



Juan de la Cierva.

JUAN DE LA CIERVA Y SU CONTRIBUCION AL DESARROLLO DE AERONAVES DE ALAS GIRATORIAS

Por PEDRO BLANCO PEDRAZA,
Ingeniero Aeronáutico,
Jefe de la Sección de Alas Giratorias y Hélices
del Instituto Nacional de Técnica Aeronáutica
«Esteban Terradas» (INTA).

Autorizados gentilmente por la Revista Ingeniería Aeronáutica, nos es muy grato reproducir esta interesantísima conferencia, que constituye un documentado y emotivo homenaje a nuestro inolvidable e insigne compañero Juan de la Cierva.

Excmo. Señor Ministro, Excelentísimos Señores, Señoras, Señores:

Es para mí un alto honor desarrollar, por encargo de la Asociación de Ingenieros Aeronáuticos, la primera disertación de la *Conferencia Juan de la Cierva*, instituida por dicha Asociación, como ha dicho su Presidente, para honrar la memoria del que fué Ingeniero Aeronáutico Honorario y genial inventor del autogiro, Excmo. señor D. Juan de la Cierva y Codorniu.

Es ya tradicional que, en la primera lectura de esta clase de Conferencias, se presenten las actividades de la persona que da nombre a la misma, y muy especialmente de las desarrolladas en el campo cultivado por la entidad que la patrocina.

Por ello y porque el tema es altamente sugestivo desde el punto de vista humano y aeronáutico, voy a ocuparme de "Juan de la Cierva y su contribución al desarrollo de las aeronaves de alas giratorias".

Existen, sin duda, personas que hubieran podido desarrollar la totalidad o parte de dicho tema con conocimientos del mismo más directos que los míos. Estoy seguro que el ilustre Ingeniero de Caminos señor Barcala, que hoy nos honra con su presencia, nos daría una interesantísima versión de la gestación del autogiro y de aquellos primeros años de ardor y pasión aeronáuticos vividos por él y compartidos con Juan de la Cierva hasta que los especialistas aeronáuticos

del mundo entero reconocieron el autogiro como una nueva y original solución del vuelo de los más pesados que el aire.

También estoy seguro que Harold Pitcairn, J. A. J. Bennett, que nos hace el honor de asistir a esta "Primera Conferencia Juan de la Cierva", Paul H. Stanley, R. H. Prewitt o cualquier otro de sus valiosos colaboradores en el Reino Unido y en U.S.A., nos daría una detallada información de la intensa labor que Juan de la Cierva llevó a cabo en dichos países para perfeccionar el autogiro.

Por mi parte, no fueron muchas, por desgracia para mí, las ocasiones que tuve la suerte de escuchar a Juan de la Cierva y de presenciar las demostraciones que frecuentemente él mismo hacía de su propio autogiro. Pero, en cambio, desde antes de terminar mis estudios de ingeniería, he tenido una gran afición por los problemas de las aeronaves de alas giratorias, y ello me ha deparado la oportunidad de conocer la gran labor realizada por Juan de la Cierva en este campo de la técnica aeronáutica. Por tanto, mi exposición estará desprovista de la emotividad que indudablemente le daría el sentirse copartícipe de actos de verdadera transcendencia histórica para la aeronáutica y de la fuerza que le daría el sentirse colaborador en tan importante obra.

Mi propósito es simplemente analizar, con la mayor objetividad posible, la gestación del autogiro y la parte importante que, en el perfeccionamiento del mismo, tuvo su inventor Juan de la Cierva y Codorniu. De este modo intentaré que quede de manifiesto, lo más claramente que me sea posible, la propia y mucha valía del inventor y de su obra.

Quiero, en primer lugar, agradecer públicamente a la Excmo. señora doña María Luisa Gómez-Acbo, Condesa viuda de La Cierva, y a su hijo el In-



Fig. 1.ª — Aeromodelo construido y lanzado por Juan de la Cierva.

geniero Aeronáutico don Carlos de la Cierva y Gómez-Acebo, la amabilidad que han tenido al permitirme consultar documentos personales de su esposo y padre, respectivamente, así como por facilitarme datos que me han sido muy valiosos para la preparación de esta conferencia.

También quiero testimoniar mi agradecimiento al Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Excelentísimo Sr. don José Barcala Moreno, que fué compañero de Juan de la Cierva desde la infancia y más tarde compañero de carrera y colaborador suyo en las primeras realizaciones aeronáuticas. Igualmente le expreso mi agradecimiento al Ingeniero diplomado Otto Reder, que colaboró en The Cierva Autogiro Co. Ltd., de Londres, con el propio Juan de la Cierva. La interesante información de primera mano que ellos me han facilitado, así como las publicaciones y conferencias del propio Juan de la Cierva, me han sido muy útiles para preparar este trabajo.

* * *

Juan de la Cierva y Codorniu nació en Murcia (España) el 21 de septiembre de 1895, y pasados algo más de ocho años es posible que su imaginación de niño se sintiese atraída por el vuelo que Orville Wright realizó en Kitty Hawk el 17 de diciembre de 1903. Pero indudablemente la afición aeronáutica se despertó en él desde los primeros años de su juventud, ya que siendo estudiante, primero en Murcia y después en Madrid, se interesó vivamente y aprendió todo lo que pudo sobre los trabajos de Langley, Ader, Chanute y especialmente de

Otto Lilienthal, que como es sabido iniciaron sobre planeadores la técnica del vuelo humano en aparatos más pesados que el aire.

Su gran afición aeronáutica lo llevó, en 1910, a agruparse con otros dos amigos para poner en práctica los conocimientos que él adquirió en su ávida lectura de todo escrito que podía conseguir sobre dicha materia. Por este camino construyó y ensayó aeromodelos (fig. 1.ª) y planeadores (fig. 2.ª), cuyas características iba mejorando sucesivamente a medida que contrastaba prácticamente las leyes aerodinámicas que había de aplicar a la construcción de los mismos. El grupo y sus amigos sufrieron varios contratiempos en las pruebas de los

planeadores, principalmente debidos a la falta de práctica en el vuelo, y también a la falta de algunas precauciones en la realización de las mismas, fruto de la impaciencia de la juventud (Ref. 4). Pero ello no fué más que motivo de acicate para el entusiasta grupo y su infatigable jefe. Fué durante aquellas pruebas cuando Juan de la Cierva, antes que los demás del grupo, hizo su primer vuelo, precisamente en un planeador proyectado por él y en cuya construcción había tenido la parte principal. Por ello, por la heroicidad que en aquellos años suponía el volar, y por su juventud, es fácil comprender que, aquel vuelo del que fué actor, causara a Juan de la Cierva tal emoción y quedara impreso en su memoria de tal modo que, después de muchos años (Ref. 4), él lo recordaba en el mismo plano de emotividad personal que aquel momento en que, como espectador, vió por primera vez a su autogiro dar un pequeño salto.

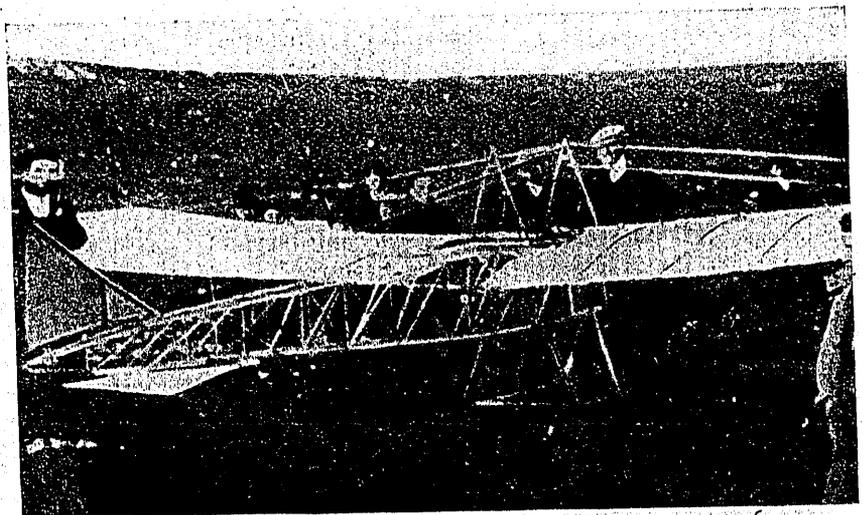


Fig. 2.ª — Planeador construido por Juan de la Cierva.

Después de esta experiencia aeronáutica con planeadores, el grupo, que lo constituía el trío formado por los jóvenes Juan de la Cierva, José Barcala y Pablo Díaz, tomó sobre sí otra tarea aeronáutica que para sus fines era del mayor interés. Esta fué la reconstrucción de uno de los primitivos biplanos modelos Sommer, con motor rotativo Gnome, que resultó destruido, con excepción del motor, en un aterrizaje defectuoso durante una demostración aérea cerca de Madrid. Por ello puede decirse, sin temor a exagerar, que éste, "El Cangrejo Rojo" (fig. 3.^a), fué el primer avión construido en España y que después voló durante mucho tiempo.

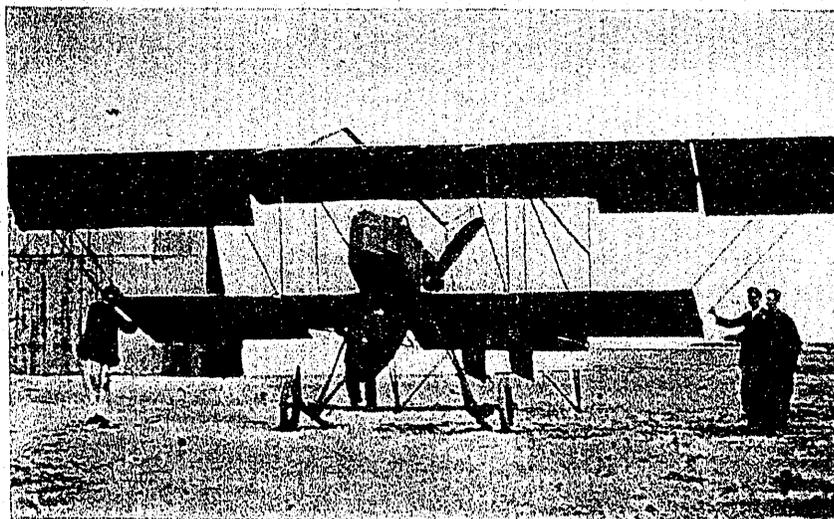


Fig. 4.^a — Avión BCD-2, monoplano.

El éxito obtenido con la reconstrucción de "El Cangrejo Rojo" impresionó a los familiares de los componentes del trío y entonces fueron más tolerantes con las actividades aeronáuticas de los mismos. Por ello, en 1913, el trío decidió construir un monoplano rápido (fig. 4.^a), cuando Juan de la Cierva era ya alumno de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, en la que comenzó sus estudios en 1912. Diversas roturas menores sufridas por este avión hicieron que sus parientes se cansaran de pagar reparaciones y, finalmente, el trío decidió vender el aparato e interrumpir su alianza.

Durante seis años de Escuela Técnica, Juan de la Cierva adquirió una sólida preparación en ingeniería y en matemática superior, que él complementó con estudios aerodinámicos, y aunque no realizó experiencias a tamaño natural, sí hizo varios proyectos

de avión, alguno de los cuales llegó a ensayar con modelos. Todo ello constituyó realmente una sólida base para el desarrollo de su invento, pero antes había de darnos una prueba más de que, como él mismo decía (Ref. 4); la carrera que eligió libremente fué la aeronáutica (*).

Dicha prueba fué el proyecto y construcción de un avión trimotor (fig. 5.^a) de bombardeo, para presentarlo al concurso convocado en 1918 por el Gobierno español, con el fin de dotar a la Aviación Militar de aviones de caza, reconocimiento y bombardeo. Para ello se le unió un reducido grupo de entusiastas, entre los que se encontraba el Conde de los Moriles y también Pablo Díaz como jefe de taller. El citado avión estaba dotado de tres motores Hispano-Suiza de 180 H.P., y parece que fué el segundo trimotor que se construyó en el mundo y en cuyo proyecto Juan de

la Cierva incorporó muchos perfeccionamientos. El trimotor realizó felizmente su primer vuelo de pruebas; el segundo vuelo lo inició también perfectamente, pero el piloto (**), se confió demasiado con un polimotor, cuyo margen de veloci-

(*) En España no hubo posibilidad de estudiar Ingeniería aeronáutica hasta el año 1928, que fué creada la Escuela Superior Aerotécnica, y a Juan de la Cierva se le concedió el título de Ingeniero Aeronáutico *honoris causa*. Creo que, en 1912, cuando él inició sus estudios de Ingeniería, tampoco había en el extranjero ningún Centro especialmente dedicado a las enseñanzas de Ingeniería aeronáutica.

(**) El piloto era el entonces Capitán D. Julio Ríos Argüeso, primer piloto del mundo herido en vuelo durante un servicio de guerra, en Marruecos, en 1913. (Referencia 22.)

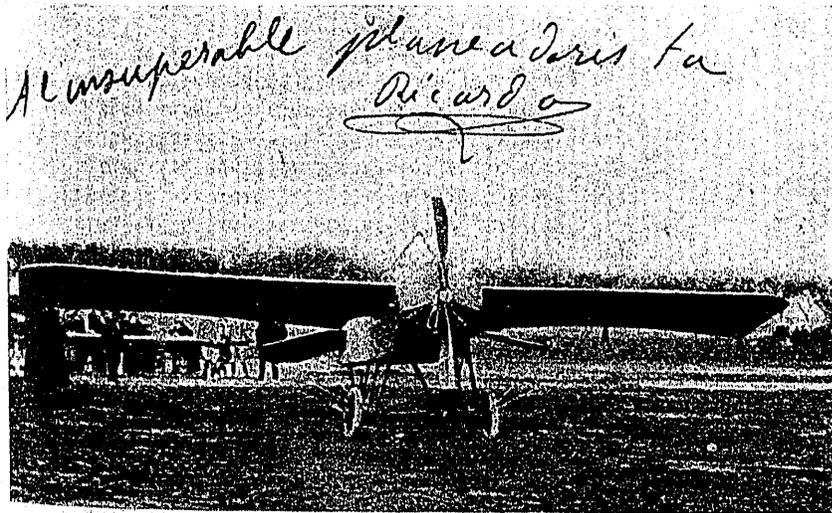


Fig. 3.^a — Avión BCD-1 ("Cangrejo Rojo").

