

# La navegación aérea del mañana

## REVISION DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACION Y AUXILIO A LA NAVEGACION

(Extracto de un artículo de PIERRE GAUDILLERE publicado en *Forces Aériennes Françaises*.)

Las realizaciones actualmente en uso con las cuales se trata de resolver el problema de la radionavegación aérea corresponden a soluciones aceleradas de sistemas que se encontraban en estudio en 1939 y sistemas de impulsos llevados a un extraordinario grado de perfección; estos últimos, a base de la detección electromagnética, conocida universalmente con el nombre genérico de radar.

Los métodos actualmente en uso no parecen, sin embargo, lo definitivo que se desea y se aspira a conseguir, y parece que se espera con cierto optimismo la verdadera solución práctica y definitiva de aquí a algunos años bajo el doble signo que, al parecer, debe presidir su evolución: la integración de todas las funciones, que ha de cumplir en una forma totalmente automática.

### FUNCIONES QUE SE DEBEN LLENAR.

Se suelen distinguir las tres funciones principales a llenar por la radionavegación aérea:

- A) La navegación a grandes y medias distancias en plena ruta (situación).
- B) La aproximación a los aeródromos (recalada).
- C) El aterrizaje (entrada a la pista).

A estas tres funciones o problemas principales se les pueden añadir las otras tres funciones secundarias siguientes:

- D) Control de la circulación (asistencia desde el suelo a los aviones en vuelo para prevenir errores de las tripulaciones).
- E) Previsión de los riesgos de colisiones (contra el suelo o contra otro avión).
- F) Transmisión de informes meteorológicos y de noticias diversas. (A los aviones en vuelo y a otros aeródromos o puestos de información.)

### MATERIAL DE DIVERSOS TIPOS QUE SIRVEN PARA ESTAS DIVERSAS FUNCIONES.

Para la función A): *Navegación lejana y media* (Situación en plena ruta):

- 1.º *Sistema Loran*.—Sistema hiperbólico de impulsos con ondas comprendidas entre 150 y 160 metros.
- 2.º *Sistema Consol*,  
*Sistema P. O. P. I.*,  
*Sistema Navaglobe*.  
Radiofaros de ondas largas o medias.
- 3.º *Sistema Radio-Ranges*.—Radio-alineaciones de ondas medias (radioguías).
- 4.º Sistema por radiogoniómetros en el suelo.
- 5.º Sistema por radiogoniómetros a bordo del avión.
- 6.º Sistema por radiocompás (a bordo), apoyado en los emisores de tierra con indicador de identificación. (Se les suele llamar radiofaros omnidireccionales.)
- 7.º *Sistema Gee*,  
*Sistema Multitrack*.  
Sistemas hiperbólicos de onda muy corta.
- 8.º *Sistema Decca*.—Sistema hiperbólico con medida de fase de alta frecuencia.

Para la función B): *Aproximación al aeródromo* (recalada):

Ante todo, incluimos aquí los seis últimos sistemas que acabamos de dejar señalados para la situación en ruta, pues también son empleables para la recalada.

Sin embargo, se prefieren para la recalada otros sistemas, que dan de un modo directo las coordenadas polares del avión respecto al plano del suelo (es decir, azimut y distancia).

La posición de los aviones se obtiene por referencia a un reticulado de aspecto parecido a una tela de araña (Spider Web).

Tales sistemas exigen radiofaros indicadores de azimut y equipos medidores de distancia (los

franceses los denominan distanciómetros), entre los cuales podemos señalar los siguientes sistemas:

- 1.º *Omnirange Beacon*.—Radiofaros de onda muy corta, con medida de fase en baja frecuencia.
- 2.º *John Gilpin*.—Radiofaro de impulsos (radar).
- 3.º *Sistema Sperry*.  
*Sistema Navar*.  
Radiofaros giratorios de ondas centimétricas.
- 4.º *Radiofaro parlante*.
- 5.º *Sistema Radar Beacon o Racon*.  
*Sistema Rebecca* (a bordo), con baliza de respuesta *Eureka* (en tierra).  
*D. M. E.* (Equipo medidor de distancias).  
Medidores de distancia a impulsos (radar).
- 6.º *Sistema A. R. L.*  
*Sistema Sperry*.  
*Sistema Raydist*.  
Medidores de distancia de medida de fase en baja frecuencia.

