

72-6-28

Lucy

INSTITUTO
DE
INGENIEROS CIVILES

LA TRAVESÍA AÉREA DEL ATLÁNTICO

- CONFERENCIA -

DADA POR EL COMANDANTE DE INGENIEROS

D. EMILIO HERRERA

EL DIA 21 DE ENERO DE 1919

656.7
HER
DESP.
131 AB-3-174

Madrid.—Imprenta del «Memorial * * *
* * * de Ingenieros del Ejército». 1919



Escuela Especial

BIB

72-6-



LA TRAVESIA AEREA DEL ATLANTICO



Este libro es invendible. Su adquisición para consultarse en la biblioteca.

INSTITUTO DE INGENIEROS CIVILES

La travesía aérea del Atlántico

CONFERENCIA

DADA EN ESTE INSTITUTO

POR

D. EMILIO HERRERA

COMANDANTE DE INGENIEROS



Este libro es propiedad
libre. Su adquisición
será considerada
como donación

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID
E.T.S.I. de Minas
BIBLIOTECA

FECHA ENTRADA

N.º DOCUMENTO a 183073

N.º EJEMPLAR 0600026841

SIGNATURA 656.7 HER. DEOP.

Dep 131 AB - 3 - 174

R- 63.056

MADRID

IMPRESA DEL «MEMORIAL DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO»

—
1919



Este libro es propiedad de la Biblioteca de la Escuela de Ingenieros Civiles. Su adquisición es de carácter definitivo.



El señor *Laviña*.—Señores: Un saludo afectuoso y cordial en nombre del Instituto de Ingenieros Civiles al Comandante Herrera que nos favorece exponiendo la conferencia, que dentro de unos instantes oiréis, a los ilustres compañeros que le acompañan y a los Generales Mourelo y Marvá, que nos han hecho el favor de asistir a este acto.

El pretexto de estas palabras es la presentación del conferenciante, que parecerá innecesaria, porque es bien conocido, y pudiera terminar aquí las que he de decir, pero necesariamente he de añadir una como confesión de pecado mío. En la tarjeta de invitación se ha escrito: «Proyecto de travesía del Atlántico», omitiendo la palabra aérea. Yo he sido el culpable: perdonadme. Un distinguido compañero nuestro, a quien ayer hacía confesión solitaria de este pecado, me dijo: «A nadie inducirá usted a error por eso, porque tratándose del Comandante Herrera—y es verdad—, travesía del Atlántico a nadie se le hubiera ocurrido que pudiera proyectarla de otra forma que aérea.» Después de los trabajos suyos que hemos vivido, y de los proyectos que hemos conocido de desplazamientos y velocidades, que algunos años antes nos hubieran parecido imposibles, quizá, se necesita ser el Comandante Herrera para proyectar la travesía aérea del Atlántico. No quiero ofender su modestia; pero sí he de decir que entre los Jefes y Oficiales del Cuerpo a que pertenece, es uno de los primeros que teórica y prácticamente en los aparatos, en el gabinete, en la biblioteca y en el taller, ha estudiado cuanto es necesario estudiar para montar en la forma que está y con el desarrollo que en lo sucesivo ha de tener el servicio de aerostación. El Comandante Herrera en materia de aerodinámica es una verdadera especialidad; es, en suma, una capacidad profesional adquirida no sólo en el título, sino depurada y confirmada en la práctica, como vais a apreciar muy pronto.

Repito las gracias a los compañeros que nos honran con su asistencia y termino cediendo la palabra al conferenciante.

El señor Herrera.—Al aceptar agradecido la amable invitación con que me ha honrado el Presidente de esta Sociedad, me encuentro ante un problema para mí más difícil que la travesía aérea del Atlántico; y es el de que un simple aficionado a la aeronáutica, que carece en absoluto de condiciones de conferenciante, dé una conferencia que pueda interesar a un auditorio, como el que me honra con su presencia, en el cual figuran las personas más eminentes de la ingeniería, de la ciencia y de la aeronáutica españolas. Este problema para mí no tendría solución, si no contara con un factor importantísimo que me es absolutamente necesario, y es la ilimitada benevolencia de este auditorio. Encomendándome a ella y confiando en ella, voy a hacer un ligero estudio del problema de la travesía aérea del Atlántico, estudio que, como digo, tendrá que ser muy ligero, puesto que un examen detallado de este complicado problema exigiría no sólo una conferencia, sino un curso completo de ellas.