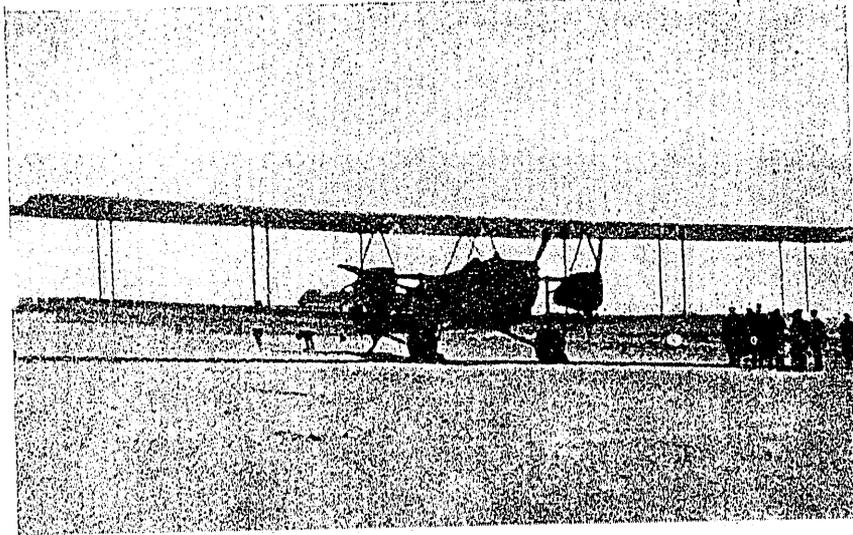


Fig. 5.^a — Avión trimotor biplano.

dades y maniobrabilidad no había sido aún determinado experimentalmente y, maniobrando cerca del suelo, el avión "resbaló" y chocó contra tierra, originándose la completa destrucción del avión; por fortuna, el piloto solamente sufrió ligero magullamiento y algunos arañazos.

La circunstancia de que, en un accidente de ésta o parecida naturaleza, pudiera destruirse en un instante por un buen piloto un buen avión, que necesita tantísimas horas de proyecto y construcción, preocupó grandemente a Juan de la Cierva. Él consideró que la enorme desproporción entre la causa — un ligerísimo error en la apreciación de la velocidad — y el efecto — la destrucción total del avión — era debido a que la maniobrabilidad, así como la sustentación de los aviones, dependía en fuerte grado de su velocidad de traslación y, por consiguiente, el vuelo no es posible a velocidades inferiores a la crítica, que ya, en aquella época, solía ser superior a los 60 kilómetros/h. Por ello se esforzó en buscar un sistema de vuelo cuya sustentación no dependiera, por lo me-

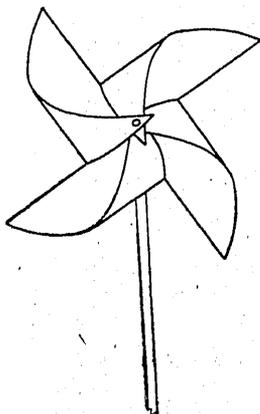


Fig. 6.^a — Molinete.

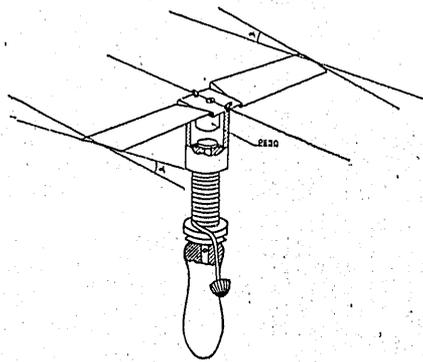


Fig. 7.^a — Helicóptero.



Fig. 8.^a — Modelo de autogiro a escala reducida en manos del inventor.

nos en tan gran proporción como en el avión, de la velocidad de traslación.

Con estos propósitos parece que lo instintivo era orientarse hacia el helicóptero, que aunque entonces solamente de un modo teórico, tenía la sustentación, estabilidad y control independientes de su velocidad de traslación.

Afortunadamente para la aeronáutica, que se benefició de un nuevo sistema de vuelo, no fué este razonamiento simple el seguido por Juan de la Cierva. Este consideró que la pérdida de sustentación, estabilidad y control que experimentaba el avión a velocidades inferiores a la crítica, eran consecuencia del mismo principio de la sustentación aerodinámica en que está basado el vuelo del avión. Por ello estimó que solamente un nuevo sistema de vuelo podría resolver el problema, ya que los dispositivos hipersustentadores empleados y los que previsiblemente se desarrollarían, podrían atenuar el problema, pero no lo resolverían completamente.

El helicóptero, como hemos dicho antes, teóricamente resolvía el problema que le preocupaba, pero el espíritu crítico de Juan de la Cierva consideró que, problemas como el de la transmisión de potencia del motor al rotor y el de la compensación del par motor

aplicado al rotor, obligaban a complicar la máquina mecánicamente con los consiguientes riesgos de averías y peso muerto, y que la falta de estabilidad y control había sido casi siempre, hasta entonces, la causa del fracaso de la mayor parte de los intentos de vuelo del helicóptero. Por todo lo cual, Juan de la Cierva renunciaba decididamente a la solución del helicóptero, aunque cada vez se afirmaba más en la idea de que el único medio racional de obtener sustentación aerodinámica independiente de la velocidad de traslación de la aeronave estaba en las alas giratorias.

Ante estas firmes y razonadas consideraciones del espíritu observador de Juan de la Cierva, surge la idea de lo que había de ser un nuevo sistema de vuelo. El motivo que despertó en él dicha idea fué la observación de dos conocidos juguetes infantiles, uno (fig. 6.^a), llamado "molinete", constituido por un volante de papel o celuloide convenientemente plegado, y que, puesto en el extremo de una varilla, gira cuando recibe viento adecuadamente o cuando un niño corre llevándolo en la mano en posición conveniente; otro (fig. 7.^a), que los chicos de aquella época denominan "helicóptero", constituido por una banda delgada y alabeada en forma de hélice y que, lanzado hacia arriba, girando con eje vertical, subía más o menos, según la energía con que se impulsaba. Precisamente jugando con este último, que se lastraba con un pequeño peso, llamó su atención la circunstancia de que, cuando había viento, el juguete descendía mucho más lentamente y llegaba a tierra de un modo suave.

Las observaciones citadas fueron de mucha utilidad para Juan de la Cierva cuando estaba obsesionado tratando de encontrar un sistema de vuelo que no tuviera los inconvenientes antes señalados para el avión y para el helicóptero.

Inspirado por las observaciones mencionadas, Juan de la Cierva, al correlacionarlas y analizar las causas que motivaban dichos fenómenos, concluyó de modo cierto que podría disponer de un molinete de eje sensiblemente vertical que girase movido por el viento y que, posiblemente, colocado sobre un fuselaje, podría sustentarlo, a la vez que una hélice tractora colocada en éste pro-

duciría el viento o la traslación, que originaría un viento relativo para alimentar el giro del molinete.

Con ello era indudable que estaban sentadas de un modo firme las bases de un nuevo sistema de vuelo, y Juan de la Cierva emprendió inmediatamente la labor que le había de permitir comprobar, teórica y prácticamente, los fundamentos de su nueva teoría de vuelo. Confirmada ésta mediante repetidos estudios analíticos y la ejecución de numerosos ensayos con modelos (fig. 8.^a), Juan de la Cierva inscribió en el Registro de Patentes e Inventos de España, el 30 de junio de 1920, con el número 74 322 (fig. 9.^a), su invento del autogiro.

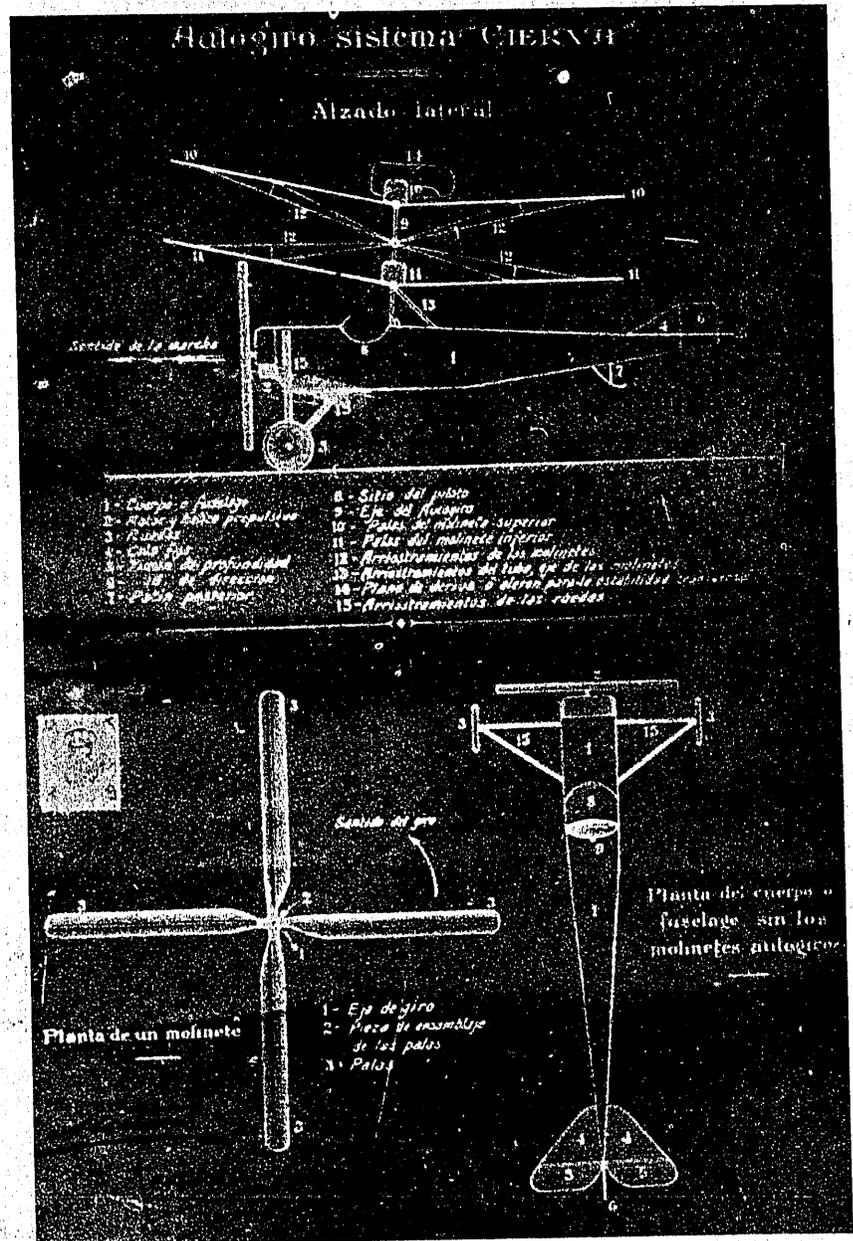


Fig. 9.^a — Lámina de la patente.

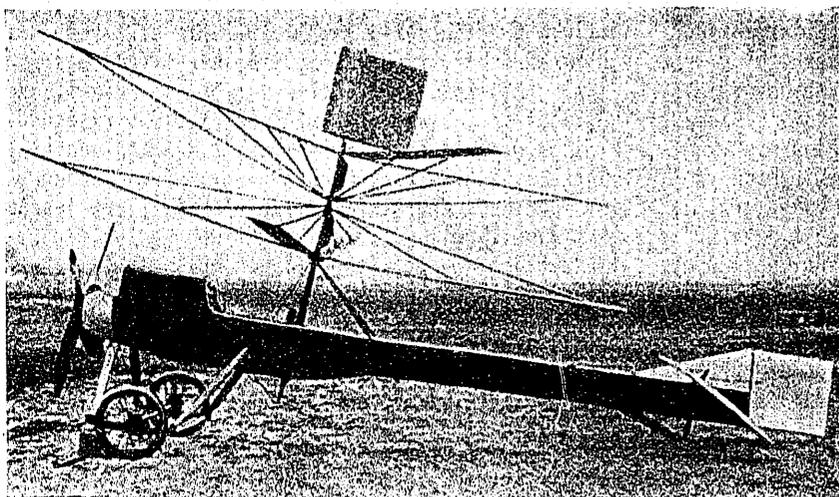


Fig. 10. — Primer autogiro construido por La Cierva.

Como curioso detalle complementario, diremos que Juan de la Cierva, a la vez que ideó su invento, le dió nombre. Y para ver cómo adoptó para su invento el nombre de autogiro, citaré sus propias palabras. Decía así (Ref. 16): "Como se trataba de un sistema de aviación totalmente nuevo, quise darle un nombre que lo distinguiera de los otros aparatos voladores de alas giratorias; es decir, de los helicópteros, y creí que la verdadera denominación debía ser *autogiróptero*, alas que giran automáticamente. Pero como este nombre era muy largo y sonaba un poquito pedante, lo dejé en *autogiro*". Todos sabemos que este nombre abreviado es el que luego se empleó en casi todos los países en que ha volado dicha aeronave.

Después, es generalmente sabido que Juan de la Cierva hubo de construir sucesivamente cuatro autogiros de modelo diferente, para conseguir volar de acuerdo con su nueva teoría.

El primer autogiro (fig. 10) lo construyó colocando sobre el fuselaje de un viejo avión Deperdussin un rotor formado por dos hélices montadas sobre el mismo eje y que giraban en sentido contrario.