Para la función C): *Aterrizaje* (entrada a la pista):

- 1.º *Sistema Lorenz o S. B. A.*—Alineaciones por medio de ondas de unos nueve metros.
- 2.º *Sistema S. C. S.-51 o I. L. S.* (Instrument Landing System).—Alineación y senda de planeo (Glide Path) por medio de ondas muy cortas (intersección de dos planos: uno, vertical, y otro, inclinado de planeo).
- 3.º *Sistema Sperry*.  
*Sistema C. S. F.*  
Y otros varios.  
Alineación y senda de planeo por ondas centimétricas.
- 4.º *Sistema Talk Down o G. C. A.* (Ground Control Approach).—Mando radiotelefónico de las maniobras de un avión detectado por radar.
- 5.º *Sistema Belik*.—Por medio de rayos infrarrojos.
- 6.º *Sistema Loth*.—Cables guías.
- 7.º *Sistema Fuegos Barlow*.—Iluminación de la pista.
- 8.º *Sistema Fido*.—Disipación de neblinas y brumas.

Para la función D): *Asistencia y vigilancia de la circulación*:

- 1.º *Radar primario, P. P. I.* (Plan Position Indicator).—Detección, por emisión de impulsos que son reflejados por el avión y vueltos a recoger por la estación emisora, formándose el indicador de posición de plano.
- 2.º *I. F. F.* (Identificación amigo o enemigo).—Identificación de aviones formándose el indicador de posición, lográndose la detección por medio de una emisión dirigida de impulsos que son repetidos por un emisor especial si-

tuado a bordo del avión amigo, y no por el enemigo.

- 3.º *Sistema Navascreen*.—Transmisión automática de los informes.
- 4.º Regulación de la circulación de los aviones en el suelo.

Para la función E): *Anticolisión* (contra el suelo o contra otros aviones):

- 1.º Altimetros de impulsos (radar).
- 2.º Altimetros con modulación de frecuencia.
- 3.º Detector de obstáculos radar.
- 4.º *Sistema Navar*.  
*Sistema Teleran*.  
Transmisión al avión de un indicador de posición de plano obtenido en tierra.
- 5.º *Sistema Lanac*.—Circulación por canales de alturas.

Para la función F): *Difusión de informes*:

- 1.º Difusión general al conjunto de aviones: emisores de las torres de mando.
- 2.º *Sistema Sperry*.  
*Sistema Navamander y otros*.  
Envío de consignas especiales a un avión determinado cuando éste es conocido por su indicativo o por su posición.

La puesta en marcha de un conjunto completo capaz de llenar todas las funciones resultaría carísimo; pero aún tropezaría con otro obstáculo más grave todavía: la complejidad y el precio del material que a bordo de los aviones habría que llevar para poder utilizar todos y cada uno de los diferentes sistemas.

Por esto, hay que sintetizar, tratando de elegir aquellos (de a bordo) que pudieran servir para varias de esas funciones.

No vamos a exponer una solución, sino unas posibles combinaciones, para integrar las seis funciones A, B, C, D, E y F que hemos dejado reseñadas.

*Integración B-D-E* (recalada, asistencia y anticolisión).

Esta combinación ha sido por la que más esfuerzos se han hecho hasta ahora a fin de lograrla.

Para conseguirla se ha acudido a los sistemas de detección radar (expuestos en este artículo en "Para atender a la función D", 1.º y 2.º) que permiten obtener un indicador de posición de plano (P. P. I.) de los aviones que se encuentran en una zona determinada. Retransmitiéndolo a los aviones en vuelo, se puede, me-

dianter ciertas precauciones, indicar a las tripulaciones, a la vez que su propia situación, la de otros aviones próximos. Tal es el principio sobre que se basan los sistemas Teleran y Navar.

Se puede, más fácilmente, limitarse a utilizar como radiofaros indicadores de azimut los haces giratorios de los radar panorámicos, que permitirán establecer el indicador de posición de plano.

