

El autogiro

JOSÉ LUIS LOPEZ RUIZ
Catedrático de Helicópteros y Aeronaves Diversas
E.T.S.I. Aeronáuticos
Consultor de SENER

INTRODUCCION

DENTRO DE LA SERIE DE ARTICULOS sobre los prototipos españoles que viene publicando AEROPLANO, se ha seleccionado este año el Autogiro pensando en rendir un homenaje a su inventor, Juan de la Cierva y Codorniu, precisamente al cumplirse el centenario de su nacimiento en Murcia.

La diferencia con otros artículos ante-

riores es que, en este caso, no se trata de un prototipo de aeronave, sino de una serie de prototipos, desarrollados a lo largo de un período de 16 años, algunos de los cuales dieron lugar a series de aeronaves operativas, y en los que Juan de la Cierva y sus colaboradores fueron incorporando sucesivas ideas para pasar desde los iniciales demostradores de tecnología (confirmación práctica de que un ala giratoria autorrotante

era capaz de sustentar una aeronave) hasta un aparato práctico, perfectamente volable y controlable, capaz de cumplir ciertas misiones en las que el avión convencional de ala fija presentaba limitaciones o peligros.

La vida de Juan de la Cierva y el desarrollo de su invento, el Autogiro, ha sido tratada intensamente, tanto en España como fuera, de tal forma que resulta una pretensión casi inútil hacer algo original en este campo.

Tanto la Asociación Española de Ingenieros Aeronáuticos como la Royal Aeronautical Society británica han instituido actos anuales (la conferencia Juan de la Cierva y la Cierva memorial lecture) para resaltar el ejemplo de la genialidad, aplicación al traba-

jo y logros tecnológicos de Juan de la Cierva en un ambiente no siempre favorable. En la primera, celebrada en España en octubre de



1958, el ingeniero aeronáutico D. Pedro Blanco Pedraza, a la sazón jefe de la sección de alas giratorias del INTA, hizo una descripción detallada de la génesis y desarrollo del Autogiro. En la primera de la Royal Aeronautical Society, en febrero de 1961, J.A.J. Bennet, colaborador directo de Juan de la Cierva durante su etapa británica, profundizó en algunos aspectos del invento, dedicando gran atención al modelo C.30, autogiro sin alas, de mando directo, y sus posibilidades de despegue por salto.

La historia de Juan de la Cierva ha sido tratada con un enorme aporte de documentación por el ingeniero aeronáutico D. José Warleta Carrillo en el libro "Autogiro: Juan de la Cierva y su obra" editado por el Instituto de España en 1978. Más recientemente el libro de Peter W. Brooks: "Cierva Autogiros: The Development of Rotary-Wing Flight", publicado por Airlife Publishing Ltd. en 1988, presenta una completa descripción de los distintos modelos de autogiros que se desarrollaron en el mundo, siguiendo las

ideas de Juan de la Cierva, entre 1920 y 1942, cuando ya el helicóptero empezaba su desarrollo en Estados Unidos aprovechando ideas que habían hecho posible el vuelo del autogiro.

Aquí nos limitaremos a repasar los sucesivos inventos que Juan de la Cierva fue incorporando en su autogiro para resolver los problemas que iban apareciendo, primero para conseguir una aeronave volable y controlable, y, después, para ir mejorando su eficiencia con el objeto de hacerle competitivo con los aviones de la época.

A lo largo de todo el desarrollo del autogiro las ideas de Juan de la Cierva se caracterizan por dos objetivos: la eliminación de las alas fijas y el rechazo de toda solución complicada. Ambos objetivos se cumplieron plenamente con el modelo C.30 cuyo prototipo (G-ACFI) voló por primera vez en abril de 1933, pilotado por el propio Juan de la Cierva, diez años más tarde de que su primer autogiro, el C.4, lograra realizar con éxito sus primeros vuelos en Getafe y Cuatro Vientos (enero de 1923) demostrando las buenas características de las alas giratorias como elemento sustentador de las aeronaves.

