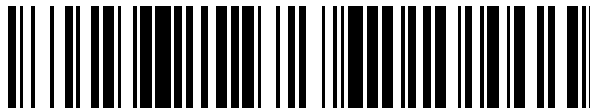


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 368 759**

51 Int. Cl.:  
**G08G 5/04**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06820617 .6**

96 Fecha de presentación: **21.12.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1969576**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.09.2008**

54 Título: **CONTROL DE TRÁFICO AÉREO.**

30 Prioridad:  
**23.12.2005 GB 0526433**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**22.11.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**22.11.2011**

73 Titular/es:  
**NATS (EN ROUTE) PUBLIC LIMITED COMPANY  
5TH FLOOR SOUTH, BRETtenham HOUSE  
LANCASTER PLACE  
LONDON WC2E 7EN, GB**

72 Inventor/es:  
**PEMBER, Stephen, James y  
ROBERTS, Alison, Laura, Udal**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

**ES 2 368 759 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

## Control de tráfico aéreo

Esta invención se refiere a sistemas informatizados para asistir al control del tráfico aéreo.

5 El control del tráfico aéreo implica que el personal humano se comunique con los pilotos de una pluralidad de aviones, instruyéndoles acerca de las rutas a fin de evitar colisiones. Los aviones, en general, registran “planes de vuelo” que indican sus rutas antes de volar y, de éstos, los controladores tienen alguna información inicial acerca de la probable presencia de aviones, pero los planes de vuelo están intrínsecamente sujetos a variaciones (debidas, por ejemplo, a demoras en los despegues; cambios de velocidad debidos a viento en contra o viento a favor; y modificaciones permitidas del itinerario por parte del piloto). En sectores agitados (habitualmente, los cercanos a los aeropuertos) es necesario el control activo del avión por parte de los controladores.

10 Los controladores reciben datos sobre la posición del avión (de unidades de radar) y piden información tal como altitud, destino y velocidad. Instruyen a los pilotos por radio para mantener sus destinos, alterar sus destinos, de manera predeterminada, o mantener o alterar sus altitudes (por ejemplo, para ascender hasta una cierta altitud o descender hasta una cierta altitud) a fin de mantener la mínima separación de seguridad entre los aviones y, de esa manera, evitar el riesgo de colisiones. Las colisiones son extremadamente raras, incluso en las áreas más agitadas, debido a la monitorización y control continuos de los aviones por parte de los controladores del tráfico aéreo, para los cuales la seguridad, necesariamente, es el criterio más importante.

15 Por otra parte, con el continuo crecimiento del transporte aéreo, debido al creciente comercio globalizado, es importante maximizar el rendimiento del avión (en la medida en que esto sea compatible con la seguridad). Aumentar adicionalmente el rendimiento con los sistemas existentes de control del tráfico aéreo es cada vez más difícil. Es difícil que los controladores del tráfico aéreo monitoricen las posiciones y rumbos de demasiados aviones a la vez en equipos convencionales, y los controladores humanos, necesariamente, pecan de cautelosos en aviones individuales.

20 El artículo “soporte futuro de herramientas de control de área” (FACTS), de Peter Whysall, Segundo Seminario de Gestión de Tráfico Aéreo EE UU / Europa, Orlando, 1 al 4 de diciembre de 1998 (disponible en línea en el siguiente URL) <http://atm-seminar-98.eurocontrol.fr/finalpapers/trackl/whysall.pdf>, revela una herramienta para controladores de planificación y tácticos, en la cual las interacciones entre pares de aviones se clasifican como “aceptables”, “incierto” o “inaceptables”. En el caso de interacciones entre aviones que están clasificadas como “aceptables”, es claro que el controlador no necesita hacer nada, y en el caso de aviones que están clasificados como “inaceptables”, es claro que necesita hacer algo. Sin embargo, los aviones que están clasificados como “incierto” simplemente establecen un enigma para el controlador. Cuanto más generoso es el enfoque para modelizar la incertidumbre, más interacciones entre aviones caen en esta tercera categoría.

25 Lo mismo es verdad del artículo “Concepto de funcionamiento y estado del desarrollo del soporte futuro de herramientas de control de área”, Andy Price, FAA / Euro Control AP6 TIM, Memphis, EE UU, 19 al 21 de octubre de 1999, que muestra adicionalmente la visualización de cada una de estas tres clases de interacción en un color distinto (rojo para lo inaceptable, verde para lo aceptable y amarillo para lo incierto), disponible en el siguiente URL:

<http://www.eurocontrol.int/moc-faa-euro/gallery/content/public/papers/TIMS/AP6/tims/tim-memphis/FACTS/facts.ppt>

30 El documento WO 2004/102505 describe un dispositivo progresivo de asistencia automática para el control del tráfico aéreo que puede adaptarse a un sistema totalmente automatizado, que comprende un ordenador que está programado para recibir información de planes de vuelo referida a aviones y radares y que es capaz de elaborarla para su presentación a un operador controlador, y de elaborar y exhibir una lista ordenada en el tiempo, es decir, una agenda de controlador, de los conflictos. Dicho dispositivo está configurado para establecer y actualizar una lista de conflictos, es decir, una agenda de ordenador, en base a la información, a fin de comparar la agenda de controlador y la agenda de ordenador en cuanto a pares de aviones, a fin de proporcionar soluciones óptimas para los conflictos.

35 Un objetivo de la presente invención, por lo tanto, es proporcionar sistemas de soporte informatizado para el control del tráfico aéreo que permitan a los operadores humanos aumentar el rendimiento del avión sin un aumento en el riesgo de pérdidas de mínima separación permitida, desde su muy bajo nivel actual. La invención, en diversos aspectos, se define en las reivindicaciones adjuntas al presente documento, con ventajas y características preferidas que serán evidentes a partir de las descripciones y dibujos siguientes.

40 Se ilustrarán ahora las realizaciones de la invención, sólo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

50 la Figura 1 es un diagrama en bloques que muestra un sistema de control de tráfico aéreo para un sector del espacio aéreo según una realización de la invención;

- la Figura 2 es un diagrama en bloques que muestra los elementos de una estación de trabajo de controladores tácticos de tráfico aéreo, que forma parte de la Figura 1,
- la Figura 3 es un diagrama que muestra el software presente en un ordenador anfitrión que forma parte de la Figura 1;
- la Figura 4 es un diagrama que muestra la posición, trayectoria e incertidumbre de las mismas, de un avión según la realización presente;
- la Figura 5 es un diagrama que muestra esquemáticamente los datos y rutinas que componen un módulo de predicción de trayectoria que forma parte de la Figura 3;
- la Figura 6 es un diagrama de proceso que muestra los procesos realizados por el predictor de trayectoria de la Figura 5;
- la Figura 7 es un diagrama que muestra la geometría de una interacción entre dos aviones en vista de plano;
- la Figura 8 es un diagrama de flujo que muestra el proceso de detección de conflictos efectuado por un detector de conflictos a medio plazo según la presente realización;
- la Figura 9 es un gráfico de distancia a lo largo del tiempo, que muestra la variación en la distancia entre dos vuelos correspondientes a los de la Figura 7;
- la Figura 10 es un gráfico de distancia de separación a lo largo del tiempo, que muestra tres clases de interacción;
- la Figura 11 es un diagrama de flujo que muestra el proceso de clasificación de interacciones realizado por el detector de conflictos a medio plazo que forma parte de la Figura 8;
- la Figura 12 muestra un visor de pantalla que indica un gráfico de la separación a lo largo del tiempo, y que corresponde al de la Figura 10, exhibido en una realización de la estación de trabajo de la Figura 2; y
- la Figura 13 es una interfaz de usuario que muestra un visor de altitud con respecto a la distancia a lo largo de la pista para un avión seleccionado, y que indica interacciones potenciales con otros aviones, y que incluye una parte de ingreso de instrucción táctica (autorización).

### **Descripción general del sistema de control de tráfico aéreo**

- La Figura 1 muestra los elementos de hardware de un sistema de control de tráfico aéreo (conocidos per se, y usados en las actuales realizaciones). En la Figura 1, un sistema de rastreo por radar, indicado con 102, comprende una unidad de radar para rastrear aviones entrantes, detectar el rumbo y la distancia (radar primario) y la altitud (radar secundario), y generar señales de salida que indican la posición de cada uno, a intervalos periódicos. Se proporciona una estación 104 de comunicaciones por radio para las comunicaciones por radio con la radio de cabina de cada avión 200. Se proporciona una estación meteorológica 106 para recoger datos meteorológicos y emitir mediciones y pronósticos de la velocidad y la dirección del viento, y otra información meteorológica. Un ordenador servidor 108, en comunicación con una red 110 de comunicación, recoge datos del sistema 102 de radar y (mediante la red 110) y la estación meteorológica 106, y suministra los datos recogidos a un centro 300 de control de tráfico aéreo. Los datos del centro 300 de control de tráfico aéreo, análogamente, son devueltos al ordenador servidor para su distribución a través de la red 110 a los sistemas de control de tráfico aéreo en otras áreas.
- Una base de datos 112 almacena información sobre cada uno de una pluralidad de aviones 200, que incluye el tipo de avión y diversos datos de prestaciones, tales como el peso mínimo y máximo, la velocidad y la máxima velocidad de ascenso.
- El espacio aéreo por el cual el centro 300 de control de tráfico aéreo es responsable está habitualmente dividido en una pluralidad de sectores, cada uno con límites geográficos y verticales definidos, y controlados por controladores de planificación y tácticos.
- El centro 300 de control de tráfico aéreo comprende una pluralidad de estaciones 302a, 302b,..., de trabajo, para controladores de planificación, y una pluralidad de estaciones 304a, 304b,..., para controladores tácticos. El papel de los controladores de planificación es decidir si se acepta o no un vuelo de avión en el volumen del espacio aéreo controlado por el centro 300 de control de tráfico aéreo. El controlador recibe datos del plan de vuelo con respecto al avión, e información desde un volumen vecino de espacio aéreo y, si el vuelo es aceptado, proporciona una altitud de entrada para el avión que ingresa al sector, una altitud de salida para un avión que sale del sector y una trayectoria entre un punto de entrada y un punto de salida del sector. Si el controlador de planificación halla que es probable que el sector esté demasiado poblado para aceptar el vuelo, deniega el vuelo, que debe entonces elaborar planes de rutas alternativas.

El controlador de planificación, por lo tanto, considera sólo los planes de vuelo concebidos del avión, y el nivel general de ocupaciones del sector y las posiciones anticipadas de otros aviones, y fija sólo un esbozo de trayectoria a través del sector para cada avión. La presente invención concierne principalmente a las acciones del controlador táctico, que se expondrán en mayor detalle más adelante.

5 Con referencia a la Figura 2, cada estación 304 de trabajo para un controlador táctico comprende una pantalla 312 de visor de radar, que muestra una vista de radar convencional del sector aéreo, con los límites del sector, el contorno de rasgos geográficos tales como la línea costera, la posición y el espacio aéreo circundante de cualquier pista aérea (todo como una visualización estática), y una visualización dinámica de la posición de cada avión recibida desde el sistema 102 de radar, junto con un indicador alfanumérico del número de vuelo de ese avión. El controlador táctico, por  
10 lo tanto, es consciente, en cualquier momento, de la posición tridimensional (nivel, y latitud y longitud, o coordenadas X / Y) del avión en el sector. Un casco 320 que comprende un auricular y micrófono está conectado con la estación 104 de radio para permitir que el controlador se comuniquen con cada avión 200.