#### *Integración A y B (navegación y recalada).*

Localizar a distancia media es lo mismo que recalcar. Sin embargo, parece preferible, en la zona de recalada, utilizar las coordenadas polares del avión. Esto puede llegarse a lograr a partir de un sistema cualquiera de navegación, mediante la puesta a punto, a bordo de los aviones, de pequeñas máquinas de calcular electromecánicas o electrónicas, pues ellas serían capaces de convertir en coordenadas polares, con relación a un punto escogido arbitrariamente, las coordenadas proporcionadas por uno de esos sistemas de navegación, como por ejemplo:

- Los azimutes con relación a dos radiofaros cualesquiera.
- Los parámetros de las hipérbolas de los sistemas Loran, Gee o Decca.

La integración A y B supone siempre que la precisión del sistema de navegación y la frecuencia de sus indicaciones estén adaptadas a las necesidades de la recalada. Si para un avión en mitad del Atlántico basta con conocer su posición cada diez minutos con una exactitud de diez kilómetros, hay que reducir esas cifras a un minuto y un kilómetro en la zona de recalada.

Una solución posible comprendería el empleo de emisores diferentes para las grandes y las pequeñas distancias, pero que pudieran ser recibidos por el mismo receptor de a bordo por medio de un simple cambio de longitud de onda y un cambio de escala de lectura en el mismo instrumento.

#### *Integración B y C (recalada y aterrizaje).*

Las condiciones de aterrizaje entrando en pistas pavimentadas exigen una localización particularmente precisa de los aviones; esto no parece que se pueda lograr más que con la ayuda de emisores colocados en posiciones determinadas y convenientes con relación a la pista.

La integración B y C debe, pues, ser busca-

da en el sentido C-B, es decir, a partir del sistema de aterrizaje, y luego ir en él a integrar la posibilidad de lograr la recalada, aunque en la práctica se efectúen luego esas operaciones en sentido inverso.

La tendencia actual para la *entrada en pista* es hacia el empleo de ondas ultracortas, o incluso centimétricas, lo cual conduciría a extender a la zona de recalada (radio de 50 kilómetros) la utilización de estas ondas.

La OACI, según esto, ha preconizado el empleo para la aproximación (recalada) de un radiofaro omnidireccional de ondas métricas (Omnirange V. H. F.), y el empleo para aterrizaje (entrada en pista) de un sistema de alineación (localizador del I. L. S.) de frecuencia muy próxima a la de aquél.

Se ha proyectado también transformar el emisor de alineación, que utiliza la intersección de dos diagramas de modulación, en sistema de medida de fase en baja frecuencia; podría así ser recibido por el mismo receptor de a bordo el radiofaro en un canal de frecuencia próxima.

El uso de las ondas métricas o centimétricas para la recalada viene bien para los aviones de las líneas aéreas y aviones militares, que tienden a volar alto sobre las capas de nubes, pero va muy mal para los aviones de turismo o militares de enlace, los cuales tratan de volar bajo, por debajo de las nubes, y que en esas condiciones recibirían mal las ondas ultracortas, que se van pronto hacia arriba, puesto que su propagación es rectilínea.

La integración C-B no puede ser más que parcialmente conseguida con un solo elemento a bordo, puesto que el aterrizaje comprende una localización del avión, no sólo en un plano vertical de dirección, sino en otro plano inclinado de planeo. Señalemos a este respecto que la definición de una senda de planeo (Glide Path), fija para todos los tipos de aviones, no representa una solución perfecta, pues teniendo cada tipo de avión su propio y diferente planeo ideal, sería preferible un sistema emisor que permitiese a cada avión tomar, con un sistema receptor de a bordo, su propia línea de planeo dentro del plano vertical de alineación por medio de una medida de distancia y otra de altura o de ángulo de planeo.

*Integración de F (transmisión de informes) con A, con B o con C.*

Para F deben ser empleados, en cuanto sea

posible, los mismos emisores y los mismos receptores que para A (navegación-situación), tanto lejana como de recalada (B) y aterrizaje (C).

Los radiofaros y los emisores de indicativo pueden ser empleados para transmitir en Morse esas transmisiones (F).

Todos esos emisores que trabajan en ondas medias o largas, pueden, a su vez, ser empleados por los aviones, para con sus gonios de a bordo tomar marcaciones; éstas permiten a veces conseguir una medida de azimut (Navaglobe) o bien eliminar la indeterminación (sólo Consol). Por lo demás, el piloto debe poder, utilizando su radiogoniómetro de a bordo, dirigirse "en homing" (en recalada) hacia uno de estos emisores. Han sido incluso estudiados ciertos aparatos para hacer posible el "homing" hacia un emisor de ondas ultra cortas.