DE LA PRIMERA IDEA AL PRIMER VUELO

LA PRIMERA IDEA DEL AUTOGIRO surge en el joven Juan de la Cierva con el deseo de hacer posible que las aeronaves pudieran volar a velocidades muy pequeñas sin perder el control y caer en el peligro de pérdida de sustentación inherente al ala fija. Para ello era necesario que el ala tuviera un movimiento relativo respecto al fuselaje de la aeronave que, de esta forma, podría reducir su velocidad respecto al suelo. De los posibles movimientos relativos del ala el más simple es el rotatorio alrededor de un eje casi normal al del propio fuselaje, disponiendo varias alas para constituir un rotor, como ya había hecho Breguet con su helicóptero en 1907 con hélices sustentadoras. Pero Juan de la Cierva simplificó este concepto haciendo que el rotor autorrotara, impulsado simplemente por el aire en su desplazamiento relativo, sin necesidad de aplicar ninguna potencia al eje o a las palas del rotor. Ello exige un cuidadoso estudio aerodinámico de las palas, selección de perfil y torsión, ya que la autorrotación resulta del equilibrio entre el par aerodinámico frenante que se produce en una zona



Fig. 1. Autorrotación de una pala con paso positivo

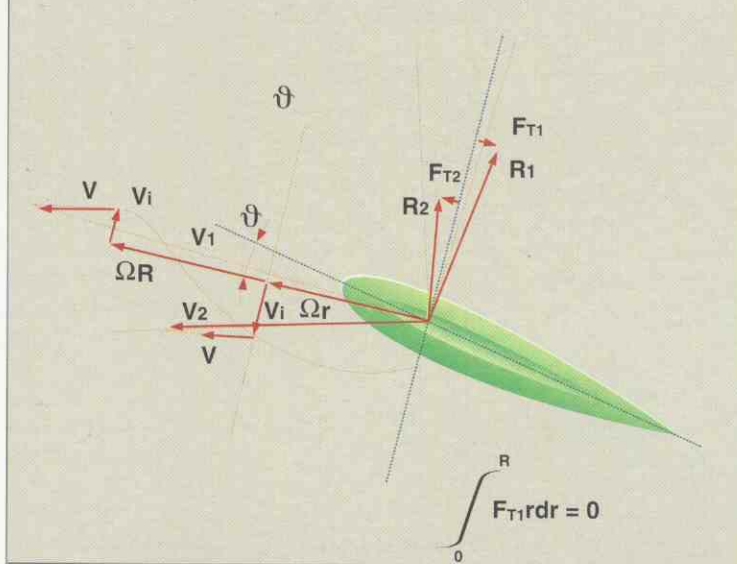
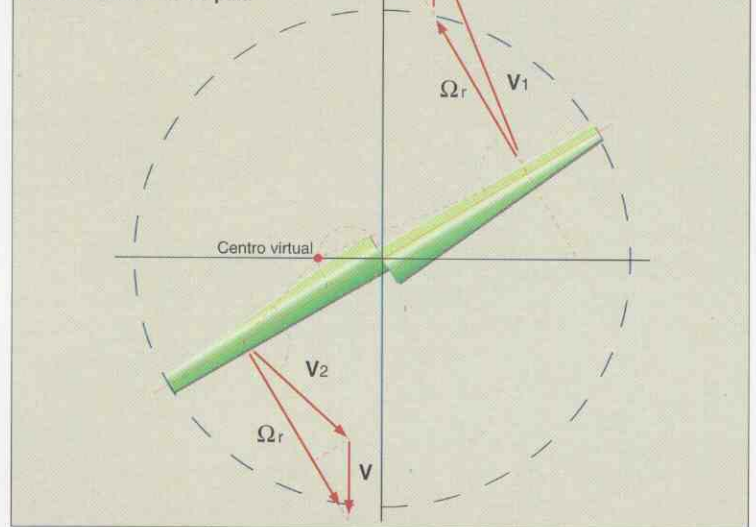


Fig. 2. Autogiro Virtual
Determinación de velocidades en los elementos de pala



de la pala y el par aerodinámico impulsor que se genera en otra (figura 1).