También se proporciona una unidad 314 de exhibición visual, sobre la cual una estación 318 de trabajo puede producir la visualización de uno o más entre una pluralidad de distintos formatos de visualización, bajo el control del controlador que opera el teclado 316 (que es un teclado QWERTY estándar). Una red 308 de área local interconecta todo el  
15 ordenador 318 de la estación de trabajo con el ordenador servidor 108. El ordenador servidor distribuye datos a los ordenadores 318 de estación de trabajo, y acepta datos de ellos, ingresados mediante el teclado 316.

#### **Software presente en el servidor**

Con referencia a la Figura 3, se indica el software principal que se ejecuta en el servidor 108. Consiste en un programa 1082 de predicción de trayectoria (TP) y un programa 1084 de detección de conflicto a medio plazo (MTCD).  
20

#### **Predictor 1082 de trayectoria**

El programa 1082 de predicción de trayectoria está dispuesto para recibir datos y calcular, para cada avión, una trayectoria a través del sector de espacio aéreo controlado por los controladores. La trayectoria se calcula teniendo en cuenta la posición y nivel actuales del avión (obtenidos del sistema 102 de radar y actualizados cada 6 segundos), el  
25 plan de vuelo y una gama de otros datos, que incluyen datos meteorológicos y datos de prestaciones del avión (según se expone en mayor detalle más adelante).

La trayectoria calculada para cada avión cubre al menos los siguientes 18 minutos (el periodo típico de interés para un controlador táctico de tráfico aéreo) y, preferiblemente, los siguientes 20 minutos. La salida del programa 1082 de predicción de trayectoria son datos que definen un cierto número de puntos a través de los cuales se predice que  
30 pasará el vuelo, definidos en tres dimensiones, con información de hora y velocidad en cada punto. Asociada a cada punto hay una región de incertidumbre, según se muestra en la Figura 4.

Si bien se conoce la posición actual con cierta precisión a partir de los datos de radar, cada posición futura es incierta, por varias razones. En primer lugar, la velocidad del avión puede variar (debido, por ejemplo, a vientos en contra o a favor, o a masa desconocida o cambiante a bordo), lo que conduce a una incertidumbre "a lo largo del trayecto". En  
35 segundo lugar, la posición lateral ("a través del trayecto") puede variar, bien porque el piloto ha alterado el rumbo (generalmente se permite alguna desviación del rumbo planificado a los pilotos) o bien debido a vientos laterales. Finalmente, para aviones en ascenso o descenso hay incertidumbre vertical, debido a diferencias de prestaciones entre aviones de tipo similar, preferencias operativas del piloto o de la línea aérea y la masa total del avión. No hay ninguna incertidumbre vertical asociada a un avión en vuelo a nivel (aunque hay una tolerancia aceptada de 200 pies alrededor  
40 del nivel autorizado, dentro de la cual se permite que funcione el avión y aún se considera que está manteniendo el nivel).

Estas incertidumbres se magnifican cuando la trayectoria incluye un cambio de rumbo o de altitud. La estrechez de un giro dependerá de las prestaciones del avión y de la magnitud del cambio de rumbo, y la hora de comienzo del giro dependerá del piloto (aunque el estándar de navegación define cómo debería operarse el avión al hacer cambios de  
45 rumbo). Los giros pueden hacerse en vuelo a nivel o mientras se asciende o se desciende. Al ascender, la velocidad máxima de ascenso dependerá de las prestaciones y la masa del avión, así como del tiempo, y la velocidad de ascenso escogida y el comienzo del ascenso serán escogidos por el piloto (generalmente, dentro de restricciones operativas estándar); consideraciones similares se aplican al descenso.

Así, según se muestra en la Figura 4, la predicción de trayectoria para cada punto futuro a lo largo de la trayectoria incluye datos de incertidumbre, que consisten en datos de incertidumbre bidimensionales (a lo largo y a través del trayecto) y datos de incertidumbre de altitud. Esto se muestra como una elipse caracterizada por dos ejes correspondientes a la incertidumbre a lo largo del trayecto y a través del trayecto. El límite de la elipse, en esta  
50 realización, está concebido para corresponder a una probabilidad del 95% de que la posición del avión quedará dentro de la misma. En general, el tamaño de la región de incertidumbre aumenta cuanto más alejado en el tiempo esté el

punto de predicción, ya que la incertidumbre en cualquier punto dado a lo largo de la trayectoria está afectada por la incertidumbre en todos los puntos anteriores.

La Figura 5 ilustra los datos empleados en el predictor 1082 de trayectoria. Los datos de entrada comprenden datos del avión (p. ej., datos de prestaciones obtenidos de la base de datos 112)

5 **Datos de vuelo**

Los datos de vuelo incluyen:

Indicador de tipo de avión de la Organización Internacional de Aviación Civil (ICAO)

\* Tiempo de inicio

\* Punto estimado de inicio

10 \* Ruta autorizada, incluyendo los códigos ICAO de origen y de destino

\* Nivel de vuelo solicitado

\* Estado del plan de vuelo (pendiente, activo, activación de OLDI (Intercambio de datos en línea) o tentativo)

**Datos del espacio aéreo**

Los datos del espacio aéreo incluyen

15 \* Una lista de todas las correcciones (incluyendo las correcciones pertinentes fuera de UKFIR (Región de Información de Vuelo del Reino Unido)

\* Definición de límites de sectores

20 \* El límite de sector se usaría en el procesamiento para establecer el último punto en el cual se necesita iniciar un ascenso o descenso, a fin de alcanzar el nivel requerido por el límite de sector. (Este procesamiento puede no requerirse).

**Datos de radar**

Los datos de radar están disponibles a una tasa de muestreo de 6 segundos. (Esta es la tasa de muestreo existente para el radar en ruta). Los datos gráficos del radar proporcionan:

\* Hora

25 \* Posición del avión – coordenadas x, y del sistema

\* Altitud en modalidad C (altitud de presión)

Los siguientes parámetros de rastreo por Radar también están disponibles para cada gráfico de Radar:

\* Velocidad en tierra – velocidad y rastreo en tierra

\* Tasa de altitud (ascenso / descenso) – obtenida de la altitud en modalidad C

30 **Datos de instrucción táctica**

Los datos de instrucción táctica (es decir, las instrucciones emitidas por el controlador táctico para el piloto de avión, mediante el casco 320 de radio, tales como un rumbo o altitud de instrucción) se ingresan en el sistema directamente mediante el teclado 316, por parte del controlador.

35 Cada instrucción táctica tiene una etiqueta con hora. La hora corresponderá a la hora en que se ingresaron los datos tácticos. El ingreso de los datos tácticos podría ser antes o después de la lectura por parte del piloto.

**Datos de prestaciones del avión**

El sistema un modelo de prestaciones del avión para obtener los datos necesarios de prestaciones del avión:

\* Velocidad efectiva del aire

\* Velocidad de ascenso / descenso

\* Ángulo de inclinación lateral

La base 112 de datos proporciona al modelo de prestaciones del avión los siguientes datos, requeridos para obtener los datos de prestaciones del avión:

\* Tipo de avión de la ICAO

5 \* Temperatura al nivel del mar (de datos MET)

\* Modelo de masa

\* Estado de maniobra lateral / vertical (obtenido de datos del radar)

**Datos meteorológicos**

10 El sistema requiere datos pronosticados del vector eólico y de la temperatura. Los datos de viento y de temperatura se obtienen de los datos pronosticados.

Los componentes de vector eólico y de temperatura están definidos en cada punto de grilla.

**Variación magnética**

Uno de los factores que afectan a la precisión del predictor de trayectoria es la variación magnética, es decir, la variación del Norte magnético con respecto al Norte Verdadero en distintas posiciones.

15 **Datos de masa**

La masa estimada del avión en la fase adecuada del vuelo. Los cálculos realizados comprenden la modelización de las prestaciones del avión: modelización de condiciones atmosféricas; modelización de condiciones meteorológicas; cálculo de la pluralidad de segmentos de trayectoria para cada avión; cálculo de la incertidumbre en cada segmento; y construcción de la trayectoria.

20 Con referencia a la Figura 6, el pronóstico meteorológico actual de la estación meteorológica 106 se usa para realizar una búsqueda meteorológica que proporciona la temperatura marina pronosticada y el viento pronosticado durante el periodo de predicción. El modelo atmosférico se usa para calcular la densidad predicha del aire ambiente durante el periodo de predicción.

25 A partir del modelo de prestaciones del avión, se usan los coeficientes aerodinámicos del avión, y el rendimiento lateral y vertical, junto con el viento pronosticado y la densidad del aire, y las maniobras predichas a emprender por el avión, a fin de calcular una posición futura predicha para el estado futuro (i) en el momento futuro (t<sub>i</sub>). El registro para cada punto de trayectoria calculado contiene los siguientes campos:

\* hora (la variable independiente)

\* aplicación de la etapa temporal de integración en este punto de TP (variable independiente)

30 \* posición: latitud y longitud (obtenidas del estado)

\* posición: x-y cartesianas (estado)

\* distancia a lo largo del trayecto desde el comienzo de la trayectoria (obtenida del estado)

\* altitud de presión (FL) (estado)

\* velocidad aérea auténtica (TAS) (estado)

35 \* rumbo verdadero del avión (estado)

\* velocidad del rumbo del avión (velocidad de estado)

\* velocidad de ascenso / descenso (ROCD) (velocidad de estado). Una velocidad de descenso es negativa.

\* velocidad de trayecto terrestre del avión (obtenida del estado)

40 \* estado de maniobra lateral (giro: rumbo fijo) y estado de maniobra vertical (ascenso; descenso; crucero) (estado - usado para seleccionar modelo de velocidad de estado)

\* tipo de punto (punto de vía; Tope del Ascenso; Comienzo del Ascenso; Tope del Descenso; Comienzo del Descenso;

...) (significa una transición de estado para el modelo de velocidad de estado - usado para activar el cambio en el modelo de velocidad de estado)

\* Zona de Incertidumbre a lo largo del trayecto / a través del trayecto: elipse de error (definida por matriz de covarianza  $2 \times 2$ ) (incertidumbre en estado)

5 \* Zona de Incertidumbre de altitud: cotas de altitud superior e inferior (incertidumbre en el estado).

Se calcula la velocidad del cambio de posición, y cada una de las variables anteriores  $y$ , a partir de esto, se calcula el estado en el punto futuro ( $i+1$ ) avanzando en el tiempo hasta el momento ( $t_i+1$ ), aplicando las velocidades de cambio calculadas.

10 Así, en cada momento de la ejecución del predictor 1082 de trayectoria (es decir, cada 6 segundos), el ordenador servidor calcula, para cada avión, un conjunto de futuros puntos de trayectoria, a partir de la posición actual conocida del avión, y prediciendo hacia el futuro en base a la velocidad predicha del cambio de posición y otras variables, hasta el próximo punto; y así sucesivamente, de manera iterativa durante una ventana futura de 20 minutos en el tiempo.

15 La salida del predictor de trayectoria se suministra al detector 1084 de conflictos a medio plazo. También está disponible para su visualización en una interfaz hombre-máquina (HMI), según se expone en mayor detalle más adelante; para registro y análisis, si se desea; y para monitorización del plan de vuelo. La monitorización del plan de vuelo consiste en comparar la posición recientemente detectada del avión con la trayectoria anteriormente predicha, a fin de determinar si el avión está desviándose de la trayectoria predicha.

#### **Detector 1084 de conflictos a medio plazo**

20 Se expondrá ahora el funcionamiento del detector 1084 de conflictos a medio plazo. En general, el detector 1084 de conflictos está concebido para detectar las interacciones espaciales entre pares de aviones. Un controlador dado del tráfico aéreo puede necesitar estar al tanto de 20 aviones dentro del sector. Cada avión puede aproximarse a cada uno de los otros aviones, lo que conduce a un alto número de interacciones potenciales. Sólo aquellas interacciones donde es probable que la aproximación sea estrecha son de interés para el controlador.

