cada 3000 horas de tiempo de vuelo o 1000 ciclos, las aeronaves nuevas pierden aproximadamente el 1 % de la eficiencia y al cabo de unos años de funcionamiento, el consumo de combustible tiende a estabilizarse de un 5 % a un 7 % por encima de los nuevos niveles de actuación de la aeronave. El consumo adicional de combustible puede, por lo tanto, imputarse a un aumento de los valores de resistencia aerodinámica y a una disminución del empuje proporcionado por el motor en los mismos regímenes, aunque enfoques más sofisticados también podrían ser válidos.

El documento US2014/005861 describe un método y un dispositivo para ayudar en el seguimiento de misión de una aeronave. Este sigue la evolución de los parámetros de la aeronave para computar desviaciones del parámetro de vuelo con respecto a un plan de vuelo de referencia.

El documento US2008/0234994 describe un sistema y un método para adaptación de deterioro de múltiples objetivos usando una máquina simulada que simula una máquina real deteriorada y un controlador simulado que simula un controlador real.

El documento US2012/0116614 divulga un aparato y un método para sincronizar las distintas trayectorias predichas por un sistema de gestión de vuelo y un proveedor de servicios de navegación aérea generando trayectorias sincronizadas que solucionan discrepancias identificadas y violaciones de restricción entre trayectorias.

### Sumario de la invención

Aunque los modelos de actuación de aeronaves mejorados mejorarán la previsibilidad de las herramientas de automatización avanzadas requeridas para soportar el concepto de las Operaciones Basadas en Trayectoria (TBO) en el que estará basado el sistema de ATM futuro, es posible obtener mejoras de previsibilidad a corto plazo que apliquen este método en los modelos utilizados por las infraestructuras de predicción y de simulación de tráfico actuales.

El objeto de la presente invención es un método para modelar la actuación de aeronaves a través de modelos de actuación de aeronaves adaptativos utilizando los datos de vuelo reales registrados. Los datos mencionados deben, al menos, incluir información acerca de las variables de estado de la aeronave durante el vuelo, datos meteorológicos relativos a las condiciones meteorológicas a las que se ha enfrentado la aeronave durante el vuelo y datos de configuración de la aeronave. Otra información (intención de la aeronave) en relación con la forma en que se ha operado la aeronave, es decir, las instrucciones de mando y control emitidas por el piloto o el FMS, también pueden ser muy útiles para el proceso.

El método comprende al menos las siguientes etapas:

- a) identificar los coeficientes en un modelo de actuación de aeronaves polinomial nominal de la aeronave que se modelará con el fin de representar la degradación en la actuación. Por lo tanto, la degradación de APM será una descripción polinomial de las actuaciones de aeronaves, incluyendo los efectos de degradación descritos por el APDM (Modelo de Degradación de la Actuación de Aeronaves). El APDM es un criterio de selección utilizado para perturbar los elementos del APM que representarán la degradación en la actuación de acuerdo con las hipótesis planteadas. Las hipótesis proporcionadas por el APDM se trasladan a Infraestructura de Cómputo de Trayectoria que es una infraestructura computacional requerida para calcular una trayectoria de la aeronave en base al conjunto de entradas necesarias (intención de la aeronave, Modelo Meteorológico, Condiciones Iniciales y el APM). El umbral podría establecerse por ejemplo, considerando el modelo que diese como resultado un error medio menor en la medida de la masa de una aeronave durante toda la trayectoria de dicha aeronave, o cualquier otro criterio similar; y,
- e) modificar, cuando el resultado de la comparación entre los datos de trayectoria calculados y los datos de trayectoria registrados es mayor que el umbral previamente establecido, los coeficientes de degradación de aeronaves. Una vez que los coeficientes han sido modificados, las etapas a) a e) del método tienen que ejecutarse hasta que el resultado de la comparación es menor que el umbral previamente establecido.