#### *Integración general.*

Los esfuerzos más interesantes limitan la integración a zonas restringidas, puesto que se basan en el radar, y las emisiones de este tipo utilizan las ondas decimétricas o centimétricas, cuyo alcance es limitado, en especial para los aviones que vuelan bajo. No se podría imaginar la extensión de tales sistemas al Atlántico o al Sáhara.

Hoy por hoy aparece muy difícil una integración general.

#### *Tendencia al automatismo.*

El principio básico en que se debe inspirar la evolución de la radio-navegación para el futuro es la tendencia al automatismo, la cual se debe ejercer en tres dominios diferentes:

- El automatismo de las medidas.
- El automatismo de las indicaciones.
- El automatismo de las maniobras.

#### *Automatismo de las medidas.*

La evolución de la radionavegación aérea comprende tres edades diferentes, que cronológicamente son:

- La edad de las medidas hechas por operadores en tierra.
- La edad de las medidas hechas por operadores a bordo de los aviones.
- La edad de las medidas que no exigen ningún operador.

La primera fué la de los radiogonios en tierra, la que exigía muchos especialistas en muchos gonios para un sólo avión. Hoy existe un sistema muy moderno, que es el G. A. C., gracias al cual operadores en tierra determinan por detección radar la posición del avión y dan por radiotelefonía al piloto las indicaciones necesarias para las maniobras de aterrizaje.

La segunda edad fué la de radiofaros en tierra, que permitían a muchos aviones determinar sus respectivas situaciones trabajando sobre esos radiofaros, con sus gonios de a bordo. Los sistemas Loran y Gee, que utilizan a bordo medidas oscilográficas, representan un estado más avanzado en la evolución de esa edad.

Sin embargo, esa edad de ejecución a bordo no es más que un estado intermedio para resolver el problema de la rápida saturación que tenía la edad primera de las medidas en tierra. Hay que comprender que a bordo se trabaja siempre en peores y más precarias circunstancias de espacio y tranquilidad que en tierra. Debe ser la organización de tierra quien dé al aire resueltos los problemas con más exactitud y más calma y comodidad, todo lo cual garantiza la rapidez y precisión.

La tercera edad, a la cual la radionavegación aérea tiene que conducir forzosamente, suprime toda intervención de operadores, y con ello suprime la posibilidad de error, la lentitud y el cansancio. Debe emplear emisiones continuas desde tierra y registro automático a bordo de los aviones en vuelo.

La primera manifestación importante fué el radiocompás. Se pueden aquí reseñar los radio-alineación de señales Morse canalizadas (Lorenz, S. B. A., radioguías).

Esta tercera edad desarrolla, con los radiofaros omnidireccionales (Omniranges), las alineaciones de aterrizaje (I. L. S.), los sistemas Decca, los medidores de distancias radar o de impulsos, etc., etc. Los adaptadores están en estudio para completar los receptores de los sistemas Loran y Gee, con la ayuda de aparatos de lectura directa que no exijan ninguna manipulación.

Los aparatos del moderno sistema deben ser totalmente automáticos en su funcionamiento.

#### AUTOMATISMO DE LAS INDICACIONES.

Toda clase de informes dados al piloto debe traducirse por una indicación, por ejemplo:



“Tal rumbo en brújula”, “virar a la derecha tantos grados”, etc.

En ciertos casos particulares, los informes de navegación son directamente utilizables como indicación de pilotaje: radioalineación, senda de planeo (Glide Path), “homing” (recalada), maniobra de espera en círculo alrededor de una baliza respondedora con la ayuda de un medidor de distancia (orbiting).

En otros casos, los informes de navegación se traducen, en general, por la concreción de una *línea de situación*, que no debe confundirse con la ruta a seguir, y que da solamente un lugar geométrico donde se halla la situación; azimut, dado por un radiofaro lateral a la ruta seguida, demora, respecto a un emisor, hipérbolas Loran, Gee o Decca, distancia a una “baliza respondedora”, etc.