25 Con referencia a la Figura 7, se muestra una instantánea de las posiciones predichas para dos vuelos en un momento especificado en el futuro. En este momento, la distancia entre las posiciones nominales predichas,  $d_{nom}$ , es inevitablemente mayor que la distancia mínima entre las envolventes de incertidumbre de los dos aviones. En la Figura 7, que no está trazada a escala, las envolventes mostradas representan un nivel de confianza del 95% de que la posición futura del avión en el momento en cuestión estará dentro de la elipse sombreada. La forma elíptica se debe a la combinación estadística multivariada de los errores del trayecto a lo largo y del trayecto a través  $y$ , en general, sería distinta para los dos aviones (en lugar de similar, según se muestra en el diagrama). Dada la incertidumbre calculada, es importante, por lo tanto, que se calcule la distancia  $d_{cert}$  entre las dos regiones de incertidumbre.

30 La Figura 6 muestra las dos trayectorias del avión convergentes en una vista de plano. Sin embargo, podrían ser divergentes o estar separadas en altitud; el hecho de que las trayectorias parezcan cruzarse en vista de plano no indica si la interacción entre los aviones es o no problemática, porque no indica si ambos aviones llegan o no simultáneamente a la intersección.

El detector de conflictos a medio plazo evalúa la interacción entre cada par de aviones y calcula un conjunto de datos que representa cada tal interacción, incluyendo el primer momento en el tiempo en el que pueden (teniendo en cuenta la incertidumbre) aproximarse entre sí demasiado estrechamente; el momento de la aproximación más estrecha, y el momento en el cual se separan suficientemente entre sí después de la interacción.

40 El detector 1084 de conflictos a medio plazo recibe los datos de trayectoria para cada avión desde el predictor 1082 de trayectoria. Según se ha expuesto anteriormente, cada trayectoria consiste en una pluralidad de puntos de posición, incluyendo los datos en cada punto la posición temporal ( $X$ ,  $Y$ ), la altitud, la velocidad terrestre, el trayecto terrestre, la velocidad vertical, la covarianza de incertidumbre (es decir, una medición de incertidumbre a lo largo del trayecto y a través del trayecto) y la incertidumbre de altitud. El detector 104 de conflictos a medio plazo puede interpolar los correspondientes valores de datos en puntos intermedios, donde sea necesario, según lo siguiente:

$$\alpha(t) = \frac{(t - t_i)}{t_{i+1} - t_i}$$

$$x(t) = (1 - \alpha(t))x(t_i) + \alpha(t)x(t_{i+1})$$

5 Para tratar la incertidumbre vertical, la dimensión de altitud se divide en segmentos de nivel de vuelo, y allí donde los datos de incertidumbre del predictor 1082 de trayectoria están dentro de un margen de 200 pies de un nivel de vuelo dado, entonces ese nivel de vuelo se considera como "ocupado" por el avión, además del nivel de vuelo dentro del cual está su altitud nominal.

En más detalle, con referencia a la Figura 8, en cada momento de funcionamiento (p. ej., después de obtener un nuevo conjunto de datos desde el TP 1082, por tanto, al menos una vez cada 6 segundos) el MTCD 1084 selecciona un primer avión A (etapa 402) y luego selecciona un avión adicional B (etapa 404).

10 En la etapa 406, se comparan los niveles de vuelo ocupados por el par de aviones a lo largo de sus trayectorias. Si no hay ningún solapamiento entre los niveles de vuelo, el MTCD avanza a la etapa 414 más abajo, para seleccionar el próximo avión.

15 Si el par de aviones ocupan, en algún punto a lo largo de sus trayectorias, el mismo nivel, entonces, en la etapa 408 el MTCD 1084 determina si ocupan el mismo nivel, o los mismos niveles, en el mismo momento, o en los mismos momentos y, si no es así, el control avanza a la etapa 414. En caso contrario (es decir, allí donde el avión puede mostrar el mismo nivel de vuelo concurrentemente en algún tiempo futuro a lo largo de sus trayectorias) en la etapa 410, usando los datos de trayectoria para el avión A, B, el MTCD 1084 halla el punto en el cual las dos trayectorias se aproximan más estrechamente (en coordenadas X, Y).

20 Habiendo localizado este punto, en la trayectoria de cada uno de los aviones, el MTCD 1084 calcula (etapa 412) una pluralidad de otros datos que caracterizan o clasifican la interacción. Los rumbos relativos entre el par de aviones en el punto de aproximación más estrecho también se calculan a partir de sus trayectorias, y las interacciones se clasifican en "de frente" (donde el rumbo relativo cae entre 135 y 225°); "enfilado" (donde los rumbos relativos caen entre más / menos 45°) y "cruzado" (donde los rumbos relativos caen entre 45 y 135° o entre 225 y 270°). Por supuesto, son posibles otras gamas angulares.

25 Después de la clasificación, el control avanza a la etapa 414, donde, hasta que se han considerado todos los demás aviones, el control retrocede a la etapa 404 para seleccionar el próximo avión (o bien, después de que todos han sido considerados, en la etapa 416, si quedan más aviones de prueba, el control retrocede a la etapa 402 para seleccionar el próximo avión de prueba).

30 La clasificación hace uso de dos umbrales de distancia; un umbral mínimo de separación de radar (generalmente de 5 millas náuticas, aunque podría ser de 10 millas náuticas en las áreas hacia los extremos de la cobertura del radar), y un umbral superior "de interés" (habitualmente fijado en 20 millas náuticas, que es la separación mínima que un controlador de planificación puede aplicar a los aviones sin consultar primero con un controlador táctico). Los datos calculados para cada interacción (es decir, la hora alrededor de un punto de aproximación más estrecha) se muestran en la Figura 9. Los puntos en los cuales la distancia  $D_{cert}$  entre las regiones de incertidumbre de los dos aviones (mostrada en la Figura 7) cae por primera vez por debajo del umbral correspondiente se muestran en la Figura 9 como el punto de "comienzo de invasión", y el punto en el cual, después de la interacción,  $D_{cert}$  supera por primera vez el umbral de separación es el punto de fin de invasión. El punto en el cual la distancia nominal calculada  $D_{nom}$  entre las posiciones futuras predichas de los dos aviones cae por primera vez por debajo del umbral correspondiente se muestra como la intrusión del punto de umbral y, análogamente, el punto en el cual la distancia nominal  $D_{nom}$  supera por primera vez el umbral nuevamente es el punto de fin de intrusión. El punto de aproximación más estrecha es aquel en el cual la distancia nominal  $D_{nom}$  es mínima. La distancia mínima informada es la distancia entre las zonas de incertidumbre en el momento de la aproximación nominal más estrecha (es decir,  $D_{cert}$  en el momento de  $D_{nom}$  mínima).

45 Con referencia a la Figura 11, se describirá ahora en mayor detalle el proceso de clasificación. El proceso de clasificación sigue dos etapas; clasificación inicial en base a la distancia mínima predicha de aproximación más estrecha y clasificación secundaria en base a los estados de navegación (instrucciones de ruta o rumbo) en los cuales está funcionando el avión en cuestión.

Si (etapa 422) en el punto de aproximación más estrecha, ni  $D_{cert}$  ni  $D_{nom}$  son menores que el umbral de distancia "de interés" (es decir, 20 millas náuticas), se descarta la interacción (etapa 424).



En caso contrario (etapa 426), si  $D_{cert}$  es menor que el umbral de distancia “de interés”, pero mayor que el umbral de separación mínima (es decir, 5 millas náuticas), entonces la interacción se clasifica como “incierta” (etapa 428) y se almacena un correspondiente registro de interacción “incierta” que, según se expone más adelante, será posprocesado.

5 Allí donde (etapa 426) la distancia  $D_{cert}$  en la aproximación más estrecha sea menor que la separación mínima aceptable (es decir, 5 millas náuticas), la interacción es clasificada por el MTCD 1084 como una interacción “infringida” (etapa 432).

10 Para cada interacción en la clase “incierta”, el MTCD 1084 determina (etapa 434) si los aviones implicados están o no en su curso de navegación o en rumbo. En este punto, puede ser conveniente explicar la diferencia entre las dos posibilidades. A los aviones en su propio curso de navegación (es decir, que siguen su ruta registrada, o una ruta enmendada emitida por el controlador) se les requiere adherirse a su sendero de vuelo, pero pueden desviarse hasta en 5 millas náuticas de su línea central de ruta (según lo definido por el estándar de navegación RNP-5). Sin embargo, es posible que el controlador de vuelo emita instrucciones al piloto, indicando un rumbo específico para volar. Allí donde se hace esto, el piloto podrá usar inmediatamente la brújula del avión para limitarse estrechamente al rumbo instruido, reduciendo así efectivamente el error a través del trayecto a casi cero.

15 Según la presente realización, cuando un controlador emite una instrucción de rumbo al piloto a través del casco 320, y recibe en respuesta un acuse de recibo del piloto, el controlador ingresa una instrucción de “en rumbo” a través del teclado 316, en respuesta a la cual el terminal 318 señaliza, mediante la red 310, al anfitrión 108 que el avión concernido está en rumbo, y los datos de la instrucción “en rumbo” se almacenan con respecto a ese avión. El indicador “en rumbo” se pasa entonces al MTCD 1084.

20 Según la presente realización, cuando el MTCD examina una interacción incierta, según lo anteriormente descrito en la etapa 434, determina si el avión está o no en rumbo. Allí donde alguno de los aviones no está en rumbo, la interacción se clasifica como “no asegurada” (etapa 438). Por otra parte, cuando ambos aviones están en rumbo, el MTCD aplica criterios distintos. En el caso más sencillo, allí donde ambos aviones están en rumbo, el MTCD 1084 clasifica la interacción como “asegurada” si también hay una separación mínima de “vista de plano” de 5 millas náuticas (para garantizar que la separación horizontal efectiva entre los aviones está predicha como garantizada independientemente del rendimiento vertical).

25 Alternativamente, el MTCD puede determinar si la distancia mínima  $D_{cert}$  supera o no un umbral inferior de separación, o bien reducir el error a través del trayecto a cero, y luego volver a probar.

### 30 **Trayectorias múltiples**

El funcionamiento del predictor 1082 de trayectoria y del detector 1084 de conflictos a medio plazo ha sido descrito con referencia a las trayectorias predichas de pares de aviones. Es posible que un avión dado pueda asociarse a más de un tipo de trayectoria. Por ejemplo, antes de que el avión esté bajo control del controlador táctico, puede tener una trayectoria asociada (como se ha expuesto brevemente en lo anterior), en base a su plan de vuelo y al nivel de entrada del sector designado.

35 En segundo lugar, como se ha mencionado anteriormente, allí donde se detecta, mediante radar, que un avión está en una trayectoria que está divergiendo de la trayectoria anteriormente predicha, el predictor 1082 de trayectoria está preferiblemente dispuesto para calcular una “trayectoria de desviación” extrapolando el rumbo recientemente detectado del avión, así como manteniendo la trayectoria previamente almacenada. En este caso, tanto la trayectoria previamente almacenada como la trayectoria de desviación recientemente calculada se proporcionan al MTCD 1084 y se usan para detectar conflictos.

40 Finalmente, en realizaciones preferidas, el controlador puede ingresar datos que definen una trayectoria tentativa (para probar el efecto de encaminar un avión a lo largo de la trayectoria tentativa). El MTCD se dispone para recibir, además de la trayectoria calculada y cualquier trayectoria de desviación, una trayectoria tentativa, y para calcular las interacciones que ocurrirían si se adoptara esa trayectoria.