En una realización particular de la invención, los coeficientes de degradación de aeronaves se modelan empeorando los coeficientes que ejemplifican la descripción polinomial de la actuación de la aeronave. Las principales razones para que aparezca degradación en la actuación en una aeronave son dos: deterioro del fuselaje debido a deformaciones en las superficies aerodinámicas, juntas perdidas o dañadas, pintura desconchada o que las puertas no queden al ras o presenten fugas; y el envejecimiento del motor debido a la erosión del borde de ataque del aspa del ventilador, aspas degradadas o fuga de aire en plataforma móvil. La influencia de la degradación del motor es mucho mayor (80 % aproximadamente) que la influencia de la degradación aerodinámica (20 % aproximadamente) por encima de los valores de funcionamiento óptimos de la actuación de la aeronave. Esto refleja que el comportamiento del motor es el elemento clave para mantener las actuaciones dentro de los valores de

funcionamiento óptimos. El APDM relaciona el consumo de combustible adicional con la descripción polinomial de la curva polar de resistencia aerodinámica y la curva de empuje del motor. Este es un modelo que representa cómo la actuación o comportamiento de la aeronave se degrada con el tiempo y las operaciones.

5 En otra realización de la presente invención, los coeficientes de degradación de aeronaves que ejemplifican la descripción polinomial de la actuación de la aeronave son los coeficientes de resistencia aerodinámica polar, de empuje del motor y de consumo de combustible de la aeronave.

10 En otra realización de la presente invención, cuando los datos de la actuación de aeronaves no comprenden información relacionada con la intención de la aeronave, la intención de la aeronave y la configuración de la aeronave se obtienen por medio de técnicas de inferencia de la intención de la aeronave que utilizan como entradas los datos meteorológicos, los datos de trayectoria registrados de la aeronave y el modelo de actuación nominal de aeronaves. Estas técnicas de inferencia de la intención de la aeronave son realizadas por un motor que es una infraestructura capaz de deducir la intención de la aeronave que corresponde a la trayectoria recorrida mediante su inferencia a partir de los datos de vuelo registrados. Este modelo proporciona básicamente las leyes de altitud y de velocidad que describen el perfil vertical de la trayectoria, y una función de la latitud y longitud geográficas para la determinación del perfil lateral.

20 En otra realización de la invención, la etapa de la comparación entre los datos de trayectoria calculados y los datos de trayectoria registrados se realiza mediante la comparación de las variables de estado objetivo entre los datos de trayectoria registrados y los datos de trayectoria calculados. En una realización más preferida, las variables de estado objetivo se seleccionan entre el consumo de combustible y el empuje neto.

25 Una vez que se obtiene un APM mejorado, este puede ser utilizado por cualquier infraestructura de cálculo de trayectoria. El APM mejorado es una descripción polinomial mejorada de la actuación de la aeronave que proporciona un modelo mejorado de tal actuación.

30 La principal ventaja del método divulgado en el presente documento será la mejora de las capacidades de predicción de las trayectorias de las aeronaves en tierra (a bordo, el FMS gestiona la información más actualizada de las actuaciones de aeronaves, y por lo tanto, calcula las predicciones más precisas). Cualquiera de las partes interesadas del ATM que requieran predicciones de trayectorias de aeronaves precisas obtendría beneficios de su uso:

- 35 - Proveedores de Servicios de Navegación Aérea. Requieren de predicción para la gestión eficiente y segura del tráfico aéreo. Además, tienen información de la pista de radar disponible y la información de Vigilancia - Radiodifusión Dependiente Automatizada (ADS-B) que puede ser aprovechada para obtener modelos precisos de aeronaves reales. El método objeto de la presente invención se podría implementar para generar modelos generales para aeronaves del mismo tipo, para el mismo tipo y la misma aerolínea, e incluso para la misma aeronave, por que el identificador de aeronave (ID) se puede hacer coincidir con su actuación. Esto ofrecería un aumento de las capacidades de predicción actuales.
- 40 - Aerolíneas. Utilizan la predicción de la trayectoria para optimizar sus operaciones, gestionar de forma eficiente toda la flota y planificar acciones futuras. Esto proporcionará un procedimiento rápido para el uso de una representación realista de las actuaciones de todas las aeronaves individuales, mientras se supervisa la degradación de dichas actuaciones. La presente invención no puede sustituir a los procedimientos de mantenimiento actuales, pero puede ser vista como un mecanismo útil para el seguimiento de este comportamiento.
- 45 - Las partes interesadas del ATM en general. Debido a que no hay ningún otro modelo relacionado disponible, el método objeto de la presente invención permitiría la capacidad de introducir la degradación de las actuaciones de las aeronaves en cualquiera de las herramientas desarrolladas por la parte interesada, cuyo objetivo es proporcionar consejos y sugerencias fiables a terceros (es decir, sistemas de Gestión de Llegadas, sistemas de Gestión de Salidas, herramientas de Detección y Resolución de Conflictos...)