La idea que perseguía La Cierva al dotar a este autogiro de dos rotores superpuestos y girando en sentido contrario sobre el mismo eje, era la de compensar al mismo tiempo las fuerzas giroscópicas, que en sus cálculos había encontrado ser muy grandes sobre un rotor y la disimetría de las fuerzas aerodinámicas que, según sus previsiones, experimentarían un solo rotor en vuelo de avance. Cuando este autogiro adquiría, rodando sobre el suelo, alguna velocidad hacia delante, levantaba una rueda y tendía a vol-

car, pues el rotor inferior giraba muy lentamente por estar muy interferido por el superior y no se conseguía el equilibrio pretendido. Este desequilibrio creciente ocasionó pronto la rotura del primer autogiro, pero es indudable que los conocimientos y el espíritu observador de La Cierva obtuvieron del mismo, por lo menos, las siguientes conclusiones:

1.º Que el sistema de alas giratorias por él ideado giraba con el viento relativo de la hélice o de la marcha, como él había previsto por el cálculo y comprobado mediante ensayos con modelos reducidos.

2.º Que dicho sistema de alas giratorias proporcionaba la sustentación esperada.

3.º Que el empleo de dos rotores coaxiales girando en sentido contrario, presentaba complejos problemas de interferencia, cuya resolución retrasaría la comprobación a tamaño real de su teoría sobre el vuelo del autogiro.

Es evidente que estas conclusiones estuvieron en la mente de La Cierva, puesto que inmediatamente emprendió la construcción de un segundo autogiro (figura 11) con un solo rotor de tres palas, abandonando por completo la solución de dos rotores coaxiales contrarrotatorios. Este autogiro, como su antecesor, carecía por completo de alas fijas, y como superficies para mando aerodinámico, disponía solamente de timones de dirección y de altura, después de abandonar también el empleo de la superficie que, para el mando de inclinación transversal, como la mandada por los alerones de un avión, llevaba el primer autogiro

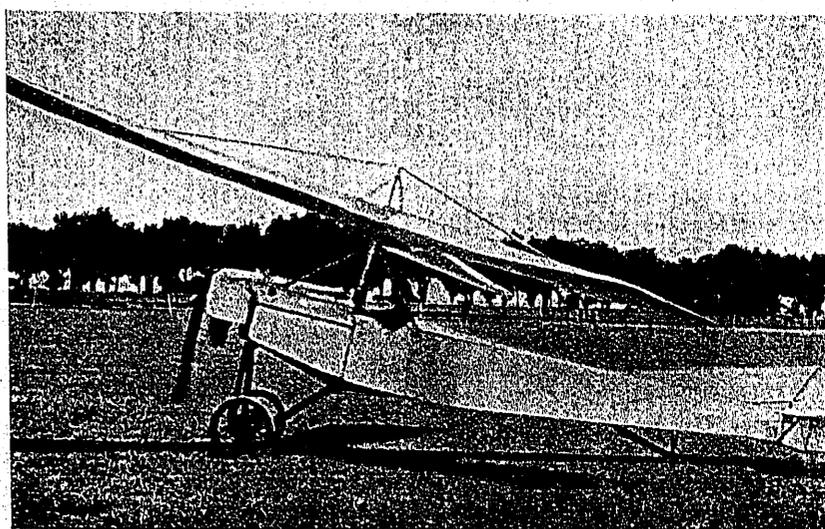


Fig. 11. — Segundo autogiro construido por La Cierva.

montada en la prolongación del eje del rotor y situada encima de éste.

La Cierva dotó este segundo autogiro de un dispositivo automático de cambio de paso para compensar la desigual sustentación de las palas cuando avanzan contra el viento de la marcha que cuando van a favor del mismo; pero este dispositivo no resultó eficaz, pues también este autogiro se ponía sobre una rueda cuando adquiría alguna velocidad y, como el primero, llegó a volcar y destruirse.

Inmediatamente, La Cierva construyó el tercer autogiro (fig. 12), que tenía un rotor de cinco palas rígidas, pero que incorporaba, sobre los anteriores, un sistema de alerones para el mando de inclinación transversal, con el fin de poder contrarrestar el momento de vuelco lateral, que fué la causa de la destrucción de los dos autogiros anteriores. Este dispositivo compensador no resolvió tampoco el problema, pues también este autogiro, como los dos primeros, tenía tendencia a volcar. No obstante, como tenía una compensación parcial del momento de vuelco, con este autogiro es con el primero que consiguió que se mantuviese completamente en el aire por unos instantes, realizando un pequeño salto de algunos metros de longitud. Ello fué, como dijo Juan de la Cierva (Referencia 4), algo más que una esperanza, pues permitió probar que el autogiro podía sustentarse por sí mismo, y aunque aquello no podía llamarse realmente un vuelo, era, de modo cierto, el principio del mismo, como más adelante quedaría confirmado, y produjo en su inventor (Ref. 4), según confesión propia, tan gran emoción y satisfacción como jamás volvió a experimentar por los vuelos y éxitos de los sucesivos perfeccionamientos mecánicos del autogiro.

Se comprende que así sucediera, pues aquel breve salto representaba realmente la confirmación del principio básico de su nueva teoría de vuelo, y fué sin duda para Juan de la Cierva la primera recompensa que recibió por su genial invento, y al mismo tiempo fué estímulo para continuar sus experimentos con renovado ímpetu.

Sin embargo, en nuevos intentos de vuelo con esta tercera máquina, solamente pudo repetir saltos análogos al primero, pues al aumentar la velocidad este autogiro, como sus dos predecesores, tendía a volcar lateralmente.

Ello llevó a La Cierva al convencimiento de que el autogiro en aquellas condiciones podía saltar, pero no podía volar, lo que le hizo suponer que el vuelo con autogiro sería posible; pero también le hizo temer que tal vez no llegaría a ser práctico por los compensadores que imaginaba necesarios para poder volar.

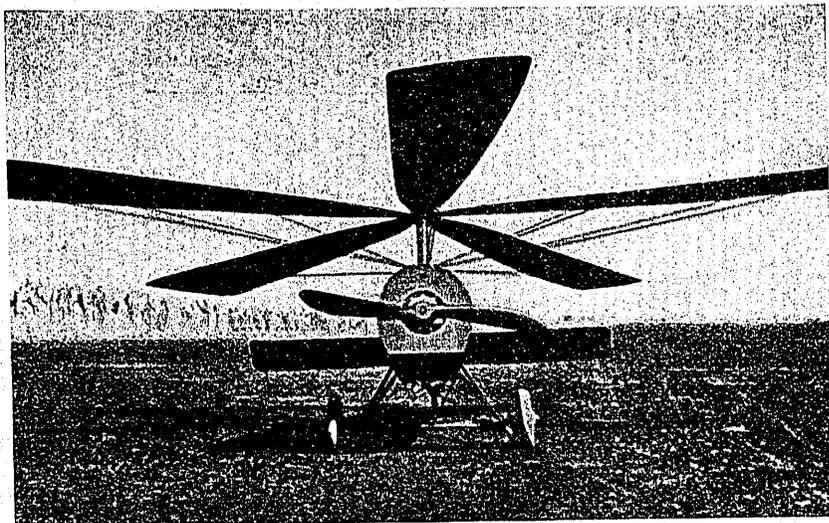


Fig. 12. — Tercer autogiro construido por La Cierva.

Este convencimiento llevó a La Cierva a realizar una detenida recapitulación y análisis de todos los ensayos, así como de los cálculos efectuados sobre su nuevo sistema de vuelo, y de ello obtuvo la conclusión que la disimetría de las fuerzas aerodinámicas que actuaban sobre el rotor en vuelo de avance era la única causa que originaba el vuelco lateral del autogiro.

Conocido el motivo que realmente impedía el vuelo normal del autogiro, la imaginación de La Cierva no se concedía descanso tratando de encontrar una solución; y por ello no es de extrañar que, según él mismo manifestó (Ref. 4), fuera durante su asistencia a una representación de ópera en Madrid cuando Juan de la Cierva tuvo la luminosa idea que hizo posible, y sobre todo práctico, el vuelo del autogiro.

La idea, como veremos, fué, en efecto, luminosa; pero quiero hacer constar que ella fué tenaz y metódicamente perseguida y, finalmente, alcanzada por Juan de la Cierva. No otra cosa, sino una tenaz persecución fué el detenido análisis de cálculos y ensayos que lo llevaron a considerar, con espíritu obsesivamente analista, las diferencias que podían existir entre sus autogiros a escala natural, cuya inestabilidad no les permitía volar, y sus autogiros a escala reducida y con motor de goma, que volaban estabilizados y aterrizaraban de modo suave y seguro. Este análisis fué el que hizo que, durante la representación de una ópera, Juan de la Cierva descubriera que, prescindiendo de efectos de escala, *la única diferencia fundamental entre sus autogiros y sus modelos a escala reducida estaba en la flexibilidad relativa de las palas de sus rotores*, que era muchísimo mayor en las de los modelos, permitiéndoles autoadaptarse a la combinación de las fuerzas aerodinámicas y centrífugas y neutralizar el desequilibrio de las fuerzas aerodinámicas sobre el rotor. La gran flexibilidad de las palas de sus modelos era debida a que las había construido con junquillo o

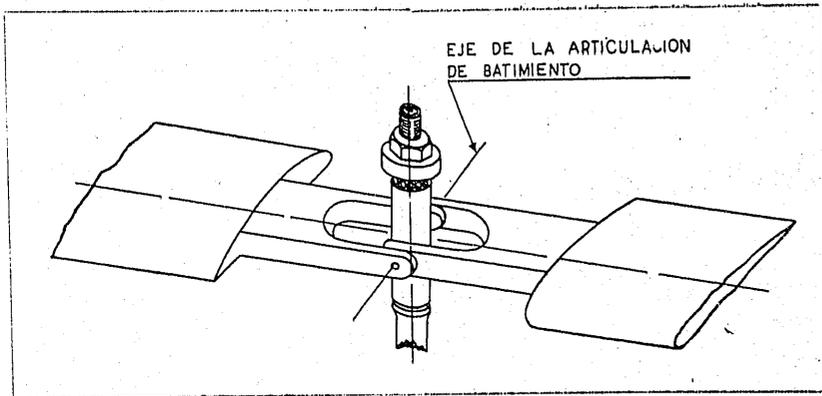


Fig. 13. — Articulación de batimiento.

bejuco, aunque sin intención de conseguir con ello dicha propiedad y, por tanto, la flexibilidad de las palas de los modelos de autogiro fué más o menos un accidente, que el propio Juan de la Cierva lo calificó (Ref. 4) de afortunado por la trascendencia que tuvo para los futuros ensayos y desarrollo del autogiro.

Una vez descubierta la causa por la que los autogiros de tamaño real no habían podido volar, era necesario construir unas palas que tuvieran una flexibilidad o facultad de adaptación análoga a las de los modelos que tan perfectamente volaban.

Para resolver el problema de dar a las palas del rotor en los autogiros a escala natural la necesaria autoadaptación, La Cierva tuvo la genial idea de introducir una articulación en la raíz de la pala (fig. 13), con eje definido por un plano perpendicular al eje de giro del rotor y otro perpendicular al eje de la pala. Esta articulación, que actualmente se llama de batimiento, constituyó realmente el secreto del éxito del autogiro y de que éste recorriera tan rápidamente el camino hasta ser una máquina de utilización práctica y segura para el vuelo y con un amplio margen de velocidades de maniobra.

En relación con este importante perfeccionamiento del autogiro, Tomás de Martín-Barbadillo (Ref. 19), amigo íntimo de la infancia de Juan de la Cierva, en un cuaderno de cálculos y notas personales del inventor, aparece la siguiente: "El 2 de enero de 1922 se me ocurrió la solución de articular las aspas de la hélice autogiro al eje central."

Dicha nota permite darnos una idea de la poca tregna que se concedía a sí mismo Juan de la Cierva en la resolución de los problemas una vez planteados.

En efecto: aquella temporada de ópera en el Teatro Real de Madrid

comenzó el 19 de noviembre de 1921, y aunque no he podido determinar cuál fué la representación durante la que La Cierva tuvo la idea de que la diferencia fundamental entre sus autogiros y sus modelos a escala reducida estaba en la flexibilidad de las palas de sus rotores, hay que reconocer que, para un problema de tanta importancia, no es mucho el tiempo transcurrido entre la fecha antes citada y el 2 de enero de 1922, y, por consiguiente, el tiempo transcurrido entre el conocimiento del problema y la idea de articular la pala con

que La Cierva lo resolvió, fué bastante breve.

Pero, independientemente del tiempo que Juan de la Cierva tardara en encontrar su genial solución al problema de autoadaptación de las palas del rotor a las disimétricas condiciones de funcionamiento que encuentran en cada vuelta durante el vuelo de avance, lo verdaderamente interesante y de indiscutible valor es la solución en sí. Es cierto que existen también otras soluciones para dicho problema; pero desde el punto de vista del ingeniero y dados los conocimientos que entonces se tenían sobre el sistema de vuelo que nos ocupa, estimo que la solución encontrada por La Cierva fué la óptima, pues además de permitir a las palas autoadaptarse a las condiciones de funcionamiento y anular prácticamente el momento de balanceo o de vuelco lateral, anula también el momento de flexión en lo que era encastre y pasó a ser articulación de batimiento de la pala. Por ello hay que concederle a Juan de la Cierva el mérito que representa dicha idea, que tanto ha beneficiado a las aeronaves de alas giratorias.

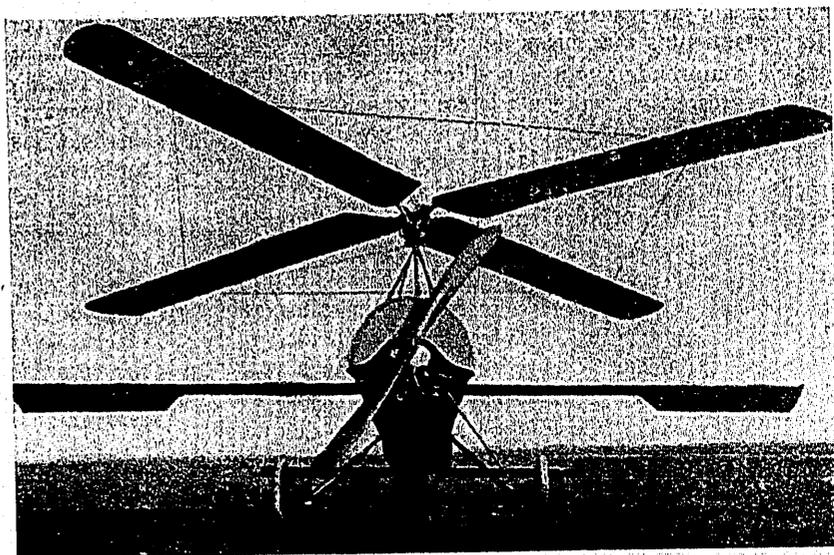


Fig. 14. — Cuarto autogiro construido por La Cierva.