La navegación aérea se distingue de todos los demás sistemas de locomoción, en que el medio en que se apoya el vehículo para sostenerse y para marchar, es eminentemente móvil y toma velocidades extraordinarias, lo cual no ocurre en la navegación marítima, en donde las velocidades de las corrientes marinas son conocidas y casi despreciables en comparación con la velocidad del buque. En el aire, la velocidad del viento que arrastra a la aeronave, puede ser de magnitud desconocida y comparable, o aún superior, a la propia de la aeronave, y además completamente imprevista en el estado actual de la meteorología. De aquí se deduce que en la navegación aérea no se puede seguir el rumbo por el procedimiento que en la navegación marítima es posible, o sea el de la navegación que se llama *a la estima*, siguiendo la línea loxodrómica o de rumbo constante. Es decir, suponiendo que la velocidad y el rumbo real del buque sean los que marca la brújula con relación al eje del barco y las tablas de a bordo con relación al número de revoluciones de la hélice, siguiendo esta navegación a la estima, los tripulantes no necesitan más que cada veinticuatro horas, si es posible, determinar la posición del buque por medios astronómicos para comprobar que sigue el rumbo que debe seguir, y si durante varios días el sol está cubierto y no se puede hacer la observación astronómica, se puede continuar navegando a la estima sin que haya en ello ningún inconveniente ni peligro. Pero en la navegación aérea sucede lo contrario: no se puede dilatar la navegación a la estima durante tan largo tiempo, porque ya sabemos que las velocidades del viento pueden alcanzar intensidades superiores o iguales a la de la marcha de la aeronave y, por lo tanto, el ángulo de deriva, o sea la variación del rumbo verdadero con relación al rumbo que marca la brújula, podrá ser considerable y comprometer el éxito de la expedición.

El aeronauta, en cada momento puede determinar, por medio de los aparatos que la marcan, la velocidad de la aeronave, aparatos que son bien conocidos de los aviadores; por ejemplo: el Etevé, el tubo de Pitót, etc., y además, la brújula le indica el rumbo correspondiente a la dirección del eje de la aeronave, pero no se puede precisar, sin embargo, la dirección del aire ni la intensidad del movimiento de arrastre del viento con relación a la tierra. De modo que estamos en presencia de un caso de composición de velocidades en el que lo que nos interesa es la velocidad absoluta con relación al suelo (puesto que vamos a un punto situado en el suelo y no en la atmósfera) y no conocemos más que la velocidad de la aeronave con relación al aire. Nos falta la velocidad de arrastre. Esta, hallándose a la vista de la tierra, es fácil de comprobar, puesto que se puede medir viendo los puntos de la superficie terrestre sobre que se pasa, cuando éstos son conocidos; pero si se navega, como en la travesía del Atlántico, en pleno Océano, fuera de la vista de la tierra, no es posible seguir este procedimiento, porque la superficie del mar no presenta puntos fijos y para comprobar el rumbo verdadero de la aeronave hay que recurrir a procedimientos astronómicos lo más frecuente posible, y por lo tanto tendrá que ir uno de los tripulantes dedicado especialmente a hacer observaciones astronómicas comprobando la posición del barco casi constantemente.

Quizá se encuentre el cielo cubierto, y en ese caso habrá que recurrir al mismo procedimiento a que acude una aeronave que navega sobre tierra, cuando el suelo está cubierto por nubes; que de vez en cuando hay que navegar por debajo de las nubes para ver el punto del suelo y comprobar la dirección. En el caso de navegación sobre el Océano habrá que hacer una cosa parecida, sólo que a la inversa: si está el cielo cubierto, intentar pasar por encima de las nubes para hacer las observaciones astronómicas a fin de comprobar si la posición de la aeronave es la verdadera. Esto no se podrá llevar a cabo algunas veces, sobre todo si las nubes están demasiado altas, si se trata, por ejemplo, de Cirrus que están a 9.000 y 10.000 metros; entonces será completamente imposible comprobar la dirección de la aeronave por las observaciones astronómicas y habrá que recurrir a otros procedimientos. Aun dentro del caso de que sean visibles los astros correspondientes para hacerlas, hay que tener en cuenta que las observaciones astronómicas en la navegación aérea son especiales: no se puede seguir el mismo procedimiento que en la navegación marítima; como en ésta basta con una observación al día, se puede escoger la más cómoda, que es al medio día, la de la altura meridiana del sol; pero en el aire, como habrá que hacer continuamente estas observaciones, no se puede seguir el mismo procedimiento. Estos han de ser muy rápi-

dos aunque no tengan tanta exactitud como los de la navegación marítima y habrá que recurrir a artificios y cálculos gráficos, de los cuales ha dado idea el astrónomo Sr. Castro en el último número del *Boletín de la Real Academia de Ciencias*, y que son aplicables a la aeronáutica.

En el aire tampoco se pueden emplear los mismos procedimientos de medida que en la navegación marítima, puesto que en ésta, cuando se va a medir la altura de un astro, el observador está a una altura constante y fija sobre el nivel del mar y a sus ojos aparece el horizonte como una línea bien definida, que permite marcar exactamente la posición. En el aire no ocurre esto: la línea del horizonte visible generalmente está muy brumosa, algunas veces es invisible y otras veces se presenta por un efecto de óptica un falso horizonte, bien por diferencias de coloración o por la sombra de una nube. En fin, hay que recurrir a procedimientos que nos den un horizonte artificial, lo cual complica el problema.

Para ello se emplean aparatos especiales como el cuadrante de Butenschon que tiene un nivel de burbuja, el sextante de Fleuriais, etc. Pero en el caso de que no se pueda observar ningún astro, hay que recurrir a otros procedimientos, puesto que no se debe seguir un viaje de esta magnitud sin comprobar la posición exacta de la aeronave, lo más frecuentemente posible. A este efecto se recurre a la radiogoniometría, con la que se determina la posición y la orientación de la aeronave en relación con estaciones radiotelegráficas, situadas en la costa, que den una serie de ondas hertzianas, por medio de antenas múltiples, dispuestas según los radios de una circunferencia.