50 El método divulgado en el presente documento representa el primer enfoque al problema de modelar la degradación de las actuaciones de aeronaves que se incluyen en las descripciones polinomiales genéricas de tales actuaciones. Los sistemas actualmente pertenecientes al estado de la técnica no son capaces de generar APM altamente precisos.

60 La metodología se puede aplicar al diseño de procedimientos de aeropuertos, mejorar el proceso de validación gracias a la precisa adaptación del análisis a los tipos de aeronaves y aerolíneas específicas para operar en un aeropuerto determinado.

### Breve descripción de las figuras

65 Figura 1 -. Se muestra un diagrama de flujo que describe el método objeto de la presente invención. Este método proporciona un APM más realista basado en suposiciones teóricas sobre la degradación de las actuaciones y sobre el uso de los datos de vuelo registrados.

### Descripción de un ejemplo de realización de la invención

Un ejemplo de una realización particular del método objeto de la presente invención se describe en el presente documento haciendo referencia a las figuras.

5 Partiendo de una hipótesis del Modelo de Degradación de la Actuación de Aeronaves (1) (APDM) relacionada con la degradación de las actuaciones de aeronaves, se genera un APM degradado. Este APDM (1) es un modelo de actuación o comportamiento nominal de aeronaves en el que se han identificado los modelos de actuación del motor y de actuación del fuselaje. El APDM (1) comprende una descripción polinomial de la degradación del fuselaje de la aeronave y la descripción polinomial de la degradación del motor y, básicamente, identifica los coeficientes de las descripciones polinomiales de los modelos de resistencia aerodinámica polar y de empuje neto del motor que pueden representar la degradación de la actuación de la aeronave. Los valores nominales de tales coeficientes son reemplazados por los valores que se aproximan a tal degradación en el APM nominal de la aeronave. Con la nueva descripción polinomial de la actuación de la aeronave proporcionada por el APDM (1), se genera un APM degradado (2).

10 Los datos de vuelo registrados (4) pueden ser información privada de las aerolíneas o pueden ser información pública, por lo general, proporcionada por el Control de Tráfico Aéreo (ATC). Esta información pública es principalmente información de Vigilancia-Radiodifusión Dependiente Automatizada (ADS-B). Cuando los datos de vuelo registrados (4) son proporcionados por las aerolíneas, esta información se ha registrado previamente por el Sistema de Registro de Datos de Vuelo (FDRS) a bordo y, posteriormente, ha sido descargada cuando la aeronave está en tierra.

15 Si los datos de vuelo registrados (4) vienen de las aerolíneas y han sido proporcionados por el Sistema de Registro de Datos de Vuelo (FDRS) a bordo, dichos datos de vuelo registrados (4) comprenden los datos de trayectoria registrados (trayectoria 4D) (5), los datos meteorológicos reales (6) relativos a las condiciones climáticas a las que se ha enfrentado la aeronave durante el vuelo, la configuración de la aeronave (7) e información acerca de la intención de la aeronave (8). Por tanto, el proceso de cálculo es directo y dichos datos de vuelo registrados (4) se envían (13) a la infraestructura de cálculo de trayectoria (3) para calcular los datos de trayectoria calculados (10).