La idea fue estudiada cuidadosamente por Juan de la Cierva y ensayada en aeromodelos y, como consecuencia de ello, constató el principal inconveniente: el par de balanceo aerodinámico que un rotor de esta naturaleza, sin cambio cíclico de paso, produciría como consecuencia de la mayor sustentación de las palas al ocupar una posición en la que su velocidad de rotación y la velocidad de avance del aparato se combinan para dar una mayor velocidad relativa de los perfiles de la pala respecto al aire, frente a aquella otra en la que ambos efectos conducen a una menor velocidad (autogiro virtual, fig. 2). Además de este par de balanceo aerodinámico había que tener en cuenta el giroscópico que se produciría al maniobrar con velocidades de cabeceo. Para Juan de la Cierva la solución consistió en disponer dos rotores coaxiales contrarrotatorios de tal forma que estos desequilibrios quedaran compensados y esta fue la base de su primera patente presentada en el Registro de Patentes e Inventos de España el 30 de junio de 1920. Este tipo de doble rotor fue el que instaló sobre un fuselaje de avión Deperdusin para dar origen al primer autogiro: el Cierva C. 1 (fig. 3). Sin embargo la interferencia aerodinámica entre ambos rotores era tan fuerte que, en los primeros ensayos realizados en Getafe en octubre de 1920 por el capitán Felipe Gómez-Acebo, el rotor inferior giraba sólo a 50 rpm frente a las 110 rpm del rotor superior y el par de balanceo no se equilibraba produciendo una inevitable tendencia al vuelco lateral del aparato. Sin embargo estos ensayos confirmaron la capacidad de autorrotación de los rotores. Juan de la Cierva rechazó, por complicada, la posibilidad de un acoplamiento mecánico entre ambos rotores para obligarles a girar a la misma velocidad y, en lo sucesivo, todos sus autogiros fueron monorrotores.

La obsesión por poder equilibrar el momento de balanceo de un solo rotor de una forma eficaz y simple llevó a Juan de la Cierva a idear y patentar el rotor autocompensado (30 de mayo de 1921) razonando que, si bien la velocidad relativa de los perfiles es

mayor en la pala que avanza que en la que retrocede, por el contrario su ángulo de ataque es menor (fig. 4) por lo que ambos efectos podrían compensarse con un diseño adecuado de las palas eliminando la asimetría de sustentación. Además, cambiando el paso de la pala, podría romperse la simetría y tener mando de balanceo directamente desde el rotor. La idea fue incorporada en los autogiros C.2 y C.3, el primero con un rotor de 5 palas y el segundo de 3 palas y ambos de gran solidez para evitar el funcionamiento con altos coeficientes de sustentación. El C.3 incorporaba el principio de mando de balanceo por control de paso colectivo de las palas mediante deformación del perfil en su borde de salida.

Sin embargo seguía persistiendo la tendencia al vuelco de los autogiros a pesar de que Juan de la Cierva instalaba motores cuyo par de reacción tendía a oponerse al par aerodinámico del rotor e incluso desplazaba lateralmente el propio rotor.

Juan de la Cierva seguía pensando en una solución sencilla y eficaz tratando de comprender la diferencia de comportamiento entre los modelos de autogiro a pequeña escala, que no presentaban ninguna tendencia al

vuelco, y los autogiros reales. Finalmente encontró una explicación: la diferencia entre la flexibilidad de las palas que permitía en los aeromodelos un movimiento de deformación cuya velocidad alteraba la sustentación de las palas y establecía el equilibrio en balanceo. Inmediatamente ideó la solución más simple posible: articular las palas en su unión al eje con una articulación paralela a las cuerdas, lo que permitiría un movimiento de batimiento que elimina de forma natural tanto la posibilidad de transmitir al fuselaje el par de balanceo aerodinámico como el giroscópico producido por las maniobras. Además, el rotor articulado en batimiento responde con un movimiento de inclinación longitudinal de su plano de puntas a las posibles perturbaciones longitudinales (ráfagas) al contrario de un rotor rígido que responde con un momento lateral. Juan de la Cierva solicitó la patente de esta nueva invención el 18 de abril de 1922, la cual le fue concedida el 15 de noviembre del mismo año, pero, sin esperar a ello, la incorporó inmediatamente al rotor de 4 palas del autogiro C.4, que tenía entonces en construcción, mientras continuaba los ensayos de rodaje en el suelo e intentos de vuelo con los modelos C.2 y C.3.