### 45 **Interfaz hombre-máquina**

Algunas de las visualizaciones disponibles en la pantalla 314 se expondrán ahora. La Figura 12 muestra una visualización de Monitor de Separación que comprende un eje horizontal 3142, que exhibe el tiempo (en minutos) hasta una interacción, y un eje vertical 3144 para indicar la separación (en millas náuticas) entre aviones apareados. En esta realización, la separación indicada es la separación mínima; es decir, la separación mínima garantizada (teniendo en cuenta la incertidumbre) en el momento de la aproximación más estrecha. Sin embargo, en esta realización, el tiempo hasta la interacción indicado es el tiempo hasta el punto de pérdida de separación (es decir, el comienzo de la interacción) para interacciones infringidas, o el tiempo de la aproximación nominal más estrecha para interacciones aseguradas o no aseguradas.

5 Se muestra una pluralidad de símbolos (etiquetados 3146a a 3146g), representando cada uno una respectiva interacción entre pares de aviones. El significado de estos se describirá ahora, en sucesión. Cada símbolo consiste en un color y una forma, en una posición en el gráfico que representa una separación en un momento futuro. Tiene una etiqueta asociada que comprende un cuadro que incluye los códigos de identificación de los dos vuelos. La forma indica la clasificación del tipo de geometría de interacción (acercándose, cruzando o de frente).

10 El símbolo 3146b está en un punto que indica una separación mínima de 1 milla náutica, con una pérdida de una separación de 5 millas, con comienzo predicho en 2,5 minutos. La forma en este ejemplo comprende dos flechas apuntando en la misma dirección. Eso indica una interacción de acercamiento, donde un avión está adelantándose a otro (es decir, están volando en rumbos aproximadamente paralelos o lentamente convergentes), según lo expuesto anteriormente. El color del símbolo es rojo, lo que indica una interacción infringida (según lo definido anteriormente). La etiqueta indica números de vuelo SAS 123 y BLX 8315. El controlador, por lo tanto, puede ver que ocurrirá una interacción infringida, iniciada en 2,5 minutos, que involucra a ese par de aviones, con uno adelantándose al otro.

15 3146a tiene un símbolo que consiste en una flecha que se encuentra con una barra. Esto indica que la interacción es una interacción de tipo cruzado (en otras palabras, un avión está aproximándose desde el costado del otro). La interacción muestra una separación mínima (que, en esta realización, es la distancia mínima entre regiones inciertas  $D_{cert}$ ) de alrededor de 6 millas náuticas en alrededor de 1,5 minutos. Esto corresponde a una clasificación "asegurada", y tiene color verde. De manera similar, 3146f indica otra interacción "asegurada" y tiene color verde; la interacción es una interacción de tipo enfilado, como la de 2146b.

20 3146e y 3146g son ambos amarillos, lo que indica que están clasificados como interacciones "no aseguradas" (en otras palabras, los aviones, en cada caso, están bien siguiendo su propio curso de navegación, o bien han sido instruidos para seguir rumbos que no proporcionan separación horizontal de 5 millas), y se muestran sus separaciones mínimas  $D_{cert}$ , en cada caso por encima de las 5 millas náuticas. 3146e representa una interacción de adelantamiento y 3146g una interacción de cruce.

25 3146c es una interacción de cruce, mostrada en blanco, que indica una "interacción de desviación", es decir, una interacción entre dos aviones, al menos uno de los cuales ha sido detectado (por el monitor de senderos de vuelo) como desviándose de su trayectoria predicha, bien lateralmente o bien verticalmente. La interacción de desviación es identificada por el MTCD 1084 sondeando una "trayectoria de desviación" que es generada por el TP 1082, y extrapola el comportamiento observado del avión que ha sido detectado como desviándose de su rumbo autorizado, según lo anteriormente expuesto. La interacción de desviación, aunque se exhibe al controlador en blanco (a fin de diferenciarla claramente de las otras interacciones) es clasificada por el MTCD 1084 bien como infringida o bien como no asegurada, usando la lógica previamente descrita (una interacción de desviación no puede, por definición, clasificarse como asegurada).

30 El controlador de vuelo está ahora en posición de determinar, a partir del monitor de separación, no sólo aquellos pares de aviones que dan motivo de preocupación, sino también lo que debería hacer al respecto.

35 Las interacciones que se muestran como "infringidas" requerirán que cambie la autorización vertical o de navegación de uno o ambos aviones antes de la expiración del tiempo de interacción, o de que se prediga la ocurrencia de una infracción de la separación mínima de 5 millas náuticas.

40 Los aviones mostrados como "asegurados" no requieren ninguna acción del operador. Los mostrados como "no asegurados" requieren que tome acción, e indican que, poniendo ambos aviones en rumbo, puede cambiar su estado a "asegurado" y luego estar seguro de que la separación mínima de 5 millas náuticas no será infringida. En el controlador que emite tal instrucción, la próxima vez que el MTCD 1084 realice un ciclo de clasificación (es decir, en menos de 6 segundos) en la etapa 434 la interacción se clasificará como "asegurada" y el color del símbolo cambiará, permitiendo que el controlador no tenga ninguna preocupación futura acerca de la interacción.

45 De esta manera, los controladores son habilitados para tomar decisiones rápidamente. Se apreciará que reencaminar un avión puede requerir alguna consideración si ha de mantenerse alejado de todos los otros, y, por lo tanto, es ventajosa la capacidad de discriminar aquellos que requieren reencaminamiento de los que pueden confinarse a un rumbo.

50 Además, es ventajoso indicar la geometría de interacción, para asistir al controlador, tanto para construir una imagen mental del avión que está controlando como sobre qué hacer con él. Apreciará que los aviones que se aproximan de frente tenderán a aproximarse entre sí más rápidamente, por lo que la duración de la interacción es más corta desde la pérdida inicial de separación hasta la aproximación más estrecha, y tal interacción, por lo tanto, necesita una manipulación más urgente. Además, al resolver tales interacciones, puede ver cómo instruir a los pilotos a fin de separar los vuelos; por ejemplo, en el caso de una interacción frente a frente, puede instruir a ambos aviones para girar a la izquierda, mientras que en el caso de una interacción de adelantamiento, puede decir a uno que vaya a la izquierda y a uno que vaya a la derecha.

55

Con referencia a la Figura 13, se muestra un segundo visor que permite al controlador planificar los riesgos verticales. El segundo visor proporciona un eje horizontal 3152 que muestra la distancia (aunque, alternativamente, podría usarse el tiempo) y un eje vertical 3154 que muestra la altitud.

5 En la esquina superior izquierda del visor hay un cuadro 3156 de texto indicador que indica la identidad del vuelo al que se refiere el visor. Un punto 3158 situado en el cero del eje de distancias muestra la altitud actual del vuelo indicado en el cuadro 3156 de texto, y la línea 3160 indica el trayecto predicho del vuelo en cuestión. Este es normalmente el trayecto actualmente predicho del avión, pero en la realización preferida el controlador puede ingresar adicionalmente un trayecto tentativo, o de “lo que pasaría si”, para probar el efecto antes de emitir instrucciones al piloto.

10 En este caso, se verá que el trayecto 3160 indica una ascensión a un nivel de vuelo de 340 (es decir, una altitud de presión de  $320 * 100 =$  aproximadamente 34.000 pies, según la presión atmosférica local) a una distancia de 30 millas náuticas por delante del avión en cuestión a lo largo de su trayectoria, seguida de un vuelo a nivel a ese nivel de vuelo. Una línea 3162 de extensión extiende la parte de ascensión del trayecto 3160, a fin de indicar el efecto del avión que continúa ascendiendo en lugar de ingresar al vuelo a nivel, y un trayecto 3164 indica la velocidad nominal de descenso de la que es capaz el avión.

15 También se muestran cuatro símbolos 3170a, 31470b, 31470c, 31470d que indican otros aviones. Como antes, cada símbolo tiene una forma y un color, y las formas y colores tienen el mismo significado que en la Figura 12. Considerando los símbolos en sucesión, el símbolo en 3170d consiste en un símbolo, acompañado por un cuadro de texto que indica el nombre del vuelo en cuestión. La posición del símbolo indica que habrá aproximación al vuelo después de unas 85 millas náuticas. Así, 3170d muestra dos flechas viajando en la misma dirección y, por lo tanto,  
20 indica que un vuelo está adelantándose al otro. 3170d está situado en un nivel 350 de vuelo (aproximadamente, 35.000 pies) y tiene color amarillo para indicar que no es una interacción asegurada. Así, el controlador puede ver que la interacción entre los dos vuelos puede asegurarse bloqueándolos en un rumbo.

25 3170b muestra un símbolo de color verde para indicar que es una interacción “asegurada”; en otras palabras, independientemente de las altitudes, los rumbos son tales que los vuelos estarán bien separados por al menos la distancia mínima requerida, y no es necesaria ninguna acción por parte del controlador.

30 3170c muestra la interacción con un avión. El avión se muestra en rojo al nivel 330 de vuelo, lo que indica que la interacción está infringida en ese nivel. El símbolo indica que la interacción es una interacción de frente. El símbolo está rodeado por un cuadro acotador que se extiende hacia abajo al nivel 300 de vuelo. Dentro de ese cuadro, también se muestran símbolos, en los niveles 310 y 320 de vuelo, indicando que no habría interacciones “no aseguradas” en esos niveles. Rodeando la parte ascendente del trayecto 3160 hay una zona 3180 de incertidumbre. Esto indica, arriba y a la izquierda, la máxima velocidad posible a la cual podría ascender el avión y, abajo y a la derecha, la mínima velocidad predicha de ascenso.

35 La interpretación hecha por el controlador de la interacción indicada por el símbolo 3170c es la siguiente. Se espera que el avión representado por el símbolo 3170c esté en el nivel 330 de vuelo en el momento de la interacción. Está actualmente al nivel 300 de vuelo, y ha sido autorizado para ascender al nivel 330 de vuelo. El cuadro acotador que forma parte del símbolo 3170c (y los otros símbolos), por lo tanto, muestra todos los niveles autorizados, a través de los cuales ese avión está actualmente autorizado para ascender o descender a medio plazo. La razón es que, mientras que se espera que la trayectoria del avión ascienda a 330 en el momento de la interacción, podría quedarse en esta altitud actual, o ascender mucho más lentamente. Así, la exhibición de todas las altitudes a través de las cuales está  
40 autorizado a volar a medio plazo representa una medida adicional de seguridad para el controlador, dado que sólo en circunstancias excepcionales infringirá un avión sus niveles autorizados. El controlador es capaz de mantener la “separación técnica” entre los vuelos.

45 El controlador también puede determinar que el avión indicado por el trayecto 3160 debería haber ascendido más allá del avión indicado por el símbolo en 3170c, hasta una altitud de 340, en el momento en que haya viajado 50 millas náuticas, incluso si asciende a su mínima velocidad predicha de ascenso. Los aviones, normalmente, ascienden significativamente más rápido que la velocidad mínima predicha, a fin de maximizar los intervalos de vuelo a nivel. Sin embargo, si el piloto escogiera ascender a una velocidad más lenta, podría interactuar con el vuelo mostrado por el símbolo en 3170c.

50 Finalmente, el vuelo indicado por el símbolo 3170a se muestra en rojo, pero la región de incertidumbre mostrada como 3180 indica que el avión no puede ascender lo bastante rápido como para interactuar con él. Sin embargo, si se desea mantener la “separación técnica” (es decir, emitir una autorización a prueba de fallos), el controlador no puede hacer ascender el avión en cuestión por encima del nivel 350 de vuelo hasta que 3170a haya desalojado el nivel 360 de vuelo (ya que el trayecto 3170a podría reducir inesperadamente su velocidad de ascenso).