20 Si los datos de vuelo registrados (4) han sido proporcionados por la infraestructura de Vigilancia-Radiodifusión Dependiente Automatizada (ADS-B), estos no incluyen información acerca de la intención de la aeronave (8) o información de la configuración de la aeronave (7). A continuación se tiene que ejecutar un proceso para inferir la intención de la aeronave (8) y la configuración de la aeronave (7). Este proceso proporciona la intención de la aeronave (8) y una configuración de la aeronave (7) mediante el envío (14) de los datos de trayectoria registrados (5) proporcionados por la ADS-B y un modelo numérico de previsión meteorológica a un motor de inferencia de la intención de la aeronave (9) en el que se obtienen dicha intención de la aeronave (8) y dicha configuración de la aeronave (7). A continuación, los datos de vuelo registrados (4), los datos meteorológicos (6) proporcionados por el modelo numérico de previsión meteorológica junto con la intención de la aeronave calculada (8) y la configuración de la aeronave calculada (7) se envían (15) a la infraestructura de cálculo de trayectoria (3).

25 Independientemente del origen de los datos de vuelo registrados (4), el APM degradado (2), los datos meteorológicos (6), la intención de la aeronave (8) y una pluralidad de condiciones iniciales se utilizan para calcular los datos de trayectoria (10) de la aeronave por medio de una infraestructura de cálculo de trayectoria (3). Haciendo uso del APM degradado (2), se ejecuta un nuevo cálculo con el fin de comparar los datos de trayectoria calculados (10) con los datos de trayectoria registrados (5). Después, se comparan la trayectoria calculada ( $TRJ_C$ ) (10) con la trayectoria registrada o real ( $TRJ_R$ ) (5).

30 Si la diferencia (11), en valores absolutos, de las variables de estado objetivo (básicamente, consumo de combustible o peso de la aeronave) entre los datos de trayectoria registrados nominales (5) y los datos de trayectoria calculados (10) es insignificante, se obtiene un APM mejorado (12). Esta diferencia se considera insignificante cuando esta diferencia es inferior a un umbral predefinido ( $|TRJ_C - TRJ_R| < \epsilon$ ). Si esta diferencia es superior al umbral predefinido ( $|TRJ_C - TRJ_R| > \epsilon$ ) se sigue un proceso iterativo que implica una modificación del APDM hasta que tal diferencia alcance el umbral definido ( $\epsilon$ ). El APM mejorado (12) es la última instancia del APM, obtenido después de un proceso iterativo, que se adapta mejor a las actuaciones o comportamientos de una aeronave real.

35 El proceso se puede ejecutar para cada conjunto de Datos de Vuelo Registrados disponible para la misma aeronave. Este proceso aseguraría que el modelado de la actuación de la aeronave reúna la información más actualizada acerca de la aeronave en cuestión. Sin embargo, desde el punto de vista del ATM, este no es el uso óptimo del método. En este entorno, es más interesante mejorar los modelos utilizados por herramientas de automatización terrestres proporcionadas con el APM que estadísticamente se adapte mejor a la actuación de las aeronaves del mismo tipo y de la misma aerolínea. Esto permitirá "personalizar" las predicciones de la trayectoria de las aeronaves de una compañía específica, que se supone deben estar sujetas a procedimientos de mantenimiento similares.

65

Si se utiliza este proceso para una flota de aeronaves diferentes de la misma familia (sin importar la aerolínea), el APM mejorado representaría las actuaciones medias de la flota considerada en función del entorno (aeródromo y procedimientos de ATC convencionales) en el que se requieren las capacidades de predicciones.

5 Por lo tanto, la presente solución se aprovecha de una infraestructura capaz de representar trayectorias de aeronave con alta fiabilidad, mientras que introduce un proceso para mejorar la descripción de las actuaciones de la aeronave necesarios para aumentar la exactitud de los cálculos de trayectoria.