Por este procedimiento, que ha venido ya descrito en algunas revistas, puede determinar el observador la orientación en que está su aeronave con relación a un punto fijo de la costa, y repitiendo la operación con otra estación situada en tierra, la intersección de las dos orientaciones dará la posición de la aeronave.

Este procedimiento es muy útil, sobre todo para el caso de la recalada, que es donde hace falta tener más exactitud para determinar la posición cuando se llega a la costa; entonces, aun en el caso de que ésta esté cubierta por nubes o brumas, con el auxilio de las estaciones radiotelegráficas se podrá determinar casi exactamente el punto de arribo y conducir con toda precisión la aeronave al sitio donde debe descender, pero en pleno Atlántico, lejos de las costas, este procedimiento no es aplicable, porque, en primer lugar, las ondas emitidas por las estaciones costeras difícilmente llegarían a la aeronave con intensidad suficiente para impresionar los aparatos receptores y, además, por estar las estaciones muy distantes, llegarían bajo un ángulo aparente muy pequeño y al hallar la intersección de las dos direcciones, el error podría ser muy grande.

Hay, pues, que emplear otro procedimiento que sea complementario de los anteriores. Yo creo que el más adecuado sería recurrir al compás giroscópico, o sea llevar a bordo de la aeronave dos giróscopos, uno de latitud y otro de longitud. El primero se pondría en marcha en el sitio de partida de la aeronave, teniendo su eje de giro paralelo al eje del mundo. Estando el giróscopo debidamente calculado y con velocidad de rotación suficiente durante el viaje, se conservaría siempre bien orientado con relación a dicha dirección. Así se tendría la altura del polo, la cual nos daría la latitud indicada por el ángulo que forma el eje de giro con un plano horizontal.

El otro giróscopo tendría su eje dirigido al punto del Ecuador celeste llamado punto vernal, o sea el equinoccio de primavera, punto origen de las ascensiones rectas de la esfera celeste. Ya sabemos que este punto es el origen de las horas siderales. El segundo giróscopo, por consiguiente, permanecería durante el viaje orientado hacia este punto, de modo que, si medimos el ángulo que forma el eje del segundo giróscopo con el plano vertical del primero, que es el plano meridiano, tendremos la hora sideral local del sitio donde estuviera la nave, y como podemos conocer la hora sideral del meridiano de origen por el cronómetro de a bordo, restando una de otra obtendremos la longitud, y de este modo, por medio de los dos giróscopos, conoceremos en cada momento la longitud y la latitud.

Este procedimiento no se ha ensayado y probablemente no será muy exacto, pero yo creo que calculando bien los giróscopos, haciéndolos con la menor cantidad posible de rozamientos, se podría, mediante esta combinación, navegar conociendo la posición con una aproximación de un grado, que representa unos 100 kilómetros, lo cual relativamente a las dimensiones del Océano es de poca importancia, aun en la operación de la recalada, que es la más importante, para determinar el sitio en que se va a descender; puesto que si donde se va a ir es a Nueva York, ya sabemos que la calle principal, Broadway, tiene 30 kilómetros de largo, y aun con un error de 100 kilómetros nos colocaríamos en las afueras.

Vemos, por tanto, que el problema de la travesía del Atlántico no sólo necesita del auxilio de la aerodinámica, sino de la electricidad y precisamente de la parte más complicada de esta ciencia que es la de las ondas dirigidas. Necesita también el auxilio de la mecánica en la parte más difícil y delicada de la dinámica, o sea en la girostática y girodinámica y precisa igualmente del auxilio de la meteorología, porque ya hemos apreciado la influencia enorme que tienen la intensidad y la dirección del viento en el éxito de las expediciones.

Del conocimiento de los vientos que haya en el Océano se ha de

deducir no sólo si se debe o no salir, sino que aun habiendo salido y una vez conocido el régimen de vientos que haya por los datos que transmitan por telegrafía sin hilos las estaciones costeras, se determinará la trayectoria y el rumbo que se ha de seguir para tener las mayores probabilidades de no encontrar depresiones peligrosas y, si se encuentran, pasarlas por los sitios en que los vientos son favorables. Además, nos indicará la velocidad más conveniente que debe llevar la nave, en el caso que sea globo dirigible, puesto que de todas las velocidades que pueda tener una aeronave, hay una que dá el mayor radio de acción, según la intensidad del viento contrario que se encuentre, y por tanto habrá que dotar a la aeronave de mayor o menor número de motores en marcha, según los que hagan falta para tener esta velocidad. El conocimiento del régimen meteorológico que haya en aquel momento indicará también la altura de navegación más conveniente para alcanzar la capa atmosférica que presente la corriente favorable más intensa.

Vamos a ver el régimen meteorológico del Océano en tiempo normal.

Se vé en esta figura que en tiempo normal, cuando no hay depresión en el Atlántico, el viento gira alrededor de las Azores en el sentido de las agujas de un reloj. En las Azores hay una zona de altas presiones, por lo que el viento toma movimiento anticiclónico.