Respecto a esta idea de la articulación de batimiento, algunos autores citan que el principio había sido sugerido por Renard, en 1904; pero Alfred Gessow y Garry C. Myers, Jr. (Ref. 24) dicen que "Juan de la Cierva lo redescubrió y fué el primero en aplicar el mencionado principio".

Que el principio hubiese sido también sugerido por Renard, no resta absolutamente ningún mérito a La Cierva, pues, en mi opinión, está completamente claro que su idea de articular las palas del rotor tubo absoluta independencia de la de Renard, y como hemos visto, su descubrimiento por Juan de la Cierva, como sucede con la mayoría de los inventos, fué debido a una gran dosis de perseverancia sazónada por un instante de inspiración.

Por otra parte, no es la primera vez que se han dado casos análogos en el descubrimiento de algunas invenciones científicas o técnicas. Cosa semejante parece que sucedió, entre otros, a Newton y a Leibnitz, con el principio fundamental del cálculo diferencial; a Lanchester y a Prandtl (Ref. 25), con la moderna teoría del ala, y a un equipo de científicos alemanes y otro de franceses, con las propiedades terapéuticas de las sulfamidas.

La Cierva proyectó y construyó un nuevo rotor de cuatro palas que incorporaba este importante perfeccionamiento de palas articuladas y a la vez la experiencia adquirida en los anteriores; con él equipó su cuarto autogiro (fig. 14), que inicialmente tuvo unas pequeñas alas estabilizadoras, pero sin alerones, y también tenía timones de dirección y altura. Los cuidadosos cálculos mecánicos y aerodinámicos que La Cierva hizo de este cuarto modelo de autogiro, predecían que, del libre movimiento de las palas alrededor de su nueva articulación, resultaría un vuelo estable y sin la tendencia a volcar lateralmente que había ocasionado la rotura de los tres anteriores. También predecían los cálculos la eliminación de los efectos giroscópicos, lo que posiblemente permitiría una fácil maniobra en vuelo del autogiro.

Las primeras pruebas en tierra de este cuarto autogiro fueron plenamente satisfactorias, pues confirmaron la desaparición de la tendencia al vuelco lateral que tuvieron sus predecesores y también resultó mucho más maniobrable en tierra que ellos, lo que parecía significar que los efectos giroscópicos habían dejado de ser nocivos.

En estas circunstancias tan alentadoras, el 9 de enero de 1923 el entonces Teniente D. Alejandro Gómez Spencer, piloto de la Aviación Militar Española, realizó en el aeródromo de Getafe un intento de vuelo con dicho autogiro, que se vió coronado por el éxito

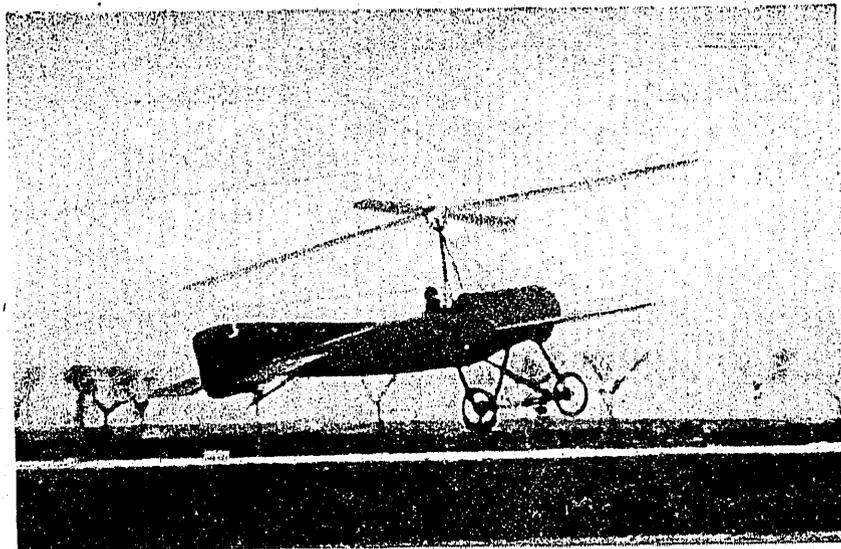


Fig. 15. — Vuelo del autogiro el 17 de enero de 1923.

al realizar un vuelo suave de unos cuatro metros de altura y unos 200 de longitud a través de dicho campo, seguido de un suave y seguro aterrizaje.

Este primer vuelo del autogiro sirvió para confirmar que el vuelo era posible de acuerdo con la nueva teoría, y al mismo tiempo permitió comprobar que la articulación de las palas del rotor cumplía a plena satisfacción la doble finalidad que de la misma se esperaba. Por ello se continuaron las pruebas (fig. 15) con éxito creciente, y el 21 de enero de 1923, el Teniente Gómez Spencer, ante una Comisión formada por un grupo de militares y por representantes del Aero Club, realizó un vuelo en línea recta a través del aeródromo de Getafe. Días más tarde (*), el mismo piloto realizó, en el aeródromo de Cuatro Vientos, un vuelo en circuito cerrado de unos 4 kilómetros de longitud a unos 25 m. de altura en un tiempo de tres minutos y treinta segundos. Los vuelos se suceden, confirmando, cada vez más, el amplio margen de velocidades de maniobra de este nuevo tipo de aeronave, y el 12 de diciembre de 1924 se realizó el primer vuelo campo a través en autogiro por el piloto Capitán J. Lóriga, volando con éxito desde el aeródromo de Cuatro Vientos al de Getafe.

Al primer vuelo del autogiro siguió una intensa labor, durante la cual Juan de la Cierva proyectaba, construía, ensayaba y reconstruía continuamente sus modelos, comprobando los cálculos teóricos con la práctica de los ensayos y, en ocasiones, desarrollando nuevas teorías. La mayor parte de estos ensayos se realizaban en vuelo, y un plantel de jóvenes y entusiastas pilotos de la Aviación Militar española, formado por el malogrado Capitán Lóriga, el Teniente Gómez Spencer y el entonces Teniente Lecea, actualmente Ministro del Aire del Gobierno español, que hoy nos honra presidiendo la Primera Conferencia

(*) El 31 de enero de 1923.

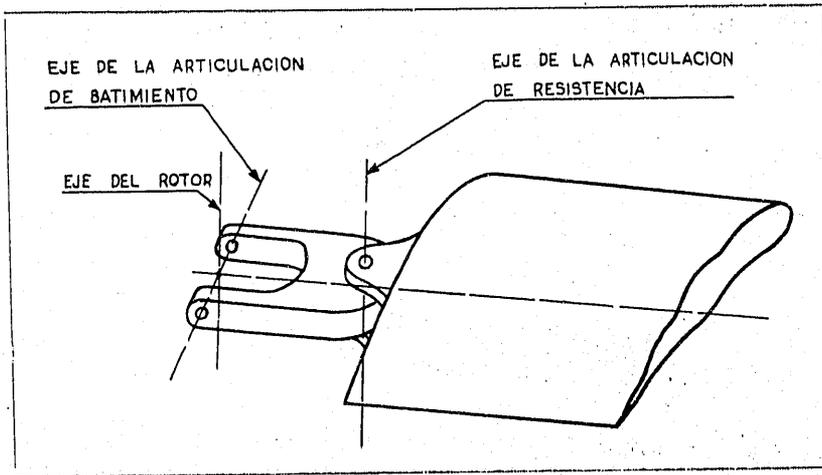


Fig. 16. — Articulación de resistencia.

Juan de la Cierva, le prestaron una valiosísima colaboración al inventor del autogiro en la época heroica en que pocos especialistas creían en su invento.

El esfuerzo principal lo dedicó Juan de la Cierva a perfeccionar las características aerodinámicas y mecánicas del rotor, para lo que se realizaron una extensa serie de ensayos en el túnel aerodinámico de Cuatro Vientos, dependiente de los Servicios Técnicos de la Aviación Militar española, que dieron resultados muy útiles, entre los que figuraba el hecho de que el rotor continuaba girando a todos los ángulos de vuelo posibles, circunstancia ésta que ya había sido muy discutida por los críticos de los primeros experimentos de Juan de la Cierva.

El perfil aerodinámico que Juan de la Cierva eligió desde el primer momento para el rotor del autogiro y con el que realizó los cálculos teóricos y construyó sus primeros modelos, fué el Göttingen 429, que es un perfil simétrico de rendimiento aceptable y de centro de presión prácticamente fijo; esta característica era muy conveniente para evitar deformaciones de torsión en las palas del rotor, y el mismo perfil continuó empleándose por mucho tiempo en sucesivos desarrollos del autogiro realizados en España y en el extranjero.

Las mejoras y perfeccionamientos mecánicos del autogiro, a partir de su primer vuelo, fueron incesantes como consecuencia de los continuos ensayos, pero es importante hacer notar que, aunque el primer modelo que voló no tenía incorporados dichos perfeccionamientos, su comportamiento en vuelo fué fundamentalmente el mismo que el de

los modelos más perfectos, y con él se voló a gran velocidad y a velocidades muchísimo más reducidas que los aviones y se aterriza suavemente y se detenía en pocos metros.

Después comenzó la presentación del autogiro a los medios aeronáuticos del extranjero:

En 1925 se realizaron demostraciones en el aeródromo de Villacoublay, ante representantes de organismos oficiales y de los constructores aeronáuticos franceses.

En octubre del mismo año un autogiro realizó demostraciones en Farnborough, ante representantes del Ministerio del Aire británico. La exhibición de este autogiro,

construido partiendo del fuselaje de un Standard Avro, con motor Le Rhône de 100 HP. y rotor cuatripala, despertó gran interés en los círculos aeronáuticos, y el propio Ministerio del Aire británico encargó un autogiro para su empleo y estudio, que se construyó en Inglaterra en 1926. La presentación de Juan de la Cierva en Inglaterra fué realizada por H. E. Wimperis, y la favorable acogida que tuvo en las personas del actual Air Comodore J. G. Weir y del actual lord Kindersley, dió lugar a la formación de una Compañía conocida como "The Cierva Autogiro Company Ltd.", a la que pasaron todos los derechos de patente del autogiro.

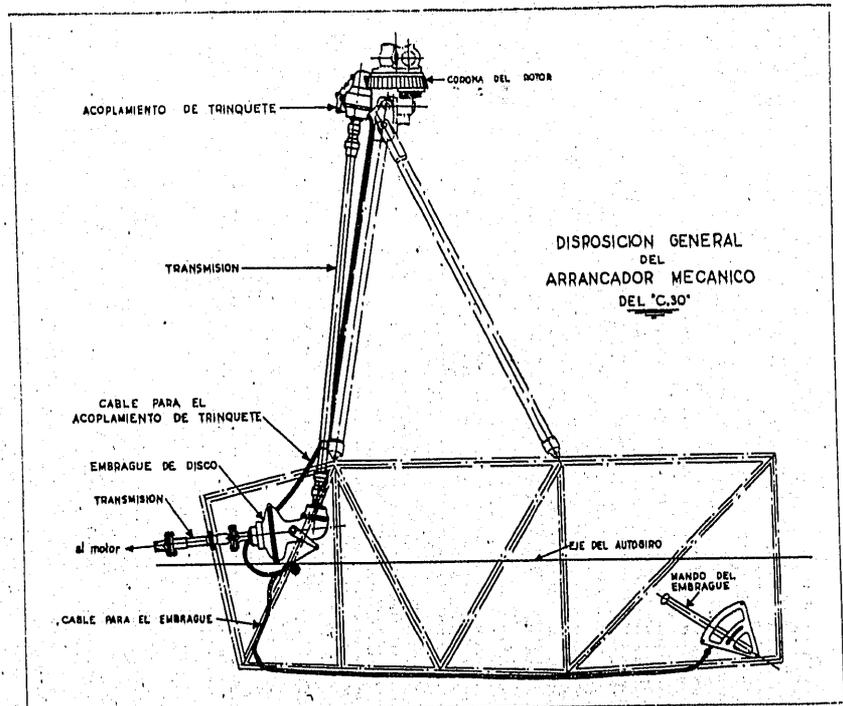


Fig. 17. — Arrancador mecánico del C-30.

El primer vuelo del autogiro en U.S.A. tuvo lugar al final del año 1928 en el campo de vuelo de Willow Grove, Pa., y su introductor en dicho país fué Harold F. Pitcairn, Presidente de la Pitcairn Avia-

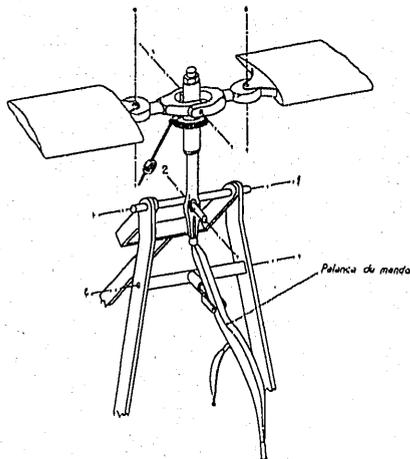


Fig. 18. — Articulación universal del rotor y mando directo

tion, Inc., personalidad bien conocida en los medios aeronáuticos americanos. Harold F. Pitcairn y sus asociados habían realizado trabajos sobre helicópteros, y su continua inquietud por el progreso aeronáutico lo llevó a visitar a La Cierva y a presenciar varias demostraciones del autogiro. Consecuencia de ello fué que "The Cierva Autogiro Company, Ltd." concedió los derechos para América a Harold F. Pitcairn y su organización.

Entre los años 1925 y 1934, el autogiro fué exhibido ante las autoridades aeronáuticas de gran parte de los países de Europa y en los Estados Unidos de América.