10 La descripción de las diferentes implementaciones ventajosas se ha presentado con fines de ilustración y descripción, y no está destinada a ser exhaustiva o limitada a las implementaciones en la forma divulgada. Muchas modificaciones y variaciones serán evidentes para los expertos en la materia. Además, diferentes implementaciones ventajosas pueden proporcionar diferentes ventajas en comparación con otras implementaciones ventajosas. La implementación o implementaciones seleccionadas se han elegido y descrito con el fin de explicar mejor los principios de las implementaciones, la aplicación práctica, y para permitir a otros expertos en la materia entender la divulgación para diversas implementaciones con diversas modificaciones en la medida en que sean adecuadas al uso particular contemplado. Esta descripción escrita utiliza ejemplos para divulgar diversas implementaciones, que incluyen el mejor modo, para permitir a cualquier experto en la materia poner en práctica esas implementaciones, incluyendo la preparación y uso de los dispositivos o sistemas y la realización de cualquiera de los métodos incorporados. El alcance patentable se define por las reivindicaciones, y puede incluir otros ejemplos pensados por 15 los expertos en la materia. Se pretende que tales otros ejemplos estén dentro del alcance de las reivindicaciones si tienen etapas que no difieren del lenguaje literal de las reivindicaciones, o si incluyen etapas equivalentes con diferencias no sustanciales del lenguaje literal de las reivindicaciones. 20

**REIVINDICACIONES**

1. Método implementado por ordenador para modelar la actuación de aeronaves a través de modelos de actuación de aeronaves adaptativos utilizando los datos de actuación de aeronaves; comprendiendo los datos de actuación de aeronaves, al menos, los datos de trayectoria registrados de la aeronave, los datos meteorológicos enfrentados durante la trayectoria de la aeronave, los datos de configuración de la aeronave y la intención de la aeronave **caracterizado por que** el método comprende las siguientes etapas:
- a) introducir los coeficientes de degradación de aeronaves en un modelo nominal de actuación de aeronaves de la aeronave, obteniendo un modelo de actuación de aeronaves degradado;
  - b) calcular unos datos de trayectoria calculados en una infraestructura de cálculo de trayectoria utilizando como entradas la intención de la aeronave que representa los datos de trayectoria, los datos meteorológicos y el modelo de actuación de aeronaves degradado;
  - c) comparar los datos de trayectoria registrados con los datos de trayectoria calculados;
  - d) obtener un modelo de actuación de aeronaves mejorado, considerando el modelo de actuación de aeronaves degradado como el modelo de actuación de aeronaves mejorado, cuando el resultado de la comparación es inferior a un umbral previamente establecido; y
  - e) modificar, cuando el resultado de la comparación es mayor que el umbral previamente establecido, los coeficientes de degradación de aeronaves y ejecutar las etapas a) a e) del método, hasta que el resultado de la comparación sea menor que el umbral previamente establecido.
2. Método implementado por ordenador para modelar la actuación de aeronaves a través de modelos de actuación de aeronaves adaptativos utilizando los datos de actuación de aeronaves, de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** los coeficientes de degradación de aeronaves son modelados empeorando los coeficientes que ejemplifican una descripción polinomial de la actuación de la aeronave.
3. Método implementado por ordenador para modelar la actuación de aeronaves a través de modelos de actuación de aeronaves adaptativos utilizando los datos de actuación de aeronaves, de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** los coeficientes que ejemplifican la descripción polinomial de la actuación de la aeronave son seleccionados entre los coeficientes de resistencia aerodinámica polar, de empuje del motor y de consumo de combustible de la aeronave.
4. Método implementado por ordenador para modelar la actuación de aeronaves a través de modelos de actuación de aeronaves adaptativos utilizando los datos de actuación de aeronaves, de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la intención de la aeronave y la configuración de la aeronave son obtenidas por técnicas de inferencia de la intención de la aeronave que utilizan como entradas los datos meteorológicos, los datos de trayectoria registrados de la aeronave y el modelo nominal de actuación de aeronaves.
5. Método implementado por ordenador para modelar la actuación de aeronaves a través de modelos de actuación de aeronaves adaptativos utilizando los datos de actuación de aeronaves, de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la etapa de comparación es realizada mediante la comparación de las variables de estado objetivo entre los datos de trayectoria registrados y los datos de trayectoria calculados.
6. Método implementado por ordenador para modelar la actuación de aeronaves a través de modelos de actuación de aeronaves adaptativos utilizando los datos de actuación de aeronaves, de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado por que** las variables de estado objetivo son seleccionadas entre el consumo de combustible y el empuje neto.