La línea de puntos trazada en la figura, representa la más corta entre el continente europeo y americano, la línea geodésica, o sea el arco de círculo máximo, que en la figura resulta algo deformado por estar en proyección cilíndrica. Vemos que a la ida, siguiendo la línea más corta, tendríamos viento contrario de proa por la izquierda y a la vuelta tendríamos viento favorable de popa, por la derecha.

Veamos ahora el caso en que una depresión cruce el Atlántico en el sentido que siempre llevan en él, o sea del golfo de Méjico hacia las costas de Europa, o sea de O. a E. El viento gira alrededor de ella al contrario que alrededor del máximo barométrico, o sea en sentido contrario a las agujas de un reloj, según la ley de Buys-Ballot.

Si se siguiera la línea de puntos que marca la trayectoria más corta, encontraríamos la depresión por el lado del Sur y tendríamos vientos fuertes y contrarios; pero si desviamos la trayectoria hacia el Norte nos encontraríamos con vientos también violentos, pero favorables para la marcha. De manera, que conviene pasar las depresiones al Norte de ellas cuando se va de Europa a América (puesto que mientras pasamos la depresión los vientos serán favorables a la marcha aunque sean fuertes) y por el Sur cuando se viene de América a Europa. Por regla general, al encontrarse una depresión, lo mismo a la ida que a la vuelta, habrá que pasarla por la derecha.

Examinaremos ahora el problema aerodinámico de la cuestión, que es el que más nos interesa, puesto que el ingeniero que se encargara de



construir la aeronave tendría que partir de estos datos aerodinámicos. Como sería muy largo que hiciéramos un estudio completo de ellos, me limitaré a lo más importante.

Lo primero que tiene que hacer el ingeniero constructor es elegir entre los dos sistemas de locomoción aérea: el más ligero y el más pesado que el aire.

Vamos a comparar uno y otro para decidir cuál de los dos es más conveniente para esta travesía.

Hay que tener en cuenta que la principal dificultad de este viaje consiste en su excesiva longitud y en la imposibilidad de hacer escalas intermedias. Hasta ahora el mayor recorrido que los aeroplanos han hecho sin escala, ha sido de 1.900 kilómetros, antes de la guerra. Después no se ha hecho recorrido mayor. Los dirigibles se sabe que han hecho 3.000 y 4.000 kilómetros y hay noticia de que un dirigible tipo «Zeppelin», de mayor volumen de 50.000 metros cúbicos, ha llegado a hacer 7.000 kilómetros durante la guerra, pero sólo se tienen noticias vagas.

La dificultad consiste en que hay que hacer una aeronave que haga un recorrido bastante mayor que el acostumbrado en las demás aeronaves que se usan en la actualidad. ¿Cuáles son las más adecuadas para hacer grandes recorridos sin escala? ¿Los dirigibles o los aeroplanos? Empecemos por estudiar el problema fundamental del movimiento de unos y otros en el aire.

El dirigible se comporta en el aire como un cuerpo sumergido en un fluido cualquiera, que sabemos que, según el principio de Arquímedes, tiene una *pérdida de peso*, igual al del volumen de fluido que desaloja; por consiguiente, la fuerza ascensional total estará medida por el producto de la capacidad del globo por la fuerza ascensional del metro cúbico del gas empleado para llenarlo.

Este producto puede estar representado por la fórmula:

$$a S l$$

en la que S es la superficie de la sección máxima transversal del globo, l su longitud o eslora y a un coeficiente que depende de la forma geométrica del globo y de la fuerza ascensional del metro cúbico de gas.

Para que haya equilibrio vertical, la fuerza ascensional ha de ser igual al peso total, que llamaremos P , y tendremos la siguiente ecuación:

$$P = a S l.$$

Al moverse el dirigible, experimenta una resistencia del aire a su marcha proporcional a la superficie de la sección transversal y al cuadrado de la velocidad, lo que se representa en la siguiente fórmula:

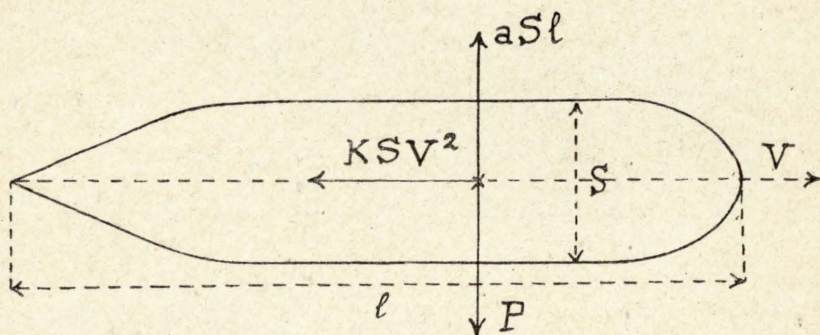
Sustituyendo el valor $S = \frac{P}{a\ell}$

deducido de la fórmula primera, en la última obtenida, se deduce que:

$$R = K \frac{P}{a\ell} V^2$$

o sea que para igualdad de peso total y de gas empleado, la resistencia al avance puede disminuir indefinidamente aumentando la eslora del globo o disminuyendo la velocidad de marcha, pues aunque K aumenta con ℓ cuando esta longitud pasa de cierto límite, su crecimiento no llega a ser proporcional al aumento de eslora.