Fig. 3. Cierva C.1

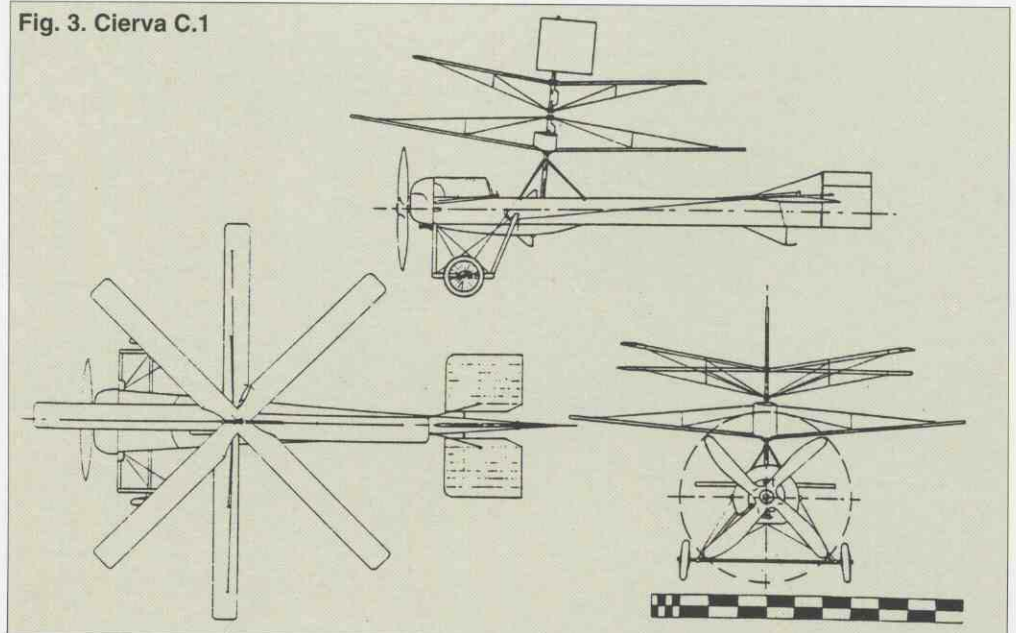


Fig. 4. Rotor autocompensado

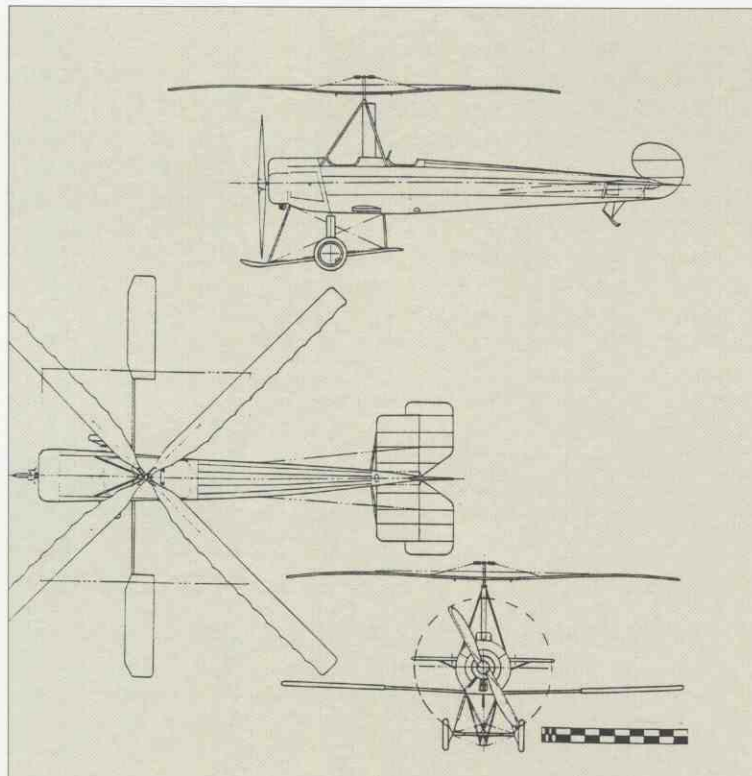
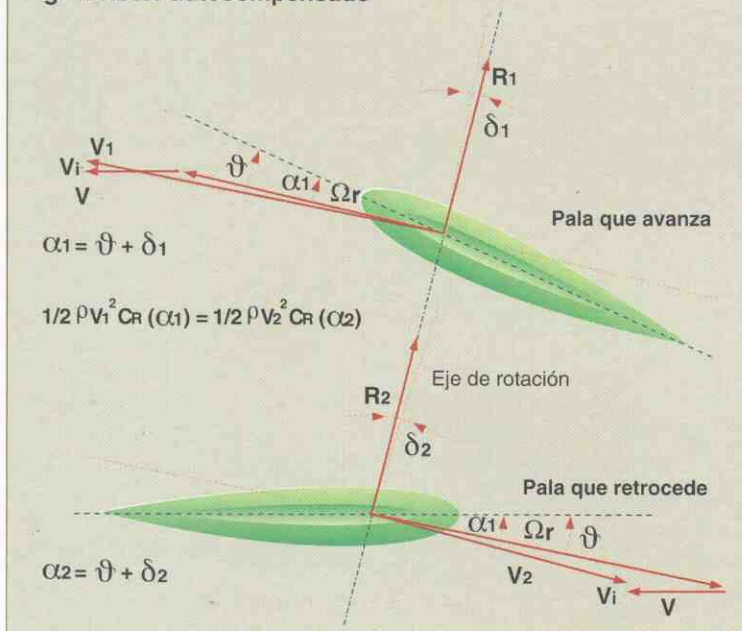