Con intersecciones radiales rectas en una carta corriente de navegación, o por intersecciones de hipérbolas en un plano de navegación hipérbólica se hallará la situación, y uniéndola al punto de destino aparecerá la ruta a seguir, con lo cual, según su ángulo con el Norte, podrá darse al piloto el “rumbo en brújula”. Todo esto exige un miembro de la tripulación (navegante, segundo piloto o radio) experto en estas operaciones.

La solución ideal sería la que diese simultáneamente y sin intervención de nadie de la tripulación lo siguiente:

1.º La posición del avión sobre un mapa; por ejemplo, por medio de un punto luminoso móvil en una carta transparente.

2.º Una indicación, “derecha” o “izquierda”, por medio de una aguja indicadora en el tablero del piloto, que lo lleve por el camino más corto a un punto de destino escogido, cuyas coordenadas se hayan puesto en ese indicador de ruta.

3.º La distancia que falta por recorrer hasta llegar a ese punto de destino, distancia indicada con la ayuda de un contador kilométrico.

4.º La velocidad del avión respecto al suelo.

Hay que confesar que en el estado actual de la técnica estas soluciones ideales no son de realización fácil.

#### AUTOMATISMO DE LAS MANIOBRAS.

Esto está prácticamente logrado. Un piloto automático puede ya efectuar las maniobras que se le ordenen desde tierra por procedimientos

radioelectrónicos, auxiliándose para ello de servomotores. El problema del avión sin piloto, en cuanto a maniobras, puede considerarse resuelto. Vuelos completos (incluido el despegue), cruzar el Atlántico, recalar y tomar tierra en una pista determinada de antemano, han sido logrados con pleno éxito, utilizando aquellos procedimientos de navegación en que las medidas se traducen directamente en indicaciones de pilotaje: “homing” (recalada) y radio-balizas de alineación para aterrizaje.

Esto conduce a examinar las posibilidades de la radionavegación en un terreno más amplio y casi inexplorado, el de los aviones y máquinas aéreas teleguiados (sin piloto).

*Aviones de pasajeros.*—Lógicamente, y por perfeccionado que estuviese el sistema de “teleconducción sin piloto”, nunca se suprimirá el piloto humano de los aviones de línea para pasajeros, confiándolos a un “robot”. Ciertas circunstancias imprevisibles pueden siempre exigir la inteligencia y la decisión de un piloto humano experimentado.

Sin embargo, el calentamiento producido en las grandes velocidades y las aceleraciones fuertes pueden exigir el avión sin piloto para ciertos usos.

Se conciben en la paz para:

- Cohetes postales transoceánicos.
- Servir en la estratosfera de reforzadores en las transmisiones en ondas ultracortas o a emisiones de televisión (helicópteros, aviones o cohetes).
- Observaciones científicas de fenómenos meteorológicos, de rayos cósmicos, etc.

#### APLICACIONES MILITARES SIN PILOTO HUMANO.

No podemos considerar los ingenios teleguiados de guerra como algo plenamente logrado. Su precisión y alcance dejan mucho que desear.

En cuanto a precisión, sólo los teleguiados a la vista, y viendo también el blanco, tienen alguna mayor precisión.

En cuanto a su alcance, es corto y el peso crece en una proporción claramente alarmante y prohibitiva con la distancia o alcance.

Se puede considerar como resuelto prácticamente el problema de guiar un avión sobre una ruta determinada, en el caso de que se puedan colocar los emisores necesarios en las proximidades del punto de destino.

Otro caso muy diferente es el que se presenta en guerra, en que tiene que ser teleguiado y llevado sobre el objetivo desde el punto de partida, sin auxilios, en la zona próxima al objetivo, y, lo que es aún peor, pudiendo sufrir influencias que traten de hacerlo desviarse y hasta virar en redondo, ya que las influencias más próximas vencerán fácilmente a las órdenes que le vienen de muy lejos.

La radiotelegrafía sigue sufriendo su gran sensibilidad a las interferencias.

Aunque se acudiera a "modulaciones claves", o a aparatos de relojería y emisiones cronometradas, o a emisiones estrechamente canalizadas, no es menos cierto que a las enormes dificultades que esto significa habría que añadir el ingenio del enemigo para oponerse a ellas por medios análogos.