En el caso del aeroplano, el peso está sostenido por la componente



vertical de la reacción del aire atacado por la superficie sustentadora. Estando esta superficie inclinada en el sentido del movimiento, sabemos que la resistencia del aire, que se puede llamar $K S V^2$, como en el caso del dirigible, no está opuesta a la dirección del movimiento, sino inclinada hacia arriba. Esta resistencia del aire no puede estar por delante de la vertical, porque entonces se produciría una *resistencia activa*: se obtendría el movimiento continuo, que sabemos es un absurdo. Tampoco puede coincidir con la vertical, porque tendríamos una sustentación dinámica sin trabajo resistente, lo cual también es imposible, luego siempre ha de quedar la resistencia por detrás de la vertical. En los aeroplanos mejor construidos se comprueba que esta resistencia se aproxima a la vertical, pero nunca llega a coincidir con ella durante el vuelo horizontal.

En una superficie ideal de las examinadas en el Laboratorio Aerodinámico de Eiffel, se ha llegado a que la tangente del ángulo formado por

la resistencia con la vertical, sea igual a $\frac{1}{20}$, en un ala completa se llega, lo más, a $\frac{1}{10}$ y en un aeroplano completo, generalmente es de $\frac{1}{6}$ ó $\frac{1}{7}$.

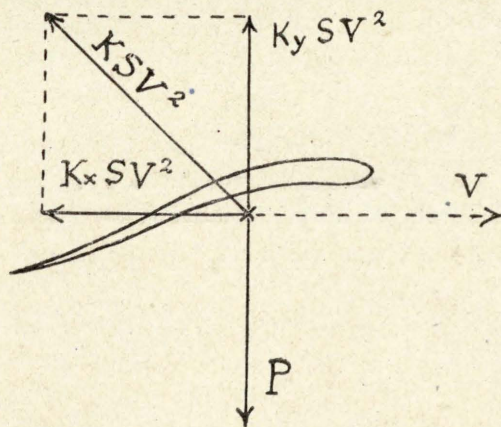
De modo, que el ángulo que forma la resistencia con la vertical no puede bajar de cierto limite.

Esta resistencia puede ser descompuesta en dos componentes: una vertical sustentadora que ha de equilibrar el peso $K_y S V^2 = P$ y otra horizontal que representa la resistencia al avance $K_x S V^2 = R$.

Haciendo la misma transformación que hemos hecho antes resulta:

$$R = \frac{K_x}{K_y} P.$$

Vemos, pues, la diferencia esencial que existe entre la resistencia al avance que presentan un dirigible y un aeroplano. En el dirigible no es



constante: disminuye cuando decrece la velocidad o aumentando la eslora del globo.

En el caso del aeroplano no ocurre esto: la resistencia es independiente de la velocidad y del tamaño del aeroplano, solamente depende del peso total que tenga que llevar y de la relación $\frac{K_x}{K_y}$ que precisamente representa el valor de la tangente del ángulo que forma la dirección de la resistencia del aire con la vertical, y este ángulo no puede bajar de cierto grado como hemos visto antes.

Esta es la diferencia esencial entre los dos sistemas de locomoción aerea.

De aquí se deduce que el trabajo T para recorrer un camino L , igual al producto de R por L , se representa por las fórmulas:

$$T = K \frac{P}{a l} V^2 L$$

para los dirigibles y

$$T = \frac{K_x}{K_y} P L$$

para los aeroplanos.

El combustible necesario para desarrollar este trabajo tendrá un peso proporcional al trabajo desarrollado, puesto que cada unidad de peso de combustible desarrollará un cierto número de calorías que se transformarán en trabajo mecánico. Llamando G al peso del combustible que se emplee y b a la cantidad necesaria para desarrollar un kilográmetro de trabajo útil, se tendrá

$$G = b T = b R L.$$

El peso total P se puede descomponer en dos partes: una el peso de la gasolina, G , peso activo, que es el que nos interesa, puesto que tratamos de hacer un viaje largo; otro el peso muerto C , que no lo podemos suprimir, armazón, télas, motores, tripulación. etc. En un caso y otro se puede poner:

$$P = G + C = b R L + C$$

de donde:

$$L = \frac{P - C}{b R}.$$

Sustituyendo en esta fórmula a R por su valor $K \frac{P}{a l} V^2$ correspondiente al caso de dirigible y haciendo transformaciones que son sencillas, llegaríamos a esta igualdad:

$$L = \frac{a}{b K} \left(1 - \frac{C}{P} \right) \frac{l}{V^2}.$$

En esta fórmula, b , a , K y $\frac{C}{P}$ pueden considerarse como relativa-

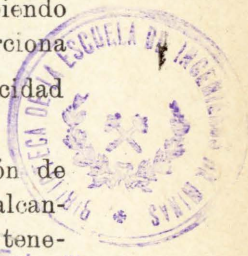
mente constantes, puesto que no pueden aumentarse ni disminuirse ilimitadamente a voluntad del ingeniero constructor, que tendrá que adoptar los valores óptimos de que sean susceptibles, quedando como únicas variables l y V .