Fig. 6. Cierva C.6A, arriba y Cierva C.8LII, abajo

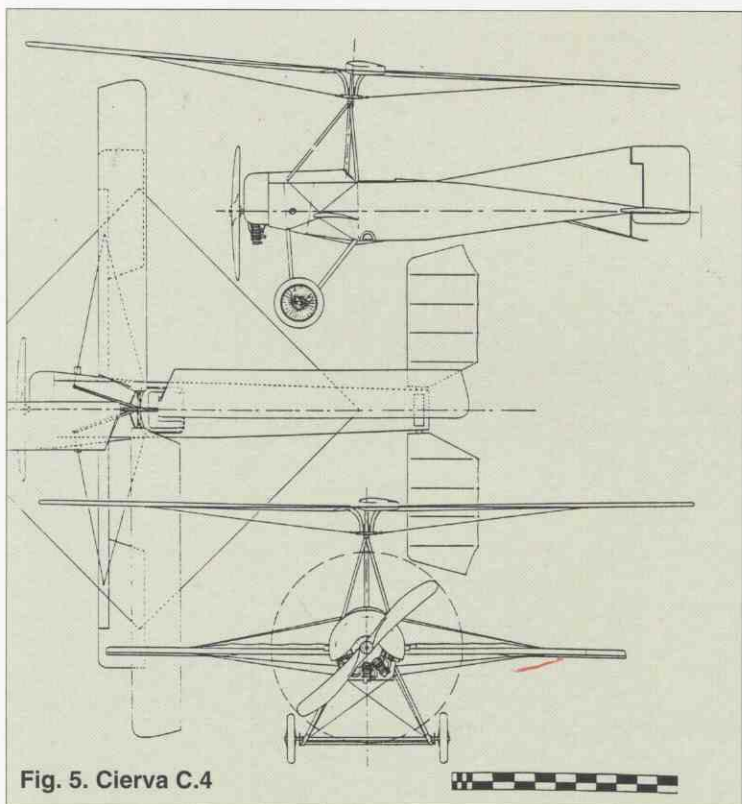
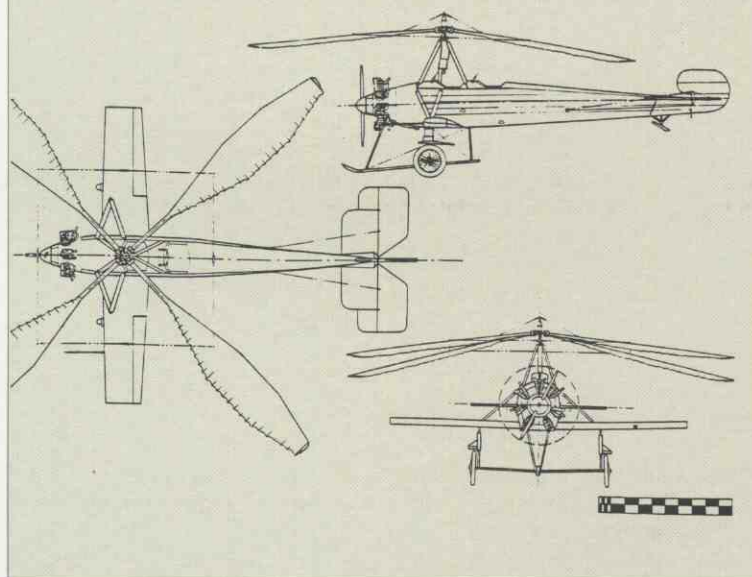