55 El controlador, por lo tanto, puede ver que, siempre que el avión siga el trayecto 3160, evitará las interacciones con todos los otros aviones, pero, si continúa ascendiendo más allá de la altitud de 340, sería necesario entrar en acción

(bloqueando los aviones en los rumbos) para evitar al avión mostrado por el símbolo 3170d y, si el avión asciende demasiado lentamente, interactuará con el avión indicado por el símbolo 3170c.

5 A la derecha del visor se proporciona un control de rumbo que consiste en un visor 3202 de rumbo arqueado, centrado en el rumbo actual del avión que se está controlando. Pinchando en las flechas a cada lado del visor arqueado, o tecleando directamente un nuevo rumbo usando el teclado, el controlador puede ingresar una nueva trayectoria tentativa que, como se ha expuesto anteriormente, será predicha por el predictor de trayectoria y las correspondientes interacciones serán recalculadas por el detector 1084 de conflictos a medio plazo.

10 Alternativamente, uno entre una pluralidad de puntos de vía puede ser seleccionado por el controlador para indicar los aviones seleccionados que vuelan hacia el punto de vía, desde un visor 3204 de puntos de vía. La representación visual del tipo de interacción (p. ej., de frente, lateral o enfilado) es de ayuda al controlador para determinar una trayectoria de entrada adecuada para reducir la severidad de la interacción. Si el operador halla una nueva trayectoria que elimine las transacciones "infringidas" o "no aseguradas", instruye entonces al piloto a través del casco 320, e ingresa la nueva trayectoria (seleccionando el botón "intro" en la pantalla 314b), y la nueva trayectoria es empleada de allí en más por el predictor 1082 de trayectoria para ese avión.

15 Finalmente, aunque no se muestra aquí, se proporciona convenientemente un visor lateral en el cual se da una vista de plano de los trayectos de aviones, superpuesta sobre el visor de situación del radar, con flechas que indican las direcciones de vuelo y posiciones predichas de aviones en la aproximación más estrecha.

#### **Otras variantes y realizaciones**

20 Aunque se han descrito anteriormente realizaciones de la invención, será claro que podrían emplearse muchas otras modificaciones y variaciones sin apartarse de la invención.

25 Si bien se ha descrito un ordenador anfitrión como proveedor de las funciones de predicción de trayectoria y de detección de conflictos para un sector del espacio aéreo, las mismas funciones podrían distribuirse entre múltiples ordenadores o, alternativamente, todos los cálculos para múltiples sectores podrían realizarse en un único ordenador. Sin embargo, se ha hallado que es especialmente conveniente proporcionar uno (o más) servidor(es) para cada sector, ya que entonces sólo es necesario calcular el número limitado de interacciones entre los aviones en ese sector (se ha apreciado que el número de interacciones crece según el cuadrado del número de aviones).

30 Si bien los terminales se describen llevando a cabo la interfaz hombre-máquina y recibiendo y transmitiendo datos al ordenador anfitrión, podrían proporcionarse terminales "tontos" (o realizar cálculos en el anfitrión). Muchas otras modificaciones serán evidentes para el experto.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de control de tráfico aéreo, para su uso por parte de un controlador que controla una pluralidad de aviones (200), que comprende un procesador (318), un dispositivo (316) de entrada y un dispositivo (312, 314) de visualización, comprendiendo adicionalmente:
- 5 un medio (1082) de predicción de trayectoria para calcular una trayectoria para cada uno de dichos aviones (200), para introducir datos de posición detectada de aviones y para recalculer dichas trayectorias en base a dichos datos de posición,
- un medio (1084) de detección de conflictos para detectar, en base a dichas trayectorias, circunstancias futuras en las cuales pares de dichos aviones violen pruebas de proximidad predeterminadas, y para producir una visualización en
- 10 dicho dispositivo de visualización que indique dichas circunstancias, y
- un medio (316, 320) para introducir datos de instrucciones correspondientes a instrucciones emitidas por dicho controlador a uno de dichos aviones (200),
- caracterizado porque** dicho medio (1084) de detección de conflictos está dispuesto para usar una primera prueba (422) de proximidad y una segunda prueba (426) de proximidad, más restrictiva; y
- 15 **porque** el sistema está dispuesto para mostrar un símbolo (3146a-9) que represente a pares de aviones que violan la segunda prueba (426) en una primera modalidad (3146b) de visualización, y a aquellos que violan el primer conjunto (422), pero no el segundo conjunto (426), en una segunda modalidad (3146e, 3146g) de visualización, y
- porque** el sistema está dispuesto, ante la introducción de una instrucción semejante por parte de un controlador con respecto a un par de aviones en la segunda modalidad de visualización, para cambiar la modalidad de visualización del
- 20 símbolo para dicho par, desde la segunda modalidad de visualización a una tercera modalidad (3146a, 3146f) de visualización, que indica que no es necesaria ninguna acción adicional.
2. Un sistema según la reivindicación 1, en el cual cada modalidad de visualización corresponde a un distinto color de símbolo.
3. Un sistema según la reivindicación 1, que comprende adicionalmente calcular una región de incertidumbre asociada
- 25 a la posición futura de cada avión (200).
4. Un sistema según la reivindicación 3, en el cual la primera prueba (422) comprende probar si las regiones de incertidumbre de un par de aviones se aproximan más estrechamente que un umbral de separación predeterminado.
5. Un sistema según la reivindicación 3 o la reivindicación 4, en el cual la segunda prueba (426) comprende comprobar
- 30 si las posiciones nominales futuras predichas de un par de aviones se aproximan más estrechamente que un umbral de separación predeterminado.