Con arreglo a esto, L puede aumentar lo que se quiera, con tal de aumentar l y por lo tanto, la capacidad de la aeronave. También disminuyendo la marcha de los motores, el radio de acción puede aumentar indefinidamente por disminuir V , pero no conviene aumentar el radio de acción a expensas de la velocidad, porque entonces el dirigible no podría luchar con vientos contrarios algo intensos. Ese aumento de acción sólo es verdadero, contando con el aire en calma o viento favorable; habiendo vientos contrarios, hay una cierta velocidad de marcha que proporciona el máximo radio de acción, igual precisamente a los $\frac{3}{2}$ de la velocidad del viento contrario que reine.

Prescindiendo del aumento de radio de acción por disminución de velocidad, vemos que aumentando la capacidad del globo, puede alcanzarse el que se desee. Si con un dirigible de 100 metros de eslora tenemos un radio de acción de 4.000 kilómetros, haciéndole de 200 metros se llegará a 8.000 kilómetros.

En la práctica se tropezará con dificultades para el aumento de volumen, que ya veremos hasta qué punto pueden dominarse.

Salgo al paso de una observación que se puede hacer. Este valor $\frac{C}{P}$ cuando aumenta el volumen del dirigible, aumenta también, puesto que sabemos por construcción de globos que el peso necesario de la tela de la envolvente, para que resista las presiones interiores, crece con la cuarta potencia del radio; de modo, que como la fuerza ascensional no crece más que con la tercera potencia, si se aumenta demasiado el volumen del globo resultará que no habrá fuerza ascensional ninguna y no se podrá navegar. Esto en teoría es verdad, pero en la práctica no sucede así. ¿Porqué? Porque a los globos que se construyen de volúmenes corrientes, se les dá una tela de peso superior al necesario para resistir la presión interior, porque si se les diera estrictamente el que necesita la tela para esa resistencia, se podría rasgar por su poco espesor por otra acción cualquiera exterior. Pero a medida que se va aumentando el volumen y va creciendo el espesor, llega un momento en que éste basta que sea el exactamente necesario para resistir la presión interior sin que pueda temerse que se rasgue, de modo que realmente, al llegar a los globos de los volúmenes que ya se han construido de 54.000 metros cúbicos, aumentando P va disminuyendo el valor de $\frac{C}{P}$. Así se vé que los zeppelínes pequeños tienen un



Este libro es invendible. Su adquisición será considerada como suculenta.

22 por 100 de fuerza útil ascensional con relación al peso total, mientras que en los grandes de 54.000 metros cúbicos esa proporción se eleva al 50 por 100. Se vé que va aumentando la proporción del peso útil y disminuyendo la del peso muerto, con relación al peso total.

Si se llegara a tener que adoptar un dirigible de volumen demasiado grande, resultaría que empleándose un globo del mismo tipo de los que se usan ahora, un globo único, aumentaría el peso de la tela con la cuarta potencia del radio y llegaría a disminuir el radio de acción. Pero entonces se ocurre fácilmente que en vez de emplear un globo único, se deben emplear varios globos. Si no se puede construir un globo de un millón de metros cúbicos, se pueden construir mil globos de mil metros cúbicos.

Esto nos conduce a que un dirigible de estas dimensiones exageradas, se debe hacer, no como un conjunto de globos, pero sí como un globo único distribuido en compartimentos interiores, porque esto da un gran ahorro en el peso de la tela. Por consiguiente, deducimos la conclusión de que en realidad, como hemos visto, teóricamente se puede aumentar lo que se quiera el radio de acción de los dirigibles con sólo aumentar las dimensiones del globo.

En cambio, en los aeroplanos llegamos a esta fórmula

$$L = \frac{K_y}{K_x} \frac{1}{b} \left(1 - \frac{C}{P} \right).$$

De la que se deduce que en los aeroplanos, aunque fueran de una superficie ideal, llega un momento en que ya no puede aumentarse el radio de acción por encima de cierto límite. Un aeroplano ideal, en que todo fuera peso útil, en que las alas, los motores y hasta el piloto fueran combustibles, el $\frac{C}{P}$ sería igual a 0. De ahí no se puede pasar, y a pesar de esto, se obtendría un radio de acción limitado:

$$L = \frac{K_y}{K_x} \frac{1}{b}.$$

Tomando para $\frac{K_y}{K_x}$ y b los valores que tienen corrientemente en los aeroplanos y en los motores, iguales respectivamente, a 6 y $\frac{1}{700.000}$ se obtiene:

$$L = 4.200.000 \text{ metros.}$$

Por consiguiente, con un aeroplano ideal de estas condiciones, en que todo se quemara dentro de los motores, hasta los motores mismos, llegaríamos a obtener un radio de acción máximo de poco más de 4.000 kilómetros.

Estas fórmulas, claro es, que no están correctamente establecidas, porque a P lo consideramos constante y es variable, puesto que se va consumiendo el combustible. Habría que partir de la ecuación diferencial correspondiente a la variación del peso con relación a la diferencial del trabajo desarrollado e integrando después la ecuación, obtendríamos el resultado. Como sería largo de hacer el cálculo, lo omito aquí, pero el que quiera puede verlo en el *Madrid Científico*, en el *Boletín Tecnológico* y en la revista *Ibérica*, donde se ha publicado; y, precisamente, poniendo los coeficientes característicos de los aeroplanos más perfectos actuales, se llega también a unos 4.000 kilómetros de límite del radio de acción que es posible de alcanzar en el estado actual de la aviación.