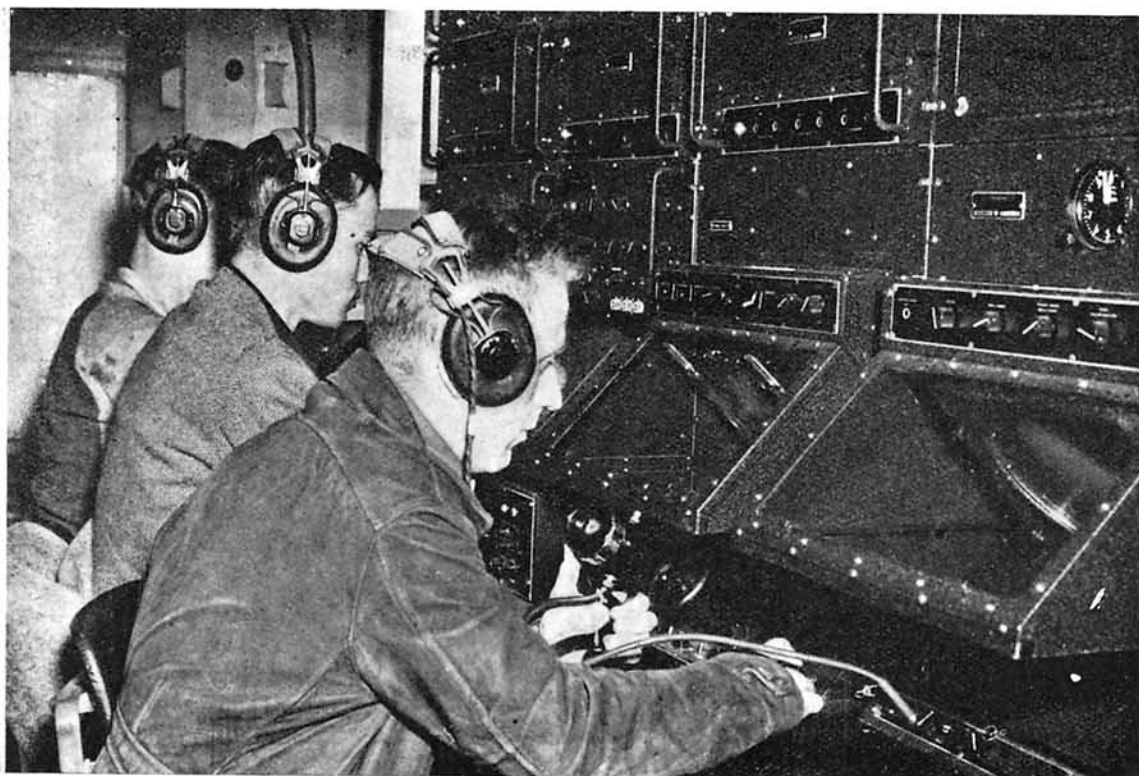
#### LA AUTOCONDUCCIÓN.

En este terreno *la guerra de ondas* será extremadamente intensa y compleja. Una de sus formas será, sin duda, la autoconducción, sobre la cual quisiéramos decir algo.

Entre todas las máquinas radioeléctricas nacidas en la última guerra, la más notable es la famosa "espoleta de proximidad" (proximity fuse), que encierra en los pocos centímetros cúbicos de un proyectil cohete una estación emisora, una estación receptora y un dispositivo de explosión. El efecto Doppler-Fizeau modula la frecuencia de emisión en función de la velocidad de aproximación del proyectil y del objetivo, y la explosión se provoca cuando los dos móviles están a la mínima distancia, sea por choque o porque empiece a alejarse después de haber pasado a la mínima en caso de no llegar a la colisión.

Es posible imaginar, para máquinas mayores, una organización más compleja y perfecta que por métodos radar dirija continuamente el proyectil directamente al blanco, buscándolo aunque esté en movimiento, y haciendo automáticamente el cálculo de la trayectoria de encuentro y choque.

No es fantasía augurar amplios horizontes a los más perfectos sistemas de navegación aérea e ingenios teleguiados para usos de paz y de guerra.



*Los operadores de radar siguen ante las pantallas de los aparatos los movimientos del avión que se aproxima al campo.*