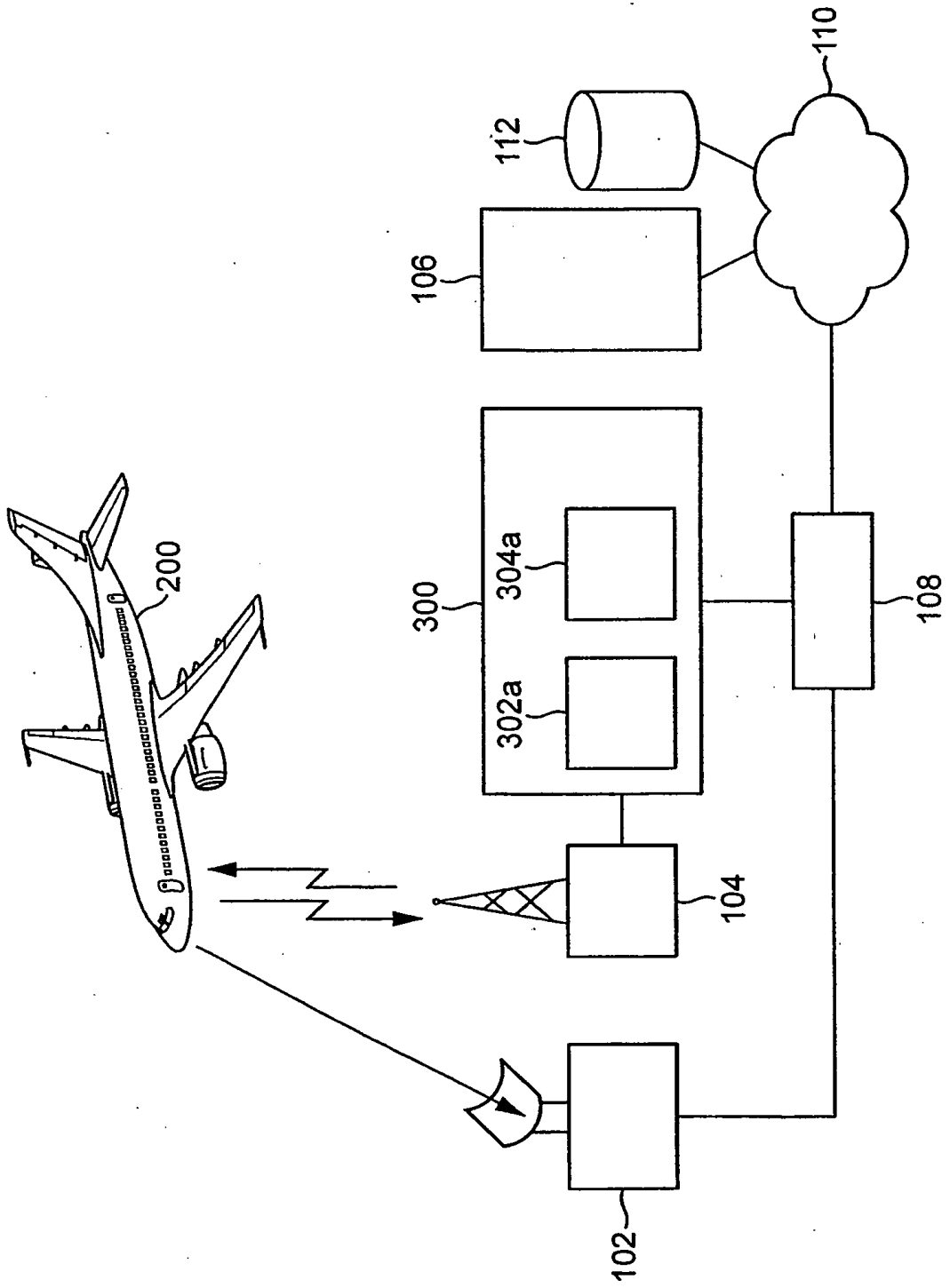


FIG. 1

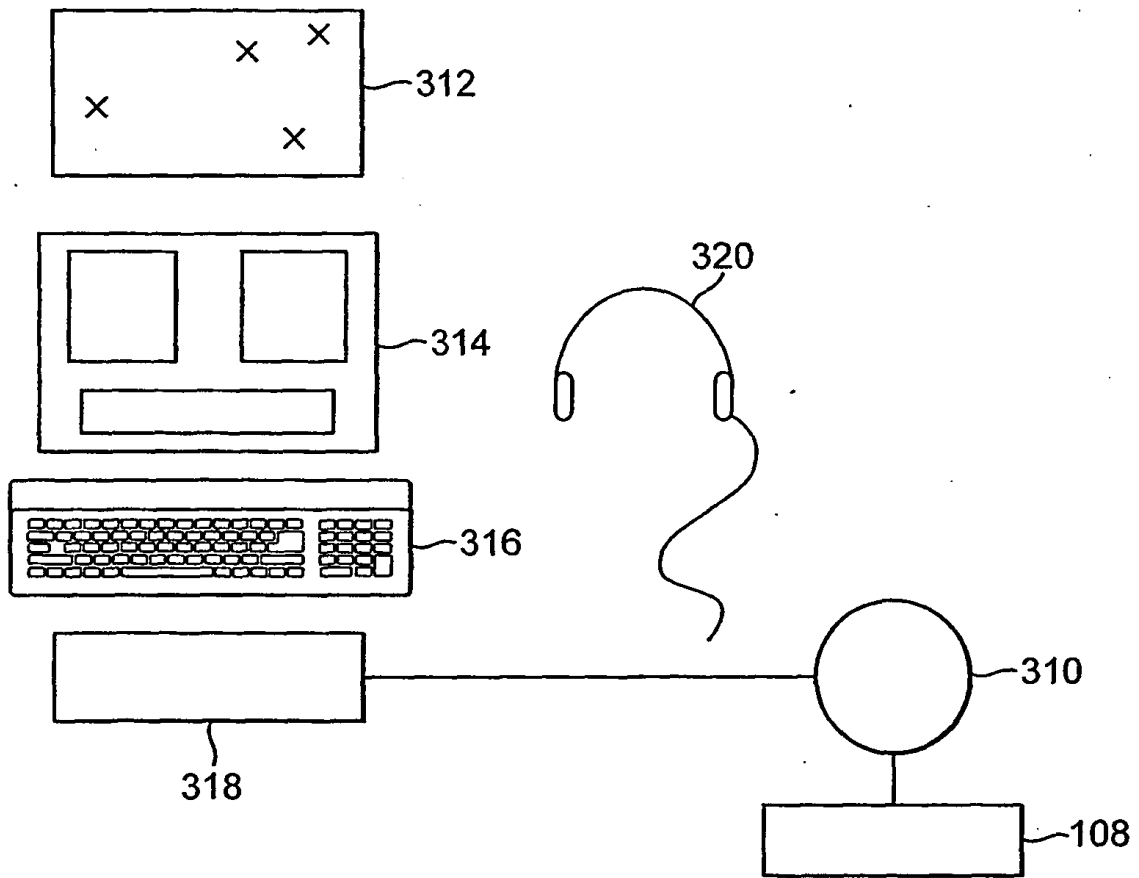


FIG. 2

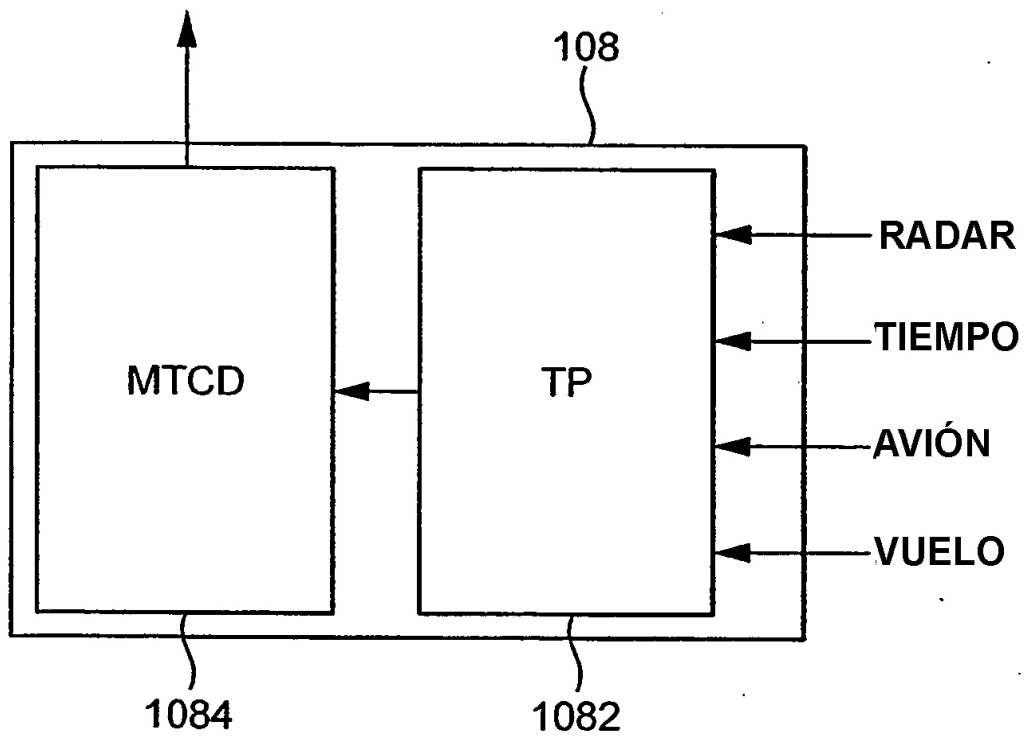
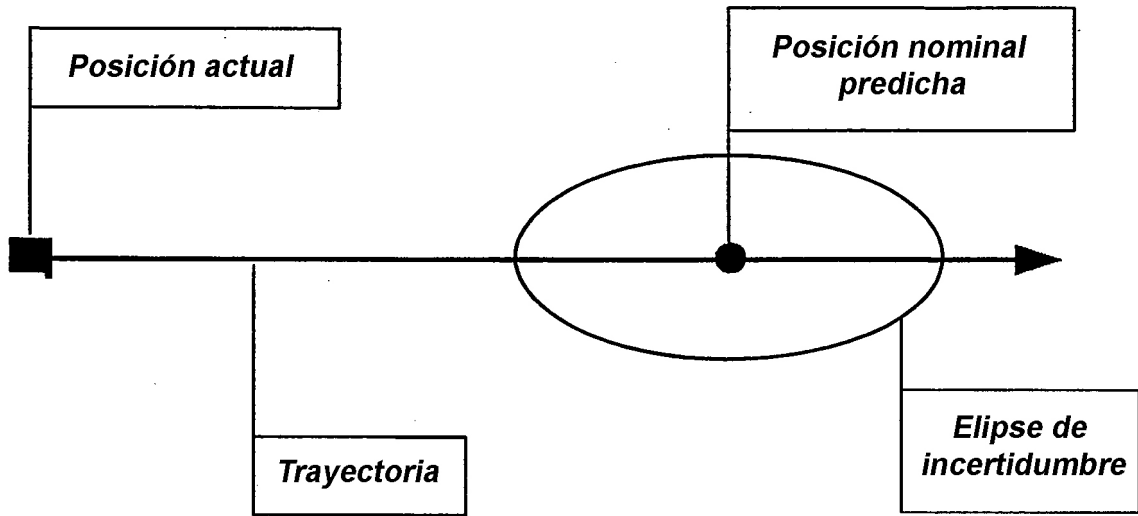