Se vé, por consiguiente, que se puede asegurar que, teóricamente, es posible construir un dirigible que dé la vuelta al mundo. No sé lo que costaría, si cien millones o mil millones; ello es que con dinero, el que sea, se puede construir, y lo que es posible teóricamente, a fuerza de dinero también es posible en la práctica. En cambio, con todo el oro del mundo, no hay bastante para construir un aeroplano que vaya de aquí a Nueva York sin escala, porque el aeroplano ideal que hemos dicho no podría llegar.

La consecuencia es que para nuestro propósito hay que desechar la solución aeroplano y aceptar el dirigible, con todos sus inconvenientes, que hay que reconocer que los tiene.

Voy ahora a hacer un ligero bosquejo histórico de los proyectos que se han realizado hasta la fecha.

La primera tentativa de travesía del Atlántico fué la que hizo el americano Wellman con un globo de 12.000 metros, que se llamó *América*. Para resolver el problema de llevar la gran cantidad de gasolina que necesitaba, sin cargar demasiado el globo y sin tener que aumentar mucho el volumen, empleó unos depósitos en forma de rosario, añadidos uno tras otro, que fueron colgando del globo y arrastrados flotando sobre el agua. Así, el globo llevaba a remolque la gasolina y la iban subiendo a medida que la necesitaban. Salieron de Atlantic City con viento favorable en dirección a Europa, y el viaje comenzó muy bien. pero al pasar frente a Nantucket recibieron noticias radiotelegráficas de que una depresión se acercaba por el Golfo de Méjico. Siguieron no obstante hasta que saltó el viento correspondiente, que era Norte, arrastrándolos hacia el Sur, y cuando se convencieron de que el globo era jugue-

te del viento y que no podían orientarse, porque toda la carga de gasolina que llevaban a remolque frenaba la marcha de la nave y no obedecía ésta al mando, se decidieron a pedir auxilio: los recogió un barco y abandonaron el dirigible cerca de las Bermudas. Estuvieron cerca de tres días en el globo.

El segundo de a bordo de aquella expedición, Mr. Vaniman no desistió de la empresa y construyó otro dirigible, algo más largo, que se llamaba *Akron*. En este globo intentó resolver el problema de impedir la pérdida de gas por las dilataciones originadas por efecto térmico, no dejándole salir y construyendo la envuelta reforzada con una tela metálica de hilo de acero. Esta tela especial fué fabricada en los Estados Unidos bajo su dirección y, según sus cálculos, podía resistir una dilatación de gas hasta de un aumento de 50° de temperatura y podía el globo subir gran cantidad de metros sin que estallara.

Los cálculos, sin duda, no estaban bien hechos, porque el primer día que salió, al elevarse el globo a 300 metros, estalló y perecieron los cinco tripulantes que iban en él.

Estos son los dos únicos intentos de travesía del Atlántico que se han hecho, en que las aeronaves se han visto en el aire. Ha habido además otros aparatos que se han construido con tal objeto, pero que no han llegado a volar.

El fabricante Suchard intentó la travesía, para la cual construyó en Berlín un globo dirigible, que hizo una ascensión de prueba, en la que se demostró que el globo no tenía radio de acción suficiente para atravesar el Atlántico. Pensaba llevar el globo a Canarias y desde allí aprovechar los vientos alisios, que impulsaran la aeronave hasta América, puesto que son constantes y se puede contar con ellos. No tenían designado previamente el punto de llegada, sino sencillamente ir aprovechando los vientos favorables y descender donde pudieran, en la costa americana.

Construyeron otro globo con menos potencia, puesto que calculaban lo mismo que hemos visto, que el radio de acción es tanto mayor cuanto menor es la velocidad, contando con viento favorable; construido ese otro globo más esférico, más achatado, con menos motores, se convencieron de que tampoco tenían probabilidades de éxito.

Pensaron luego en salir con un globo esférico, desprovisto de motor, puesto que éste tendría mayor radio de acción ya que la velocidad era menor, globo que transportaron a Canarias, pero por fin desecharon por completo la idea y se desistió del proyecto.

Posteriormente ha habido intentos de travesía del Atlántico en aparatos más pesados que el aire, en aeroplanos.

En 1914, el fabricante Curtiss construyó un hidroaeroplano, que llamó *Trasatlántico*, hecho expresamente con dicho objeto. Lo echaron al agua con la cantidad de gasolina necesaria para hacer dicha travesía, pero no pudo despegar, y se convencieron de que no podían realizar su propósito por ese procedimiento.

Parece que el año pasado se ha construido en los Estados Unidos un aeroplano tipo «Handley Page», enorme, con cuatro motores, con la idea de atravesar el Atlántico. Le han probado, han visto que no tienen radio de acción suficiente y han desistido de las pruebas, al menos por ahora; porque piensan reanudarlas en la primavera próxima.