Ha de hacerse constar que, a partir de 1927, la experimentación y perfeccionamiento del autogiro fué impulsada grandemente gracias a la valiosa y decidida colaboración que "The Cierva Autogiro Company, Ltd.", en Inglaterra, prestó a Juan de la Cierva y también a la no menos importante colaboración que desde 1929 encontró éste en la organización de Harold F. Pitcairn en los Estados Unidos de América, que dió lugar a la creación de la Autogiro Company of America. La relación de los principales perfeccionamientos del autogiro desde 1927 hasta la muerte de Juan de la Cierva, en 1936, son los siguientes:

Hacia 1928, Juan de la Cierva introdujo una nueva articulación a cada pala del rotor, para permitir

a la misma avanzar o retroceder alrededor de su posición media ante la desigual resistencia al avance que encuentra la pala del rotor cuando avanza contra el viento de la marcha y cuando avanza a favor de éste, o, como se dice generalmente, cuando la pala "avanza" y cuando "retrocede". A esta articulación



Fig. 19
Autogiro C-30.

(figura 16), que era de eje sensiblemente paralelo al de giro del rotor, se le llamó articulación de *resistencia* y se la dotó de amortiguadores de discos de ferodo. La mencionada articulación introdujo un gran perfeccionamiento en el rotor del autogiro, aumentando considerablemente el *confort* de éste, pues quedaban

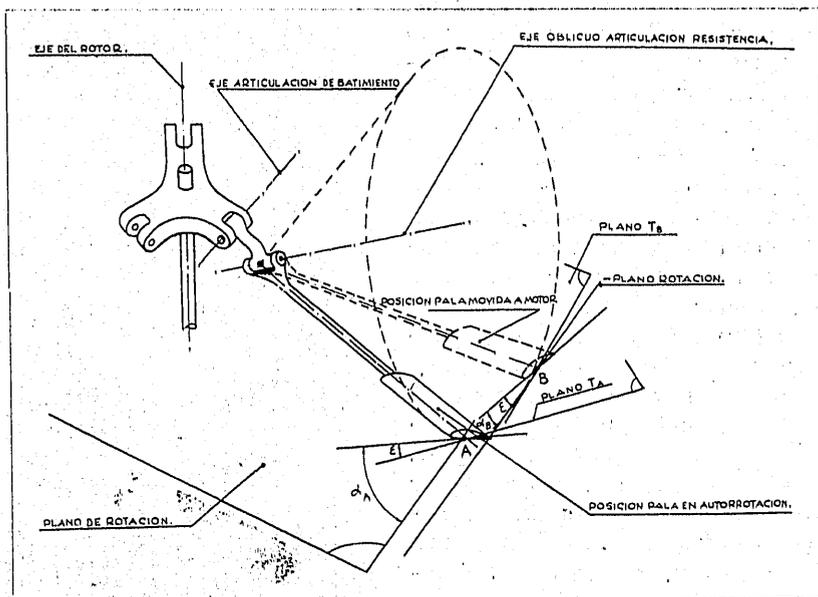


Fig. 20. — Articulación de eje oblicuo.

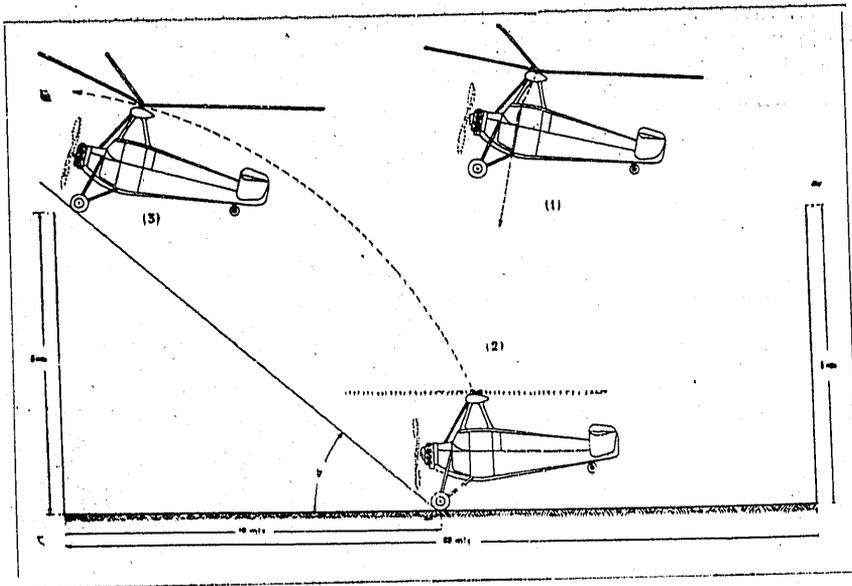


Fig. 21. — Despegue del autogiro por salto.

muy amortiguadas las vibraciones que se originaban en el rotor a consecuencia de la disimetría de las fuerzas aerodinámicas que actúan sobre el mismo en vuelo de avance.

Hacia el 1930, el conocido y prestigioso ingeniero Heraclio Alfaro (Ref. 22) desarrolló en los Estados Unidos de América, por cuenta de la organización de Pitcairn, un arrancador mecánico del rotor (fig. 17), que se accionaba por el motor del autogiro mediante un embrague que se acoplaba durante el breve tiempo necesario para que el rotor alcanzase las revoluciones necesarias. Este práctico arrancador mecánico fué la solución definitiva al problema al poner en movimiento el rotor del autogiro, y por su cómodo empleo desterró las soluciones anteriormente adoptadas (cable enrollado al eje, deflector sobre la cola, etc.).

Al comienzo de 1932 Juan de la Cierva, con la experiencia y el conocimiento adquiridos sobre la aerodinámica y dinámica del rotor de palas articuladas, fué de nuevo hacia su primera idea de confiar la sustentación de su máquina íntegramente al rotor autogiro. También fué de importancia la introducción de una articulación universal o cardánica entre el rotor y el fuselaje, esquematizada en la figura 18 por los ejes 1 y 2, que permitía, mediante una palanca de mando adecuada, inclinar el rotor en la dirección deseada para que la resultante aerodinámica sobre el mismo tuviese, ade-

más de la componente sustentadora que equilibra el peso, otra componente que desplazara al autogiro en la dirección apetecida; con ello consiguió mandar y maniobrar el autogiro en vuelo, sin más auxilio que la adecuada inclinación del rotor, siendo innecesarios los timones de dirección y altura que, haciéndose solidarios de sus planos fijos correspondientes, quedaron reducidos a meros estabilizadores. A este sistema se le llamó de *mando directo*, y en unión de la supresión de las alas, fué incorporado al autogiro modelo C-30 (fig. 19), que también estaba dotado de todas las mejoras que se habían conseguido desde su invención; todo lo cual dió por resultado una máquina muy manio- brable y de gran perfección técnica.

Posteriormente, en 1934, Juan de la Cierva consiguió realizar otro nuevo e importante perfeccionamiento en su autogiro, que le permitió despegar verticalmente. Consiste este perfeccionamiento en la sustitución del eje de la articulación de resistencia por otro de oblicuidad convenientemente estudiada, que permitía al autogiro realizar el llamado *despegue por salto*. En esta clase de despegue, el autogiro no necesitaba rodar absolutamente nada para realizarlo, y el modelo C-30, sobre el que se desarrolló y experimentó el perfeccionamiento mencionado, en el salto de despegue alcanzaba una altura de 5 ó 6 metros sobre el suelo y después continuaba su vuelo normal. De este modo, el autogiro,

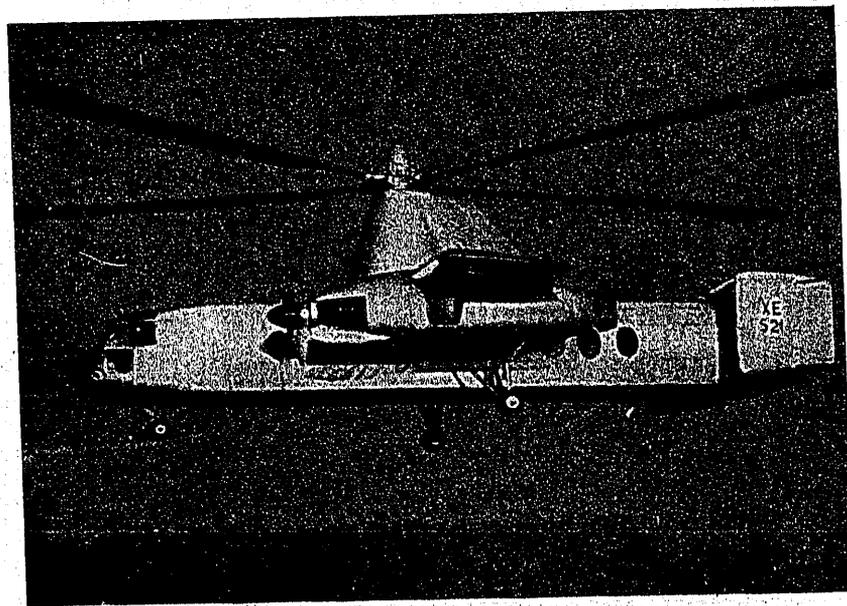


Fig. 22. — Fairey "Rotodyne".

podía utilizar para su despegue y aterrizaje superficies reducidísimas y sin ningún firme ni preparación especial, puesto que no necesitaba, como ya se ha dicho, rodar sobre dicha superficie ni para el despegue ni para el aterrizaje.

La causa por la que el autogiro hacía ese despegue vertical es debida a que la oblicuidad adecuada del eje (fig. 20) de la articulación de resistencia permitía a la pala, cuando el rotor se accionaba con el motor por intermedio del embrague y dispositivo de arranque, quedarse retrasada por efecto de la resistencia al avance que encuentra al girar. En dicha posición, por la mencionada oblicuidad del eje, le corresponde a la pala un ángulo de ataque que presenta la mínima resistencia al avance. En estas condiciones, el rotor accionado por el motor puede adquirir gran velocidad de rotación y acumular bastante energía, y si entonces lo desconectamos del motor por medio del embrague, el eje del rotor, por el rozamiento de los cojinetes y de los engranajes del dispositivo de arranque, sufre un pequeño desplazamiento angular, quedándose retrasado respecto a la posición ocupada al girar con motor, mientras las palas, por inercia, tienden a seguir girando a la misma velocidad. Dicho desplazamiento relativo entre el eje del rotor y las palas, debido a la oblicuidad del eje de la articulación de resistencia, coloca a éstas simultáneamente con el ángulo de ataque correspondiente a la sustentación

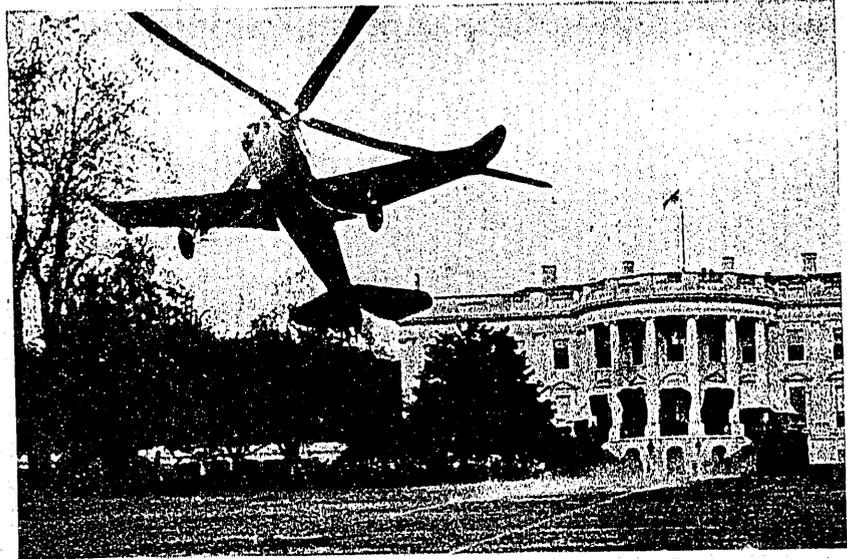


Fig. 24. — Despegue desde el césped posterior de la Casa Blanca.

normal. Entonces, a consecuencia de la gran velocidad de giro del rotor y de la energía acumulada por ello en el mismo, se eleva súbitamente la sustentación del rotor, haciendo que el autogiro despegue (fig. 21) subiendo verticalmente hasta que el régimen del rotor se reduce a sus revoluciones normales por haberse consumido el excedente de energía acumulada. Después el autogiro debe adaptarse a la trayectoria horizontal que corrientemente sigue en su vuelo.

Con este perfeccionamiento del "despegue por salto" puede decirse que el autogiro puro, sin alas fijas, alcanzó su pleno desarrollo técnico y amplió considerablemente las posibilidades de utilización del mismo por la importante circunstancia de no necesitar rodar sobre el suelo para despegar y para aterrizar.

Inmediatamente después se continuó otra etapa interesante del desarrollo del autogiro que, aunque iniciada por el propio Juan de la Cierva, éste, desgraciadamente, no pudo llegar a ver las enormes posibilidades que, en la actualidad, presenta. Me refiero al empleo combinado de alas giratorias y alas fijas, que si bien se utilizaron en muchos modelos del autogiro durante el período experimental del mismo, no fueron destinadas a soportar la mayor parte del peso de la aeronave durante el vuelo de crucero, como sucede con el Rotodino de la Casa Fairey, cuyo más típico y moderno representante es el Fairey Rotodyne (fig. 22), que, en definitiva, es

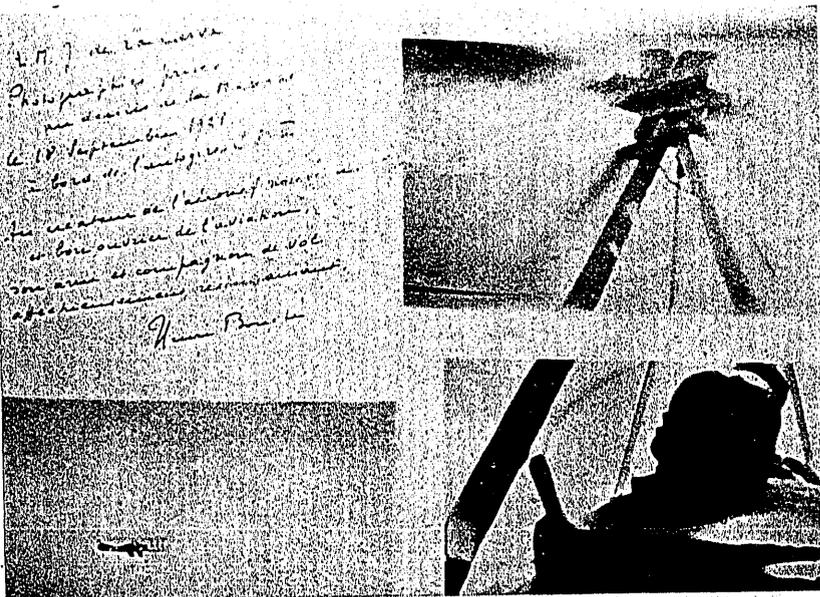


Fig. 23. — Primera travesía del Canal de la Mancha en autogiro.