FIG. 3





**FIGURA 4**

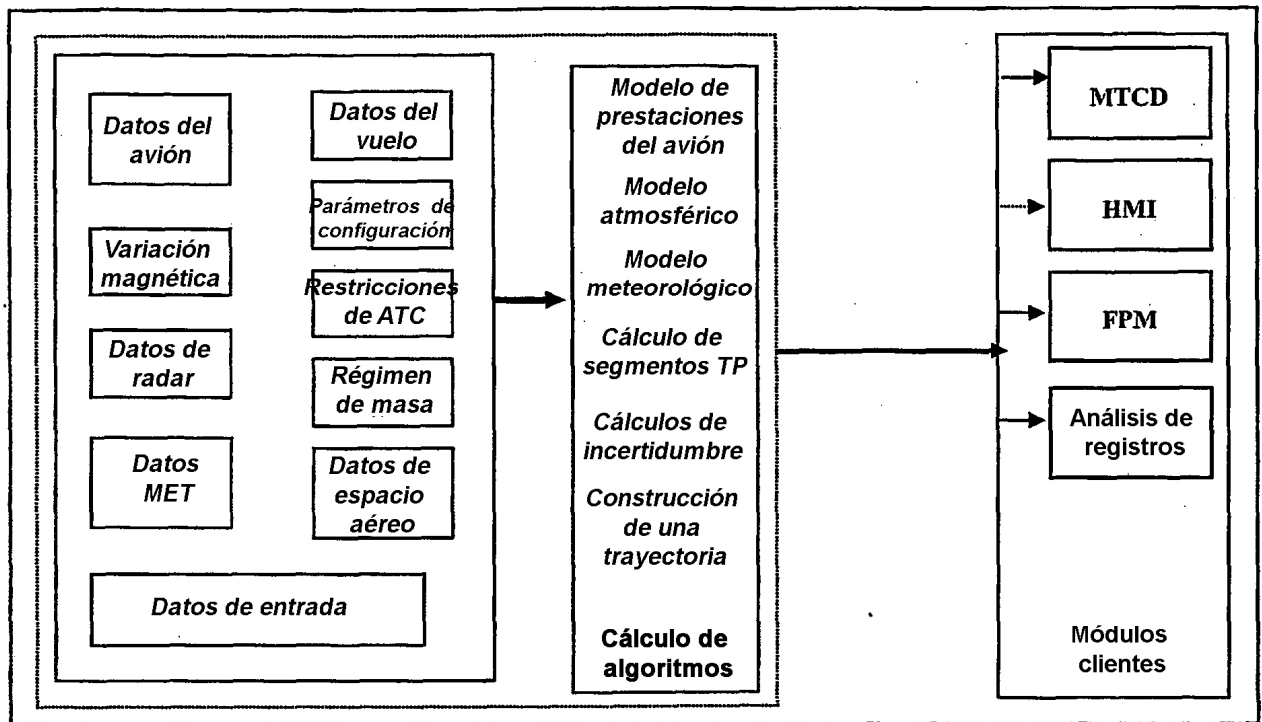


FIGURA 5

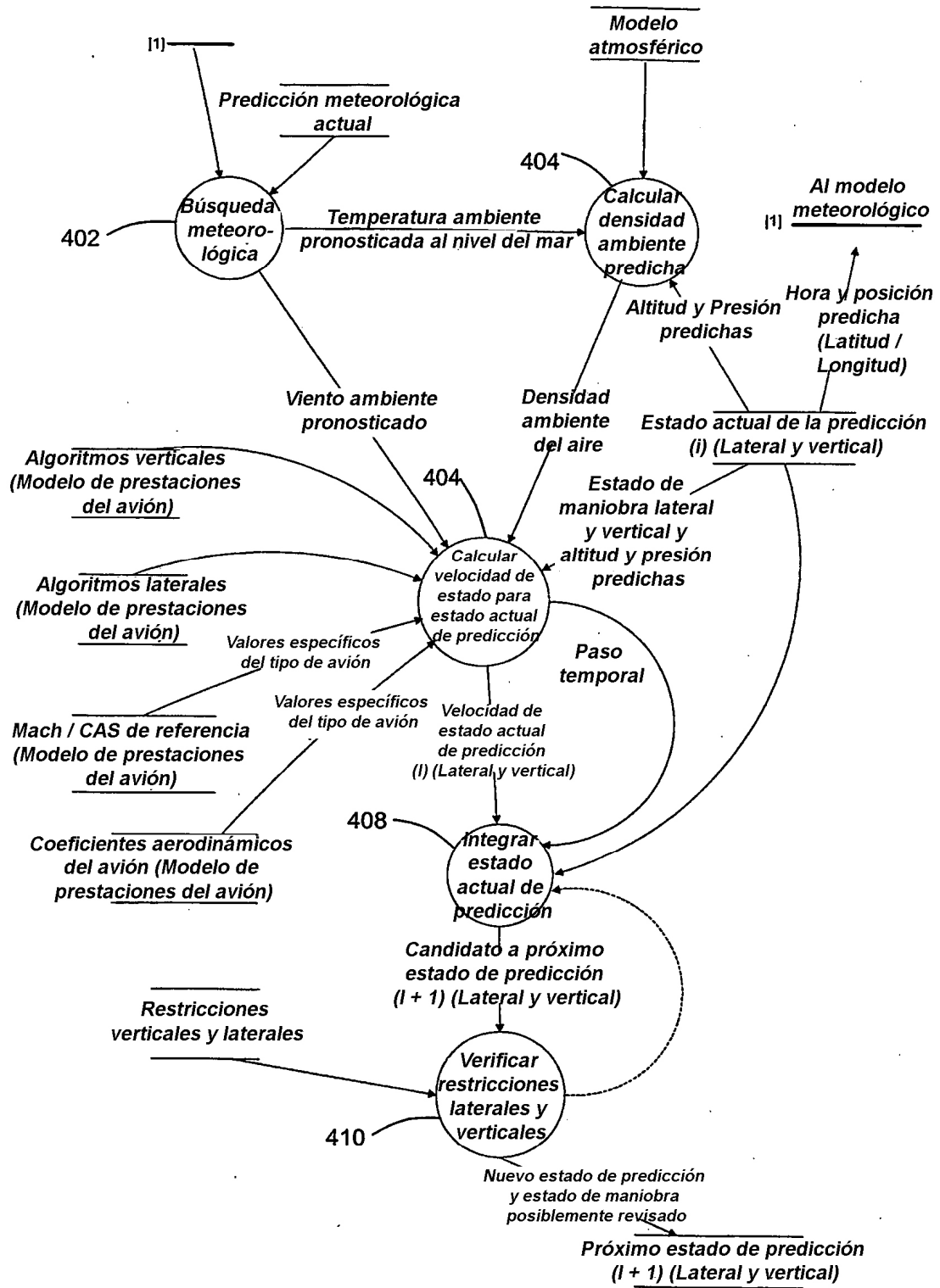
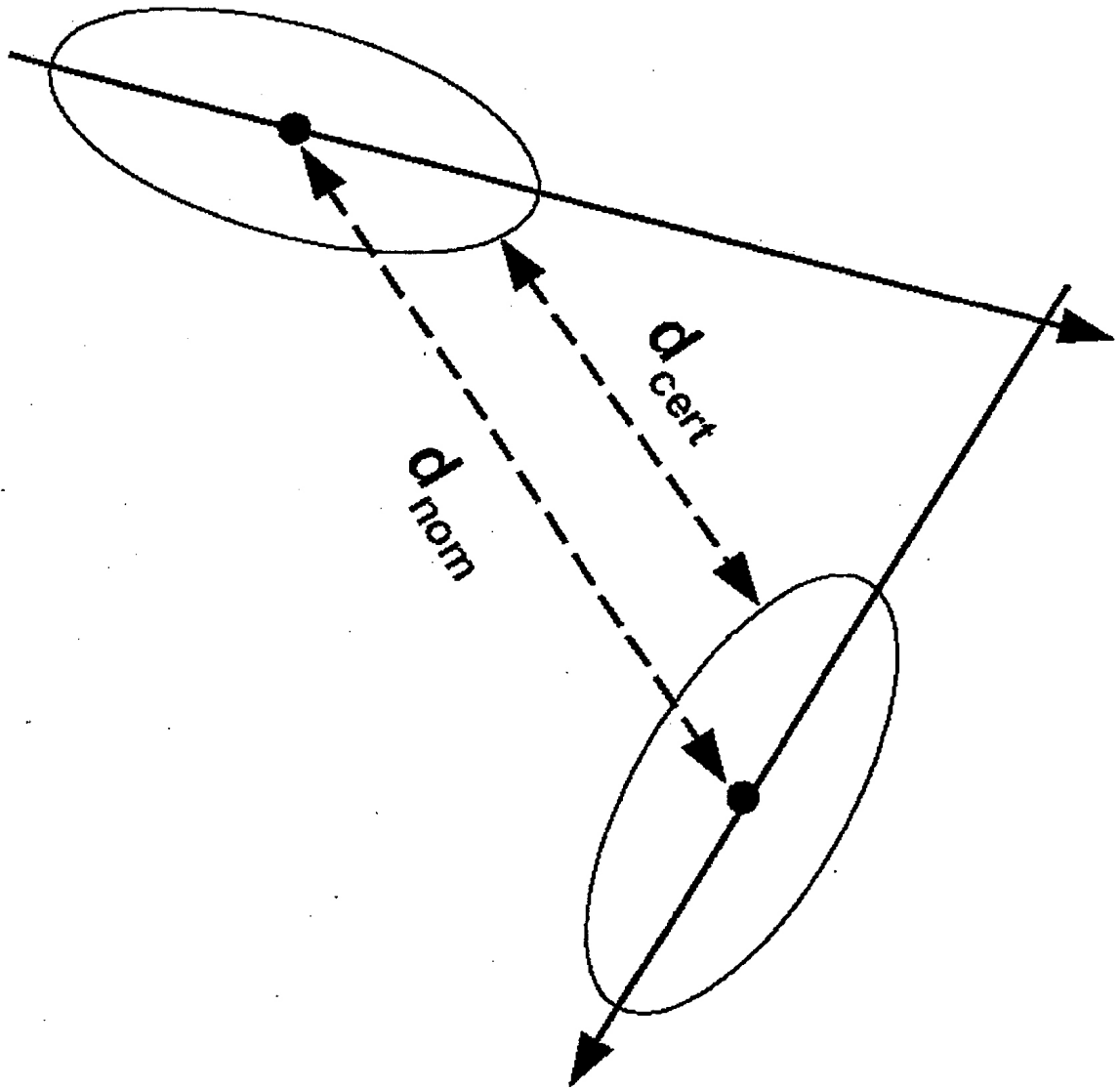


FIGURA 6



**FIGURA 7**

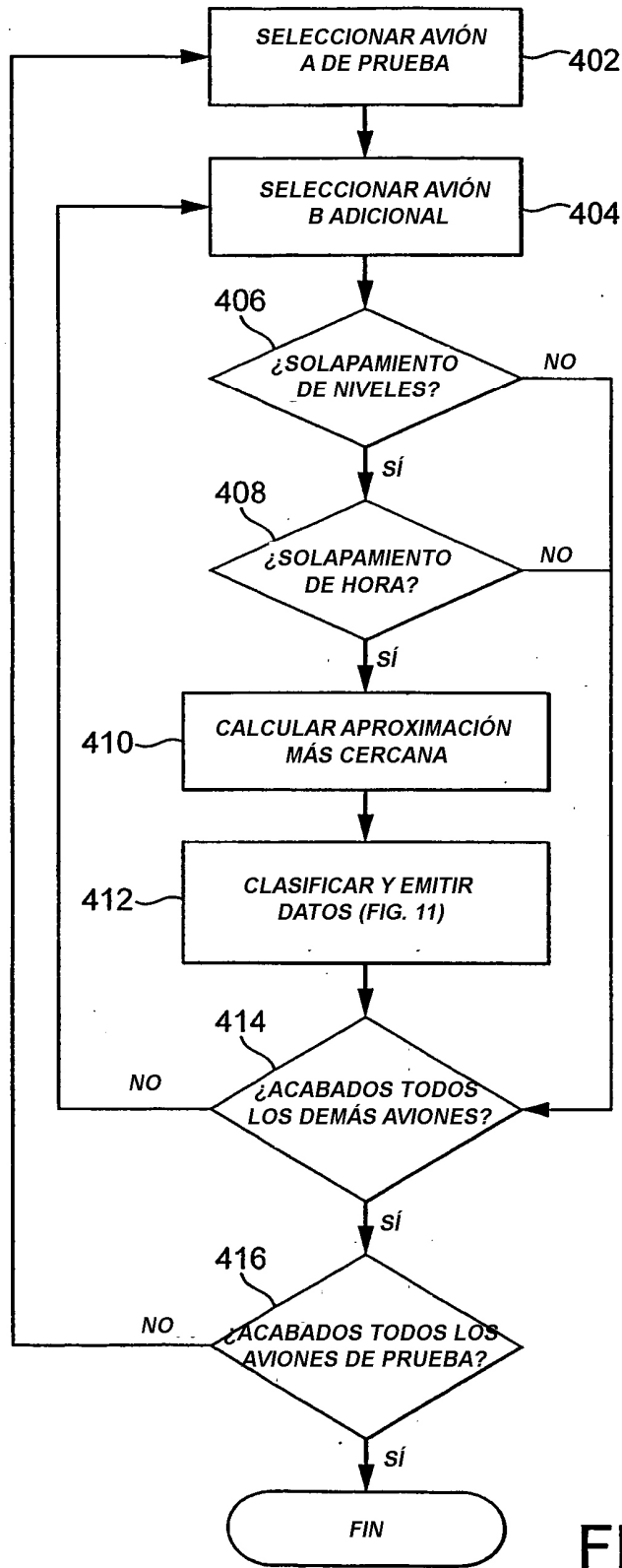


FIG. 8

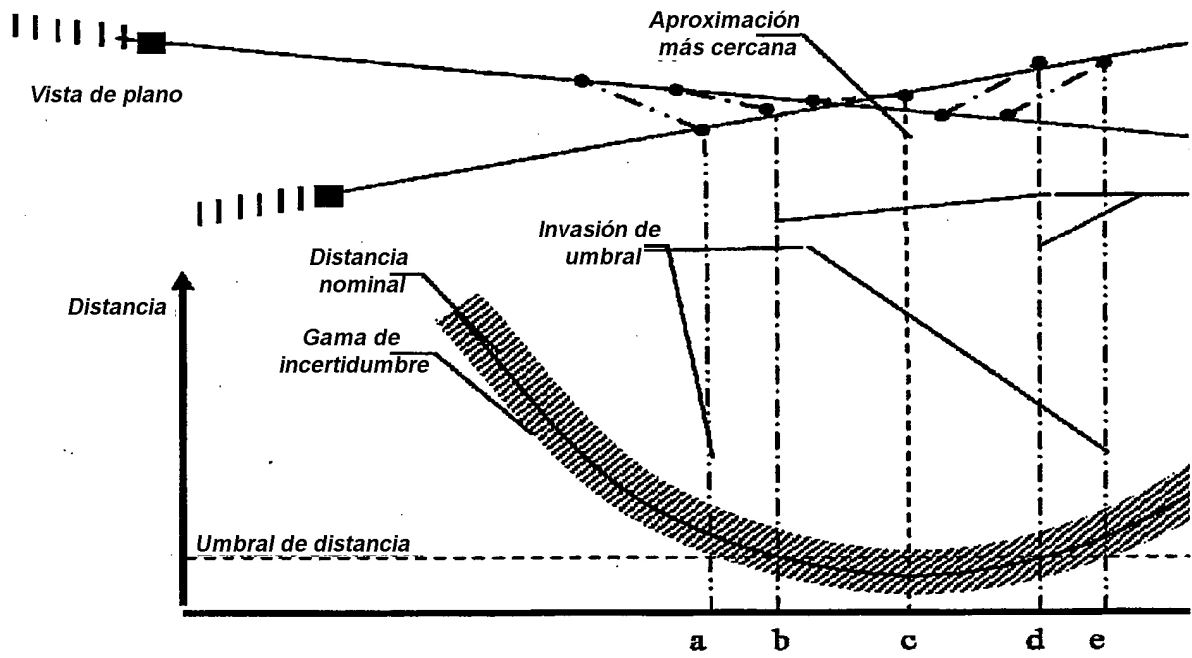
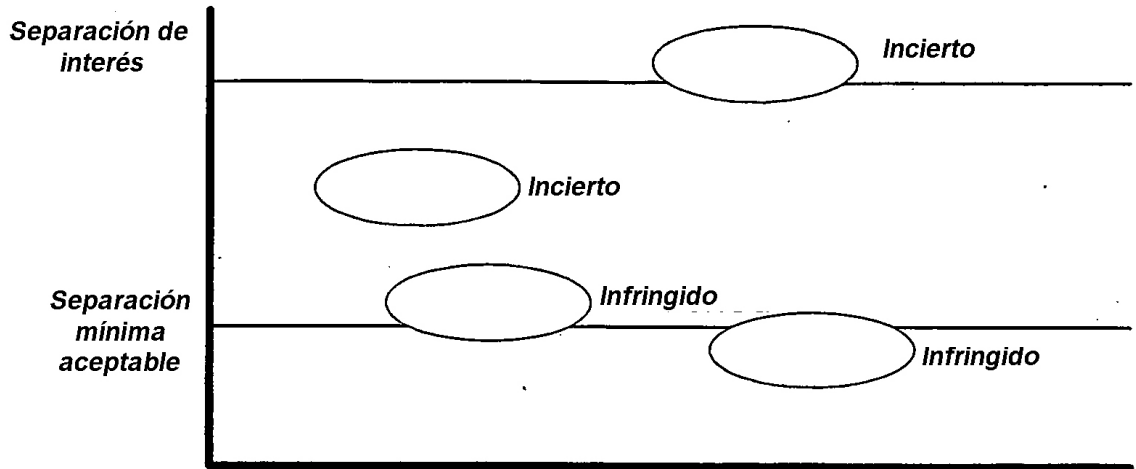