Ha habido también otras ideas y proyectos. En Noruega se intenta atravesar el Atlántico partiendo de un punto de la costa y haciendo escala en Terranova; pero los ensayos que estaban anunciados para este verano último, se han suspendido hasta la primavera próxima. Pronto veremos cuáles de esos proyectos salen a probar fortuna.

En España se presentó en 1914 un proyecto, por el distinguido ingeniero Sr. Sanchís, que intentaba, aprovechando la acción favorable de los alisios, salir de Cádiz, hacer escalas sucesivas en las islas intermedias, e ir a Pernanbuco con un globo especial, ideado por él, al cual le daba rigidez, no por la presión interior del gas ni por una armazón exterior, sino por la presión de unos tubos de tela con aire comprimido que envolvían la nave. El proyecto no llegó a vías de realización.

Por último, el año pasado presenté una Memoria, en la que hacía constar los puntos siguientes: En primer lugar, que en el estado actual de la navegación aérea, está resuelto el problema de construir un dirigible que pueda atravesar el Atlántico, puesto que los últimos modelos empleados por los alemanes tienen un radio de acción suficiente para esta empresa. Hice constar, también, que España es la nación de Europa que está en mejores condiciones para realizar esta empresa, porque tiene en sus costas el punto más próximo a América, de todo el continente europeo.

La distancia más corta que hay entre el continente americano y el europeo, es la línea que une el cabo Charles en el Canadá, con el cabo Vilano que está en Galicia, próximo a la Coruña.

Como el cabo Charles está lejos de toda vía de comunicación no es aceptable este itinerario, pero sí el que une a la Coruña con Halifax o Mulgrave en Nueva Escocia, que es el puerto más próximo del Continente americano al europeo. Precisamente, ahora, los americanos, han constituido un Sindicato para fundar una gran ciudad que se llamará Terminal City, en las proximidades de Mulgrave, de donde van a partir las líneas de comunicación rápidas, de todas clases, que unan el Continente

americano con el europeo. Si se imitase la conducta de los americanos, el punto más conveniente de Europa sería la Coruña, que debe llegar a ser la Terminal City europea; claro está, que al decir esto, no tenemos en cuenta las Islas británicas ni Terranova, sino que consideramos la solución de la travesía del Atlántico, de Continente a Continente, sin escala, y de esta manera, los viajeros de nuestro Continente llegarían por la red ferroviaria al puerto, allí tomarían la aeronave y ésta les conduciría al otro puerto, enlazado igualmente, con la red ferroviaria americana.

Como yo me había comprometido, asegurando que era posible ésto, recibí indicaciones de que ya que sostenía la posibilidad de construir el globo para hacer la travesía, hiciera un cálculo de cómo podría ser este globo, y aunque no me considero como el indicado para hacer ésto, porque hay muchos ingenieros que lo harían mejor que yo, tenía que demostrarlo de una manera práctica e hice un proyecto, mejor dicho, un anteproyecto, un tanteo de cálculo de globo, para demostrar con números que tendría radio de acción suficiente para atravesar el Atlántico; que había, en efecto, una solución, sin que esto quiera decir que no puedan existir otras mejores.

El globo que he proyectado es de 60.000 metros cúbicos, de tipo semirígido, sistema «Torres Quevedo». Este globo tendría las grandísimas ventajas que tienen los globos de este tipo, y además, la de que sería absolutamente español por el tipo y por la construcción.

Estaría impulsado por ocho motores hispanosuizos, de fabricación también española, de 200 caballos: la velocidad calculada es de 90 kilómetros por hora, el radio de acción variará según el número de motores, pero desde luego es suficiente para atravesar el Atlántico y el coste no sería excesivo.

Esta idea ha sido recibida con simpatía en todas partes, especialmente en las altas esferas, donde me han honrado con su atención; y una importante compañía naviera española está en la idea de formar una sociedad para llevarla a la práctica. Se dirá que la empresa es arriesgada, convengo en ello, pero por muy arriesgada que sea, no es razón suficiente para renunciar a intentarla. Es probable que se fracase, se presentarán dificultades grandísimas, quizá de fabricación; pero estoy seguro de que si se hace un proyecto con la colaboración y la cooperación de los primeros ingenieros españoles, este proyecto no será descabellado, sino racional y con probabilidades de éxito, y si se fracasa en esas condiciones, el fracaso no podrá considerarse como un deshonor y sólo el intentar esta empresa constituiría un timbre de gloria para España. Hay que tener en cuenta que Marruecos no ha fracasado en atravesar el Atlántico, en cambio los Estados Unidos han fracasado las cuatro veces que lo han intentado

Y señores, no tengo nada más que decir; temo haberles cansado demasiado y me consideraré satisfecho si he conseguido el principal objeto que me ha movido a aceptar la amable invitación de esta Sociedad, que es contribuir, en la medida de mis fuerzas, a estrechar los lazos de unión entre las dos ramas de la ingeniería española: la civil y la militar, que unidas estrechamente, son capaces de realizar esta empresa y otras mucho mayores y de poner a la ingeniería española a la cabeza de las naciones civilizadas. He dicho. (Aplausos.)



Este libro es invendible. Su adquisición será considerada fraudulenta.