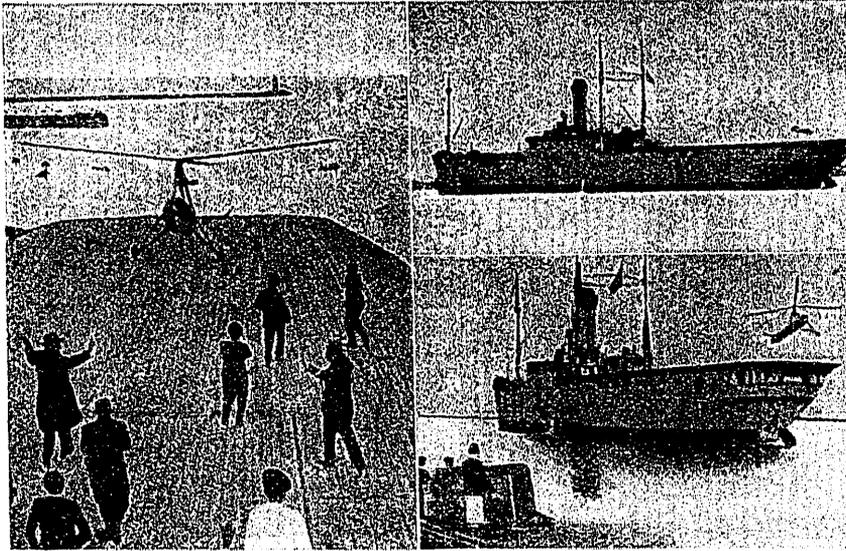


Fig. 25. — Aterrizaje y despegue sobre el "Dédalo".

una adecuada combinación de autogiro, helicóptero y avión. Como todos sabemos, esta moderna aeronave con dos turbinas "Elands", es capaz de despegar y aterrizar verticalmente transportando 48 pasajeros hasta distancias de unos 650 kilómetros, y su empleo será excepcionalmente apto para competir con el avión en el transporte de centro de ciudad a centro de ciudad, en trayectos no superiores al indicado.

Con todos los perfeccionamientos citados, el autogiro llegó a ser una aeronave de excepcionales cualidades, y aun antes de alcanzar tal grado de perfección fué capaz de las siguientes actuaciones:

La travesía del Canal de la Mancha (fig. 23) en vuelo de Croydon a Le Bourget el 18 de septiembre de 1928, realizada por el propio Juan de la Cierva, acompañado del famoso periodista aeronáutico Henri Bouché.

Aterrizaje en el césped posterior de la Casa Blanca en Washington, y despegue (fig. 24) desde el mismo lugar el 22 de abril de 1931, con motivo de ser entregado por el Presidente Hoover a Harold F. Pittcairn y sus asociados, entre los que se contaba La Cierva, el trofeo Collier correspondiente a 1930.

Aterrizaje y despegue en el *Dédalo* (fig. 25), con cubierta de 16 por 52 m., estacionado en el puerto de Valencia, el 7 de marzo de 1934. Esta interesante demostración fué realizada por el propio Juan de la Cierva.

Repetidos aterrizajes y despegues en una plataforma de 10 X 35

metros sobre el crucero italiano *Zahara* a 0,14, 17, 24 y 27 nudos, a fines de diciembre de 1934. Esta interesante demostración fué realizada por el piloto Courtney.

Aterrizaje y despegue delante del Grand Palais de París (fig. 26), con motivo del Salón Aeronáutico de 1935.

Aterrizaje en la Plaza de Cataluña, de Barcelona, en 1935 (figura 27).

Desde los primeros tiempos del autogiro, Juan de la Cierva se ocupó también del estudio teórico de los numerosos problemas que el mismo presentaba. Así, idea suya fué introducir el concepto del que él llamó "Autogiro virtual" (Ref. 16), que le permitía una rápida y cómoda determinación de la velocidad del viento relativo para cualquier sección

de la pala y en cualquier lugar del disco del rotor y cuyo fundamento es el siguiente: Supuesto (Referencia 21) el viento relativo paralelo al rotor, en una sección cualquiera *A* de radio *r* (fig. 28) de una pala de rotor de autogiro, moviéndose con velocidad angular ω , la velocidad tangencial es $\vec{v}_t = 2\pi\omega r$ y su composición vectorial con la velocidad \vec{v} del viento de la marcha nos da la velocidad resultante \vec{v}_r , o viento relativo de la sección *A*. Juan de la Cierva encontró que la velocidad resultante \vec{v}_r es perpendicular a la recta *O'A* y que su valor es

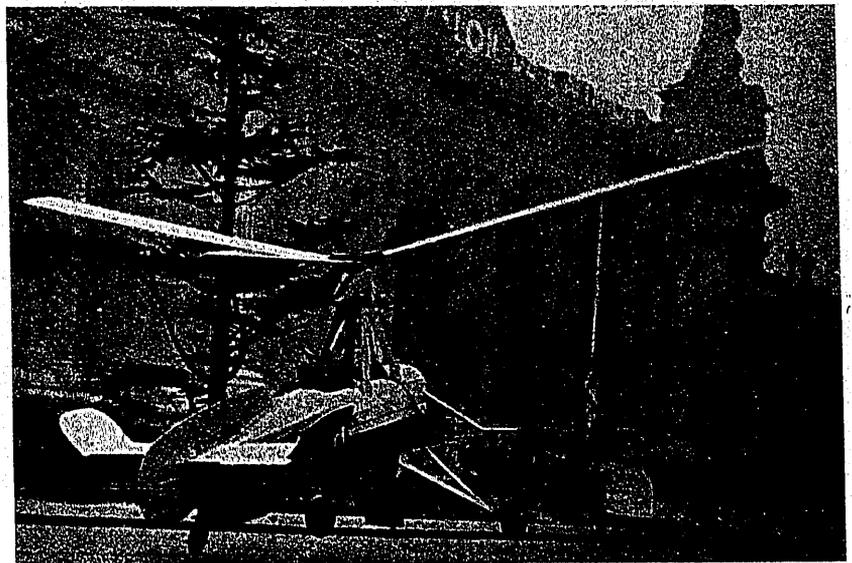


Fig. 26. — Aterrizaje delante del Grand Palais.

$\vec{v}_r = 2\pi\omega O'A$, por lo que el viento relativo para cualquier sección se determina inmediatamente: sin necesidad de componer velocidades, simplemente considerándola como perteneciente a un *autogiro virtual* sin traslación, de centro O' , con igual velocidad de ro-

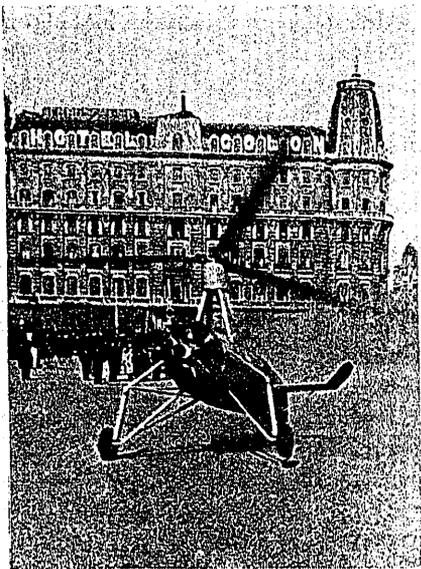


Fig. 27. — Despegue en la Plaza de Cataluña (Barcelona).

tación ω que el autogiro real. Es decir, que la sección tendría un viento relativo igual y contrario a la velocidad tangencial que tendría considerándola como perteneciente al autogiro virtual antes definido. La razón de que así suceda es porque los dos triángulos rayados en la figura 28 son semejantes y además tienen sus lados homólogos perpendiculares, puesto que

$$v_t = 2\pi\omega \cdot r \quad \text{y } \perp \text{ a } \overline{O'A}$$

$$v = 2\pi\omega \cdot OO' \quad \text{y } \perp \text{ a } \overline{OO'}$$

y

$$\widehat{AOO'} = \widehat{ABC}$$

y por tanto,

$$v_r = \overline{AC} = 2\pi\omega \cdot \overline{O'A} \quad \text{y } \perp \text{ a } \overline{O'A}$$

En dichos cálculos, el segmento $\overline{OO'}$ es, en magnitud y posición, el diámetro del *círculo de inversión*, llamado así porque dentro de él (fig. 29) las secciones de las palas reciben el viento relativo por el borde de salida, como puede verse en la mencionada figura. Dicho diámetro debe tomarse perpendicularmente al viento de la marcha y precisamente a partir del centro del disco del rotor y llevado hacia el lado de la pala que retrocede. Su valor es $\overline{OO'} = \frac{V}{2\pi\omega}$ que aumenta con la velocidad de traslación del rotor y disminuye con la de rotación del mismo, debiendo seleccionarse para cada caso la combinación más adecuada de ellas.

El cálculo aerodinámico del rotor del autogiro, así como el de resistencia, fueron importantes aspectos del problema general del autogiro, a los que Juan de la Cierva dedicó atención preferente.

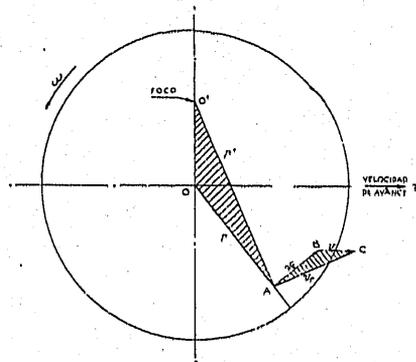


Fig. 28. — Autogiro virtual.

Los métodos empleados para el estudio aerodinámico del autogiro con los perfeccionamientos introducidos en los sucesivos proyectos desde 1920, fueron ordenados aprovechando una estancia en los Estados Unidos del inventor del autogiro, el año 1929. Ello dió lugar a la edición en inglés de un número reducido de ejemplares, por The Cierva Autogiro Co., de una obra titulada *Engineering theory of the autogiro* (Ref. 3). La obra es de un gran valor técnico, ya que en ella los estudios teóricos están complementados con numerosos datos prácticos y confirmados por el resultado de numerosas experiencias.

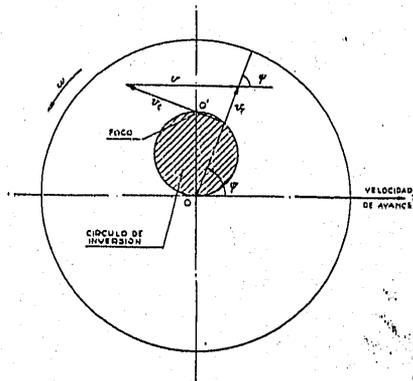


Fig. 29. — Círculo de inversión.

En dicha obra, Juan de la Cierva lleva a cabo un exhaustivo estudio aerodinámico del rotor, aplicando su ya mencionada teoría del autogiro virtual para las condiciones normales y extremas de utilización y para rotores con palas de diferentes configuraciones. También son objeto de detenido estudio los movimientos de oscilación de las palas alrededor de sus articulaciones de batimiento y de resistencia.

Dedica un capítulo al estudio del centrado, estabilidad y mando del autogiro; otro, al estudio de las condiciones de resistencia de todos los elementos del mismo, exceptuadas las palas, y, finalmente, dedica otro capítulo de modo exclusivo al estudio de los esfuerzos de las palas del rotor.

Finalmente, entre 1934 y 1935, Juan de la Cierva recopiló los conocimientos y experiencias adquiridos sobre esfuerzos en las palas del rotor del autogiro, dando ello lugar a una extensa y valiosa obra, editándose también por "The Cierva Autogiro Company Ltd." un reducido número de ejemplares de la misma bajo el título de *Theory of stresses on autogiro rotor blades*. Para dar una idea de lo que dicha obra abarca, estimo que lo más acertado es leer el prólogo que para la misma escribió su autor, y cuya traducción dice así: "El siguiente estudio constituye un intento para determinar teóricamente todos los esfuerzos principales originados en vuelo sobre las palas del autogiro. El problema se trata desde el punto de vista del ingeniero y no del científico. Se hacen hipótesis y simplificaciones que son justificadas por la semejanza del problema con otro mejor conocido, donde se encuentra razonable un artificio similar.

El método corriente en el avión para calcular los esfuerzos en vuelo normal y afectarlos de un factor, se considera inadecuado en este caso, ya que la ley de distribución de cargas a lo largo de las palas puede cambiar tanto como para hacer inaplicable cualquier hipótesis en la que dicha distribución se considere constante. Para cada esfuerzo principal se toma un caso más desfavorable, siempre que es posible, y se emplea un producto de factores puramente estructurales para determinar la seguridad del elemento.

Una de las dificultades de esta investigación ha

sido la necesidad de hacer hipótesis que estuvieran de un modo cierto del lado sano y, sin embargo, no excesivamente conservativas. Como aplicación de esta teoría a palas de autogiros existentes, que la experiencia ha probado que son suficientemente fuertes, su seguridad ha resultado de acuerdo con la teoría y se considera que han sido evitados los fallos.

Aparte de esto, para esta fecha hay alguna evidencia experimental, obtenida por una serie de medidas de momentos de flexión en vuelo, que fueron llevados a cabo por la "Autogiro Company of America" hace algún tiempo. Ellos están completamente dentro de los límites obtenidos en este trabajo y se discuten en el apéndice. Mientras se llegue a la conclusión que el método de esta teoría para determinación de esfuerzos resultantes es suficientemente seguro, se recomienda que se lleve a cabo un número de experimentos, similar al americano, sobre palas tan ampliamente diferentes como sea posible y extendidos a un amplio margen de condiciones de funcionamiento, de modo que puedan modificarse las conclusiones presentes, siempre que pudiera aparecer una falta de acuerdo con la experiencia."