FIGURA 9



**FIGURA 10**

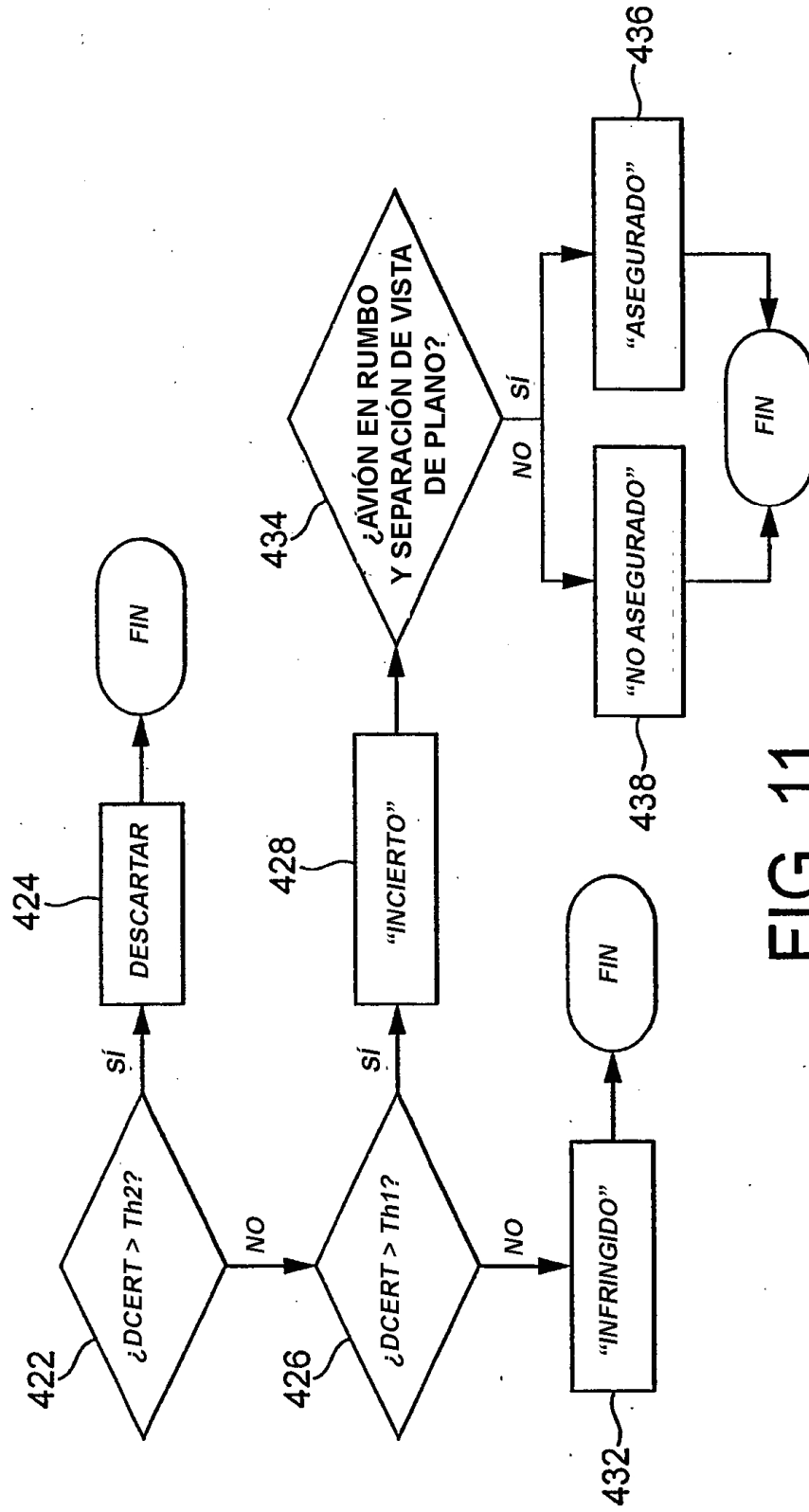


FIG. 11



314a

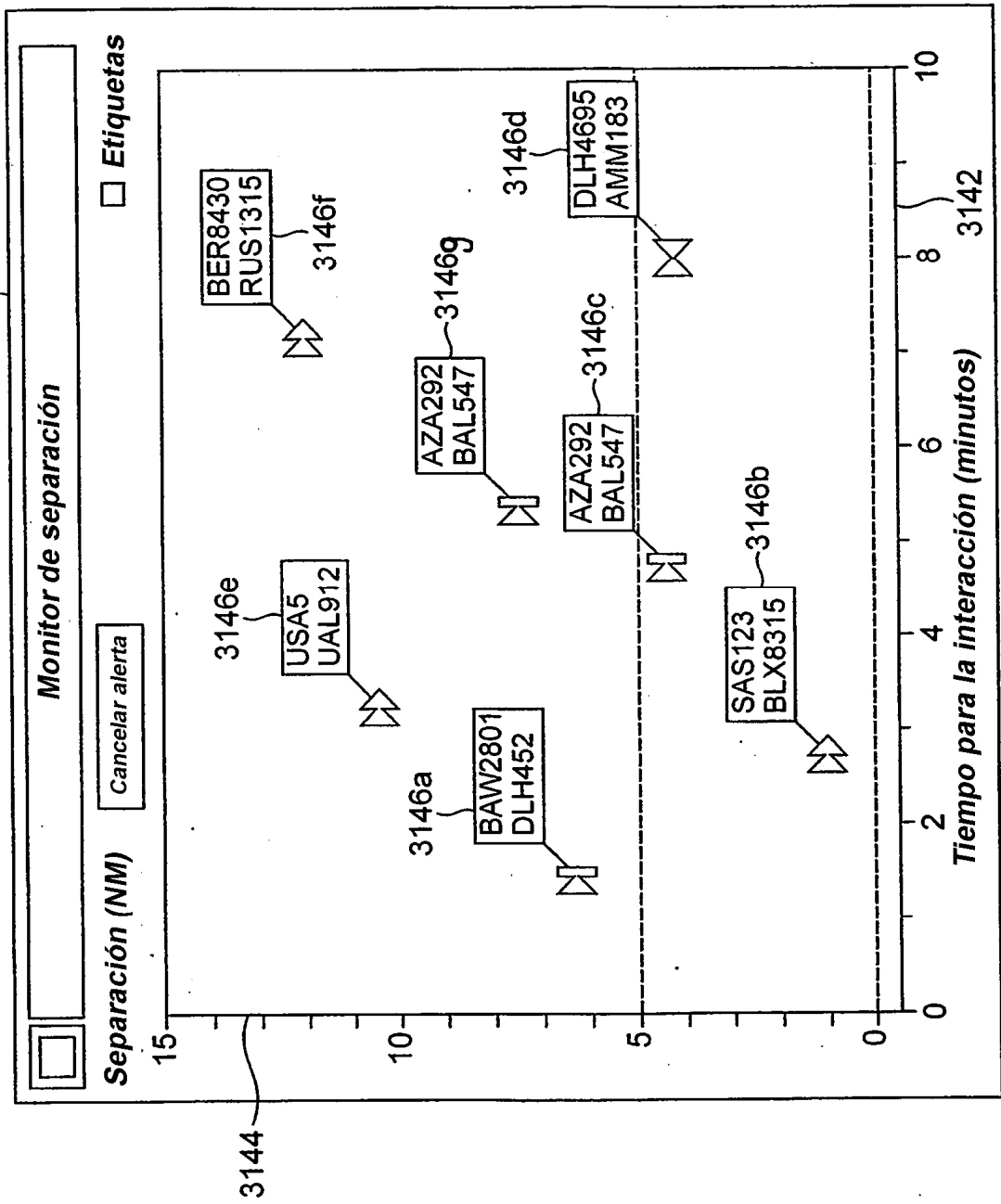


FIG. 12

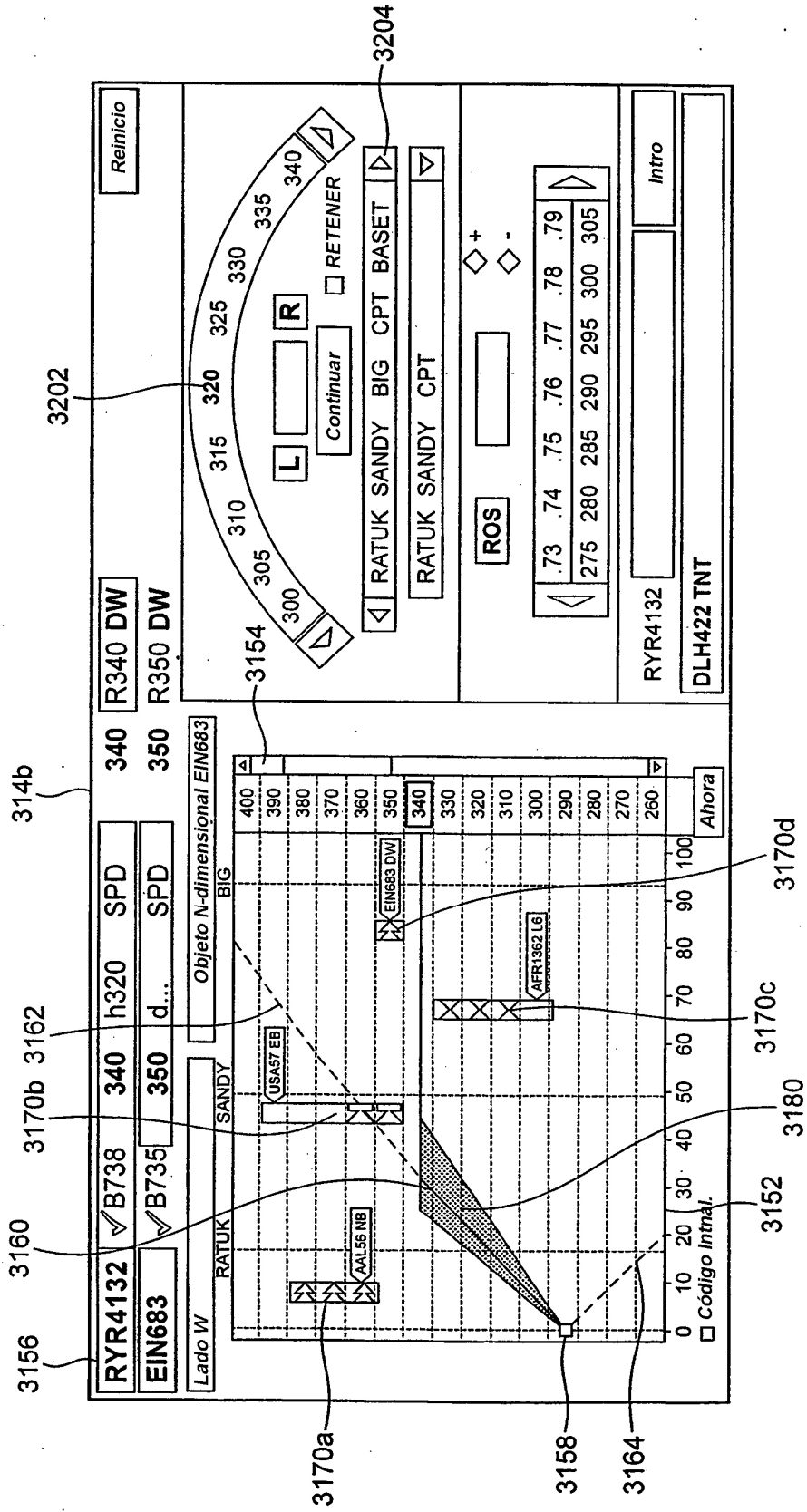


FIG. 13