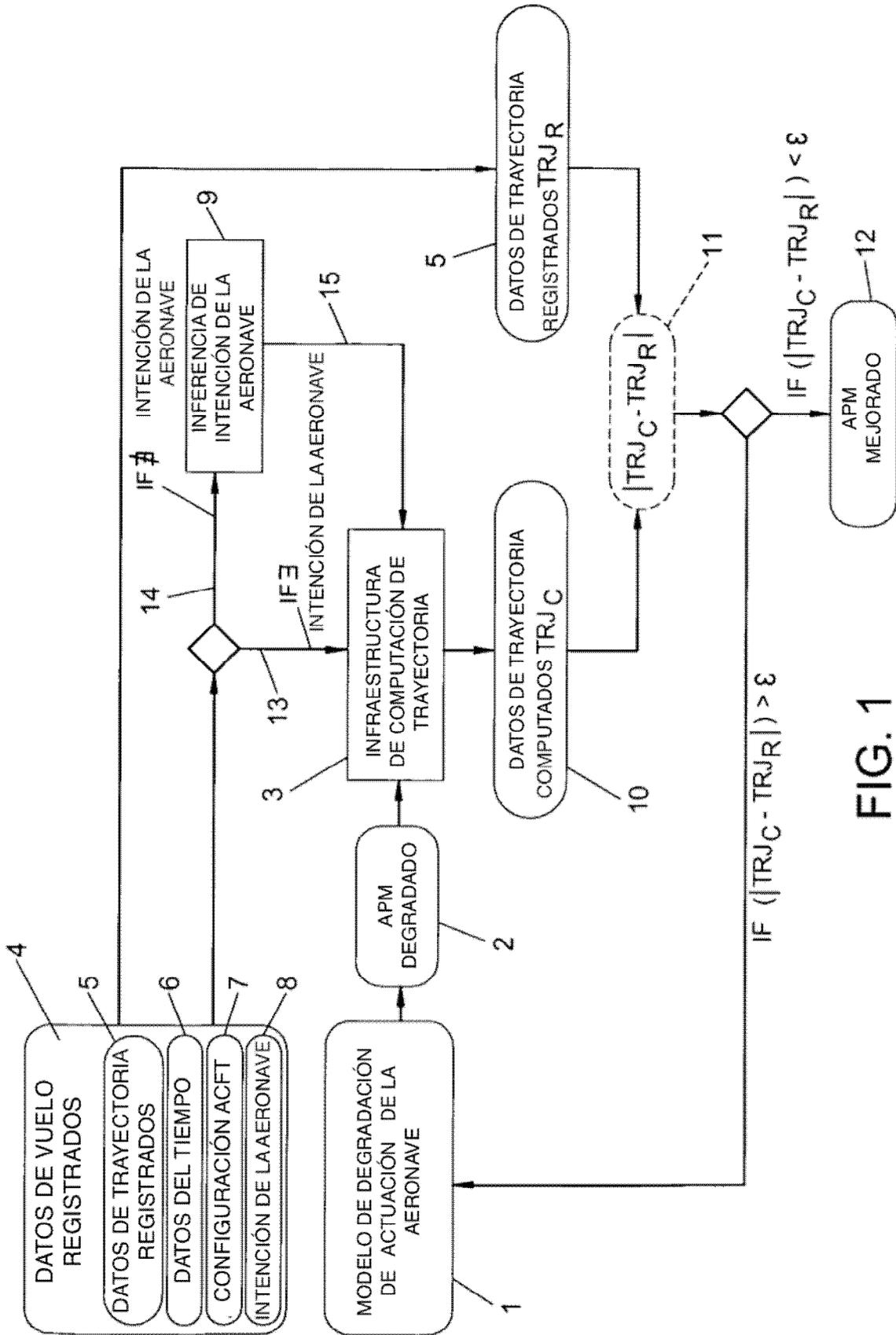


FIG. 1