Este prólogo, suficientemente expresivo por sí mismo, es una síntesis del extenso y valioso trabajo realizado por Juan de la Cierva para el cálculo estructural de las palas del autogiro. Debo añadir que el método desarrollado en dicha obra ha sido empleado para el cálculo de palas de helicóptero y que sus resultados difieren muy poco de los obtenidos por otros métodos de cálculo más modernos (Ref. 23).

En ocasiones, los problemas planteados llevan a La Cierva a la resolución de complicadas ecuaciones diferenciales, como le sucedió con el estudio de la estabilidad de la oscilación de batimiento de las palas

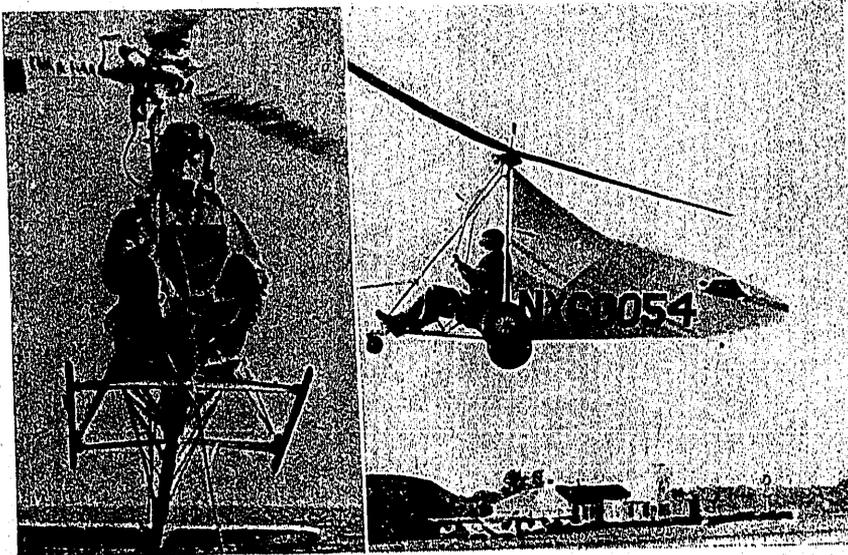


Fig. 30.
Autogiro remolcado.

del autogiro, que le condujo a una ecuación diferencial homogénea de segundo orden (*) y con coeficientes dependientes de las características de las palas del rotor y de las condiciones de funcionamiento, y cuya difícil integración planteó a notables matemá-

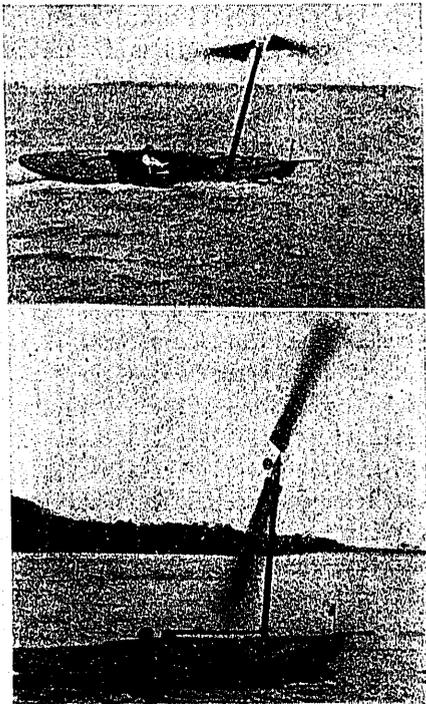


Fig. 31. — Nautigiro.

ticos. Merece especial mención el estudio (Ref. 13) que de la misma hizo el Profesor de la asignatura de "Cálculo integral y ecuaciones diferenciales" de la Escuela Superior Aerotécnica, D. Pedro Puig Adams, así como la integración para valores particulares de sus coeficientes realizada mediante el "Ana-

(*) Dicha ecuación diferencial es:

$$m \frac{d^2 \eta}{d\varphi^2} + \left(\frac{3}{4} + \lambda \operatorname{sen} \varphi \right) \frac{d\eta}{d\varphi} + (m + \lambda \cos \varphi + \frac{3}{4} \lambda^2 \operatorname{sen} 2\varphi) \eta = 0$$

φ (variable independiente), es el ángulo azimutal de la pala.

θ (función), es el ángulo de desviación (altura o depresión) de la pala respecto a su posición de equilibrio dinámico durante el giro.

λ es un parámetro; relación entre la velocidad de avance del autogiro y la velocidad periférica. Su valor varía, pues, según el régimen de velocidad, creciendo con ella. El Sr. La Cierva concebía $\lambda = 1$ como buen valor límite, con miras a futuros perfeccionamientos del autogiro (autogiro ultrarrápido).

m es otro parámetro; relación de masas; una, la del volumen de aire contenido en un paralelepípedo rectángulo de lados iguales al radio del rotor y a la anchura de la pala (dos veces), y otra, la masa de la pala. Su valor varía de uno a otros autogiros entre límites extremos, 0,15 y 1, pero para un autogiro determinado permanece sensiblemente fijo (salvo grandes variaciones de densidad del aire). Puede tomarse $m = 0,5$ como valor medio aceptable.

lizador Diferencial Electrónico" (Ref. 26), que fué objeto de un trabajo que obtuvo en 1954 el premio

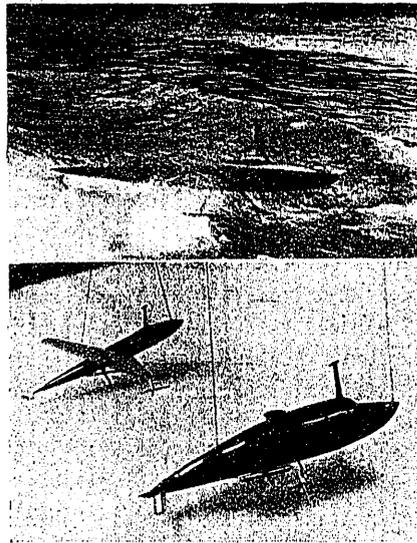


Fig. 32. — Hidrogiro.

"Juan de la Cierva" del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, para trabajos de investigación, proyecto y realización ejecutados en equipo.

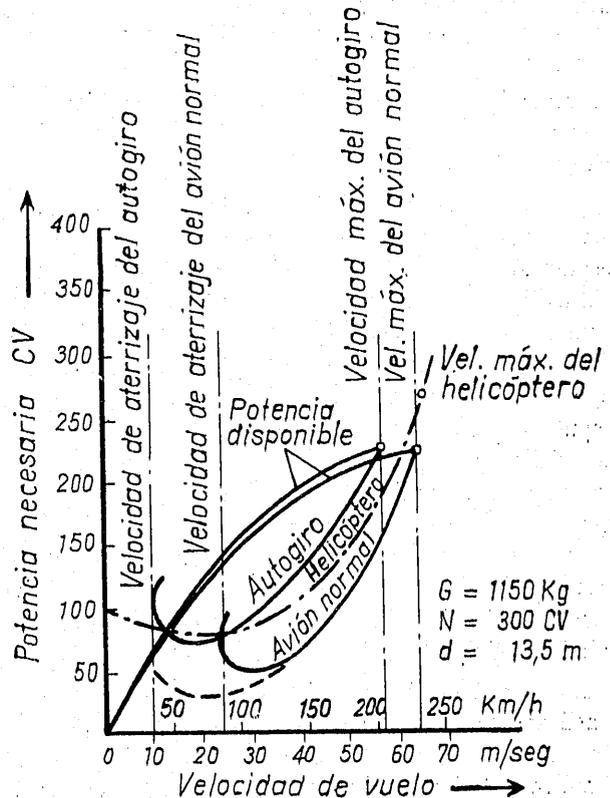


Fig. 33. — Gráfico de potencias y velocidades de diversos tipos de aeronaves.

La invención y el desarrollo del autogiro por Juan de la Cierva, hasta hacer de dicha máquina, como hemos visto, una aeronave segura y eficiente, son por sí solos una importantísima contribución suya al desarrollo de las aeronaves de alas giratorias. Pero, además, es necesario rendirse a la evidencia de que el vuelo del más genuino representante de la familia de las aeronaves de alas giratorias, el helicóptero, fué desde Leonardo de Vinci hasta la invención del autogiro, una continua sucesión de intentos infructuosos. Es, pues, forzoso reconocer que los importantes perfeccionamientos conseguidos por Juan de la Cierva y sus colaboradores para el autogiro, así como los conocimientos teóricos y experimentales adquiridos mediante este sistema de vuelo, han sido las causas principales que han permitido sacar al helicóptero de su balbuceo de siglos y llevar a cabo el rápido progreso que ha experimentado, precisamente después que el autogiro consiguió ser una máquina aeronáuticamente segura y de enormes posibilidades de aplicación, por la facultad que consiguió de despegar y aterrizar sin rodar sobre el suelo y por su baja velocidad crítica. Es indudable que el helicóptero ortodoxo ha tenido también numerosos problemas específicos que resolver y que después se han visto ampliados principalmente por la aplicación de nuevos sistemas de propulsión para el rotor. Pero también es indudable que la solución de los problemas básicos de la mecánica y cinemática del rotor, así como muchos de sus problemas aerodinámicos, se ha facilitado considerablemente gracias a los conocimientos y experiencia obtenidos mediante el autogiro.

Así, las articulaciones introducidas por La Cierva en las palas del rotor de su autogiro se han aplicado después al rotor del helicóptero, donde, generalizando la útil idea, se recurre en ocasiones a descentrarlas y darles determinada oblicuidad para conseguir, durante el funcionamiento del mismo, momentos y movimientos compensadores en las palas. En la actualidad, después de estar totalmente resueltos los mandos de paso cíclico y de paso colectivo del rotor del helicóptero, se ha emprendido la que pudiéramos llamar fase regresiva, tratando de suprimir las articulaciones de las palas y calculando éstas con la elasticidad necesaria; el objetivo que se persigue con ello es reducir el coste de fabricación, así como los gastos de mantenimiento del rotor del helicóptero.

Los beneficios del autogiro alcanzan no solamente al helicóptero, sino a otras aeronaves de alas giratorias, pues, como es sabido, el principio del autogiro se aplica a todos los helicópteros, por lo menos en la condición, que es reglamentaria, de vuelo en autorrotación, con el fin de que puedan efectuar un aterri-

zaje seguro ante un eventual fallo de la planta de potencia. Otras, como el ya citado "Rotodyne", utilizan el principio del autogiro de modo continuo durante el vuelo de avance.

Además, la idea del autogiro ha tenido otras aplicaciones, como el *autogiro remolcado* (fig. 30), el *nautagiro* (fig. 31), que utiliza un rotor autogiro como vela, y el *hidrogiro* (fig. 32), que utiliza un rotor autogiro para obtener empuje o sustentación hidrodinámica. Estas dos últimas aplicaciones son debidas al Ingeniero diplomado, que fué entusiasta colaborador de La Cierva, Otto Reder, y que, según sus manifestaciones, dichas aplicaciones han sido consecuencia de su gran afición al autogiro y a los deportes náuticos.

También deseo hacer notar que la idea del autogiro interesó a eminentes especialistas aeronáuticos, entre los que se encuentran H. Bateman, J. A. Beaven, J. A. J. Bennett, C. Bioletti, L. E. Caygil, H. Glauert, E. Herrera, M. J. Hood, P. A. Hufton, Th. von Kármán, R. N. Liptrot, C. N. H. Lock, J. Loraine, Major Low, J. B. B. Owen, R. H. Prewitt, G. Serragli, Paul H. Stanley, H. C. H. Townend, R. A. Wagner, J. B. Wheatley, H. E. Wimperis, A. E. Woodward Nut, etc., etc., los cuales contribuyeron con sus valiosos trabajos técnicos y científicos al mejor conocimiento de los problemas planteados por el nuevo sistema de vuelo ideado y desarrollado por La Cierva. En uno de dichos trabajos, el Prof. Th. von Kármán (Ref. 8), que hoy nos honra ocupando un puesto de honor en la presidencia de la "Primera Conferencia Juan de la Cierva", hizo en 1931 un interesante estudio comparativo de diversos tipos de aeronaves, incluyendo el autogiro; y del citado estudio se han tomado los datos de la figura 33, en la que la línea de puntos correspondiente al avión parece prever que éste llegaría a poder aterrizar con velocidad casi nula, cosa que un cuarto de siglo después se está alcanzando.

Varios de los citados especialistas se expresaron en algunos de sus trabajos en términos elogiosos para el autogiro y para los perfeccionamientos que le introdujo La Cierva, pero con objeto de no extendernos demasiado, citaremos solamente lo que el Capitán Liptrot (Ref. 5) dijo respecto al autogiro. Ello fué:

"1.º Se han discutido las dificultades originadas por el momento de vuelco lateral de un solo rotor en traslación. La Cierva ideó la solución simple y efectiva de articular las palas de tal forma que pudieran subir o bajar independientemente bajo la influencia de las cargas aerodinámicas que actúan sobre ellas. De esta manera, se evita la falta de equilibrio debida al movimiento hacia delante.

2.º El sistema en rotación es perfectamente estable.

3.º Las palas del rotor, al estar libremente articuladas, no están sometidas a momentos flectores elevados; las cargas sobre ellas tampoco son muy influidas por las aceleraciones, ya que los esfuerzos centrífugos son mucho mayores que los aerodinámicos. La estructura de las palas está sometida principalmente a esfuerzos de tensión. Un hecho importante, que en general no se toma en cuenta, es que el peso de la estructura de los aparatos de palas articuladas no aumenta tan rápidamente con el tamaño, como ocurre con el avión convencional. Por ello, quizá sea posible eventualmente fabricar grandes helicópteros más económicamente, desde el punto de vista estructural, que grandes aviones.

4.º Ha allanado el camino de los aterrizajes forzosos del helicóptero al demostrar el gran valor, como paracaídas, de las palas en autorrotación."

Deseamos hacer constar que, además de la labor de inventiva y de estudio de los problemas planteados por el autogiro, que hemos ido reseñando, Juan de la Cierva desarrolló una actividad ingente, pues realizó el proyecto, total o parcial, de una treintena de autogiros entre los citados en el cuadro de la página siguiente; dió numerosas conferencias y escribió muchos artículos (Refs. 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 20, etc., etc.), tanto para la divulgación como para la exposición técnica de la teoría del autogiro, y, además, en numerosas ocasiones él mismo realizó presentaciones en vuelo de su propia máquina. Desgraciadamente, esta ingente labor que Juan de la Cierva realizaba con el más simpático y sencillo aire deportivo, fué interrumpida por la muerte, que le sobrevino en accidente sufrido en avión de línea el 9 de diciembre de 1936, al despegar del aeródromo de Croydon (Londres). Esta desgracia aconteció cuando la intensa labor que realizó durante tres lustros había cuajado en espléndidos frutos.

No obstante, Juan de la Cierva pudo experimentar personalmente la satisfacción de ver recompensada su valiosa labor con la concesión de los más altos premios aeronáuticos, condecoraciones, títulos honoríficos, etc., cuya extensa relación figura al final de esta lectura. Algunos de ellos, como la Medalla de Oro de la Royal Aeronautical Society, correspondiente a

1937; el nombramiento de Comandante Honorario del Cuerpo de Ingenieros Aeronáuticos del Ejército del Aire Español, y la concesión del título nobiliario de Conde de la Cierva, le fueron otorgados a título póstumo.

Antes de terminar, quiero hacer constar que en todo el proceso de ensayo y perfeccionamiento del autogiro, que hemos relacionado de modo sucinto, brillan el ingenio, el dinamismo y la gran capacidad de trabajo de Juan de la Cierva. Pero debemos tener presente que muchos de los perfeccionamientos conseguidos no son solamente el fruto de esta excepcional reunión de cualidades en una sola persona. Han sido también el resultado de un correcto planteamiento de los problemas presentados y de un detenido y metódico estudio de los mismos, a los que la gran preparación técnica y científica de Juan de la Cierva encontró soluciones técnicamente no sólo aceptables, sino excepcionales.

Confirmación de este proceder son las siguientes palabras de Juan de la Cierva (Ref. 16), pronunciadas en sesión pública de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de España, el 27 de junio de 1935, con motivo de serle entregado el Premio de la Fundación del Excmo.-Sr. Duque de Alba y de Berwick correspondiente a dicho año. Decía así: "Desde luego, una de las mayores dificultades que hay en las investigaciones de esta índole, a mi juicio, la mayor de todas — decía La Cierva — es la del planteamiento de los problemas y el darse cuenta de los problemas que existen. Una vez que se sabe cuáles son, resolverlos es cosa relativamente fácil."

Finalmente, expreso mi deseo de que, con independencia de su genio inventivo, la preparación científica y técnica, el juicio objetivo y crítico de su propia obra, la firme decisión para buscar nuevas fórmulas o cauces técnicos cuando los que están en uso presentan inconvenientes, el detenido análisis y planteamiento de los problemas que se le presentan, el ardor e ímpetu puestos en la resolución de los mismos, así como la infatigable actividad de que dió continuamente muestras Juan de la Cierva, sean ejemplo que sirva de estímulo a la juventud emprendedora, en general, y a los jóvenes investigadores, en particular.

C U A D R O

OBSERVACIONES

CV.

MOTOR

FABRICADO POR

TIPO

AÑO

AÑO	TIPO	FABRICADO POR	MOTOR	CV.	OBSERVACIONES
1910	Planeador	Cierva y amigos.	Sin motor.	—	—
1911-12	BCD 1	Barcelona. Cierva. Diaz.	Gnome Rhone.	50	Biplano.
1913	BCD 2	» Cierva.	Le Rhone.	60	Monoplano.
1918-19	Trimotor	» Cierva.	3 Hispano Suiza.	3 x 180	Bombardero.
A U T O G I R O S					
1920-21	C-1	Getafe. Cierva.	Le Rhone.	60	2 rotores de cuatro palas. coaxiales.
1922	C-2	» »	» »	110	1 rotor, 5 palas rígidas.
1922	C-3	» »	Gnome.	50	» 3 »
1922	C-4	» »	Le Rhone.	80	» 4 » articuladas, con mando directo lateral.
1923	C-4	» »	» »	80	Con alas fijas, primer vuelo, 9 enero 1923.
1923	C-5	Cuatro Vientos.	» »	110	» »
1924	C-6 a	» »	» »	110	» » demostración al Rey D. Alfonso XIII.
1926	C-6 c	A. V. Roe.	Clerges.	130	» » demostración en Tempelhof (Alemania).
1926	C-6 d	» »	» »	120	» » ensayos con dos palas.
1927	C-6 d	Hamble.	» »	120	» »
1927	C-8 v	» »	Woolsele "Viper".	220	» »
1927	C-9	» »	Genet.	60	» »
1927	C-11	Yale. Gloucestershire.	Airdisco.	—	» »
1927	C-7	Loring.	Hispano Suiza.	300	» »
1927	C-7	Cierva. Londres.	Lynx.	220	» » 18-IX-1928. travesía del Canal de la Mancha. Vuelo Londres-París.
1927	C-8 II	» »	» »	» »	» »
1929	C-19	Hamble.	Cirrus.	90	» »
1929	C-17	» »	Alpha.	100	» »
1929	C-12	Loring.	Wright Whirlwind.	220	» » puesta en marcha por deflector de cola para el flujo de la hélice.
1929	C-19 MK I	Hamble.	Genet.	80	» »
1929	C-19 MK II	Bryn Athyn, Penna.	» »	» »	» » primer autogiro francés, todo metálico.
1929	C-18	Weymann-Lepère.	Wright J6.	220	» » primer autogiro norteamericano.
1929	PC1	Pitcairn.	» »	220	» »
1929	C-19	Cierva, Avro.	» »	» »	» » primera puesta en marcha mecánica.
1930	C-19 MK III A	» »	Genet Major.	100	» » autogiro de cabina.
1931	C-24	Cierva-De Havilland.	Gipsy III.	115	» »
1931	—	Comper Aircraft.	Pobjoy.	75	Monoplaza, con alas fijas.
1931	PA 19	Pitcairn.	» »	420	Con alas fijas.
1932	C-30	Cierva, Londres.	Wright R-97 SE2.	—	Sin alas fijas.
1932	C-30 P y A	Cierva, Avro.	Genet.	140	Sin alas fijas, primer autogiro de mando directo.
1932	CL 10	Buhl.	» »	—	» » primer autogiro de producción en serie.
1932	C-28, W 2	Lepère, Lioré, Olivier.	» »	75	» » primer autogiro de empuje ("Pusher").
1933	KD 1	Weir, Glasgow.	» »	225	Sin alas fijas, biplaza cabina, mando directo.
1934	PA 22	Kellet.	» »	75	Monoplaza, motocicleta aérea.
1934	C-30 Hidro	Pitcairn.	Pobjoy.	140	Rodable, autogiro-automóvil.
1935	C-30 Autodynamic	Cierva, Avro.	» »	140	Con flotadorés.
1935	LC 20	Cierva, Hamworth.	Genet Major.	140	Primer autogiro de salto vertical, dos palas.
1935	C-29	Lepère, Westland.	» »	80	Biplaza cabina.
1935	PA 34	Cierva, Westland.	Armstrong Siddeley.	—	Cabina cuatro plazas.
1935	W 3	Pitcairn.	» »	582	» »
1936	Le OC 301	Weir.	Panthu II A.	420	Monoplaza de salto vertical, dos palas.
1938	C-40	Lioré, Olivier.	Wright 975 E2.	175	Mando directo, derivado del C-30.
1938	C-40	Cierva Autogiro Co., Londres	Weir.	200	Salto vertical, tres palas.
1942	SE 700	S.N.C.A.S.E. Renoux	Salmson 9 Ne. Salmson 9 N.G. Béarn 6D.	425	» »

Títulos, Premios y Condecoraciones concedidos al Excmo. Sr. D. Juan de la Cierva y Codorniu.

Conde de la Cierva, 1954, España.

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, 1917.

Ingeniero Aeronáutico, *Honoris causa*, 1930.

Comandante Honorario del Cuerpo de Ingenieros Aeronáuticos, 1946, España.

Miembro de la Asociación de Ingenieros Civiles.

Miembro de Honor de la Asociación de Ingenieros Aeronáuticos.

Miembro de la Société Française de Locomotion Aérienne.

Miembro Honorario de A.I.D.A., Italia.

"Fellow", de la Royal Aeronautical Society, Inglaterra.

Socio de Mérito de los Reales Aero Clubs de España y Andalucía.

Socio de Honor del Aero Club Brasileño.

Socio de los Aero Clubs de Gran Bretaña, Alemania, Francia y Bélgica.

Grand Prix Scientifique de l'Air, 1925, de la Société Française de Navigation Aérienne.

Prix Lahm, 1928 (Aero Club de Francia), por el viaje Londres-París en autogiro.

Grand Prix Academie des Sports (Foundation Henry Deutsch de la Meurthe, 1928).

Premio del Trofeo Collier, 1930 (en unión de otros miembros de la Autogiro Company of America).

Premio de la Fundación del Excmo. Sr. Duque de Alba y de Berwick, 1935, Real Academia Española de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Premio de la Fundación Deu y Mata, 1936, España.

Medalla de Oro del Trabajo, 1930, España.

Medalla de Oro de Madrid.

Medalla de Oro de Murcia.

Medalla de John Scott (Board of Directors of City Trust, Philadelphia).

Medalla de Plata, 1932, de la Royal Aeronautical Society, Inglaterra.

Medalla de Oro de Guggenheim, 1932, Estados Unidos.

Medalla de Oro de la Federación Aeronáutica Internacional.

Medalla de Oro de Wakefield, 1934, concedida por la Roy Aeronautical Soc.

Medalla de Oro, 1937, de la Royal Aeronautical Society, Inglaterra.

Caballero de la Orden Civil de Alfonso XII.

Caballero de la Orden de Leopold, Bélgica.

Caballero de la Legión de Honor, Francia.

Banda de la Orden de la República, España.

Gran Cruz de la Orden del Mérito Naval, distintivo blanco, España.

Gran Cruz del Mérito Aeronáutico, 1946, España.

Referencias.

1. J. de la Cierva: "Comment j'ai conçu l'autogire". *L'Aeronautique*, avril 1925.
2. J. de la Cierva: "The development of the autogiro". *Jour. R. Ac. S.*, January, 1926.
3. J. de la Cierva: *Engineering theory of the autogiro*. Pub. de The Cierva Autogiro Co. Ltd., de Londres, 1929.
4. J. de la Cierva y Don Rose: *Wings of Tomorrow. The Story of the Autogiro*. Brewer, Warren and Putnam, 1931.
5. R. N. Liptrot: "Modern developments in the helicopter". *Journ. of Royal Aeronautical Soc.*, julio 1931.
6. J. de la Cierva: *Prüfungsbericht der abgeänderten C.19*. Información núm. 40 de la Dirección Técnica de The Cierva Autogiro Co. Ltd., agosto 1931.
7. J. de la Cierva: *The Autogiro, a synopsis of information on the principle*. The Cierva Autogiro Co. Ltd., 1931.
8. Th. von Kármán "Die Seitenwege der Luftfahrt". *Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschifffahrt*, 22, 1931.
9. J. de la Cierva et R. Lepère: "Autogire C.I., 10". *L'Aeronautique*, diciembre 1932.
10. J. de la Cierva: "Rotary wing aircraft", *Proc. of the Royal Philosophical Society of Glasgow*, vol. LXXI, 1934.
11. J. de la Cierva: "Seguridad comparada del ala fija y de los sistemas rotativos". 1º Congreso Internacional de la Société Aérienne, T. III.
12. J. de la Cierva: "Comparación de máquinas voladoras". *L'Aeronautique*, febrero 1934.

13. P. Puig Adams: "Sobre la estabilidad del movimiento de las palas del autogiro". *Revista de Aeronáutica*, septiembre 1934.
14. J. de la Cierva: "Rotary wing aircraft". *Cambridge University Engineering and Aeronautical Society's Journal*, 1934.
15. J. de la Cierva: "Estudio sintético del sistema de vuelo por alas autorrotativas". Trabajo al que la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales concedió el premio de la Fundación del Excmo. Sr. Duque de Alba y de Berwick, correspondiente a 1935. No publicado.
16. J. de la Cierva: "Evolución histórica del autogiro". *Rev. de la Real Acad. de Cienc. Ex., Fís. y Nat.*, volumen XXXV, 1941. Leído el 27 de junio de 1935.
17. J. de la Cierva: "Theory of Stresses on Autogiro Rotor Blades". The Cierva Autogiro Co., 1934-35.
18. J. de la Cierva: "Neuere Fortschritte des Autogiros". *Luftwissen*, mayo 1935.
19. T. Martín-Barbadillo: *El autogiro. Ayer, hoy, mañana...* Espasa-Calpe, 1935.
20. J. de la Cierva: "New development of the Autogiro". *Journ. of the Royal Aeronautical Soc.*, diciembre 1935.
21. E. Herrera: *Aerotécnica*. Gráficas R. Ferry, 1936.
22. J. Comá Orduña: *Historia de la Aeronáutica española*. Prensa Española, S. A., 1946.
23. R. Mayne and Wm. C. Johnson, jr.: "A simplified dynamic stress analysis of hinged rotor blades". *Proc. of V. Annual Forum of Am. Hel. Soc.*, 1949.
24. A. Gessow and G. C. Myers, jr.: *Aerodynamics of the helicopter*. The Mac Millan Co. New York, 1952.
25. Th. von Kármán: "Aerodinámica". Temas seleccionados a la luz de su desarrollo histórico. INTA, Madrid, 1954.
26. J. G. Santesmases, J. G. Ibeas, A. C. Breu, J. J. F. y Fernández, V. B. Menéndez y J. S. Magallanes: *Analizador diferencial electrónico*. Premio "Juan de la Cierva", 1954.