Fig. 5. Cierva C.4



CARACTERISTICAS DE AUTOGIROS

(T. Martín-Barbadillo: el Autogiro, ayer, hoy y mañana. Espasa Calpe 1935)

Tabla I

Características	Autogireta	2 plazas económico	2 plazas rápido	3 plazas	4 plazas	5-6 plazas	10 plazas
Velocidad máxima	210 k.h.	235 k.h.	290 k.h.	270 k.h.	270 k.h.	270 k.h.	280 k.h.
Velocidad crucero	180 k.h.	200 k.h.	260 k.h.	240 k.h.	240 k.h.	240 k.h.	250 k.h.
Velocidad mínima	20 k.h.	20 k.h.	24 k.h.	20 k.h.	24 k.h.	24 k.h.	24 k.h.
Potencia	35 HP	70HP	160HP	180HP ⁽¹⁾	250HP ⁽¹⁾	500HP ⁽¹⁾	700HP ⁽¹⁾
Carga útil	95 kg.	175 kg.	320 kg.	400 kg.	625 kg.	1.250 kg.	1.750 kg.
Autonomía	630 km.	700 km.	750 km.	900 km.	700 km.	700 km.	720 km.
Angulo de subida al despegue hasta 15 m. de altura	50°	50°	50°	50°	50°	45°	25°
Coste, en gran serie (ptas)	10.000	13.000	20.000	25.000	35.000	60.000	125.000

(1) Motor diesel

Nota. Las cifras estampadas en este cuadro de características hipotéticas de tipos de autogiros, a seis u ocho años plazo, quedarán por bajo de la realidad: velocidad máxima del orden de los 300 y autonomía de más de 900 kilómetros, utilizando motores Diesel, se alcanzarán para entonces.

El C.4 (fig. 5) fue ensayado en Getafe desde junio de 1922 y sufrió varios accidentes que obligaron a incorporar diversas modificaciones, entre ellas el cambio del rotor original de 8m de diámetro por otro mayor de 9,75m con perfiles Eiffel 106 en lugar de los simétricos Eiffel 101 utilizado en los rotores anteriores, en lo que tuvo una influencia importante los ensayos de rotores realizados en el túnel aerodinámico de Cuatro Vientos bajo la dirección del Tte. Coronel Emilio Herrera Linares, futuro director de la Escuela Superior Aerotécnica. También intentó Juan de la Cierva conseguir el control lateral de la aeronave mediante inclinación lateral del rotor, pero la fuerza en el mando resultaba excesiva por lo que, finalmente, se le dotó de unos alerones montados sobre una viga transversal. En los ensayos del 9 de enero de 1923 el autogiro mostró una tendencia al balanceo en sentido contrario al habitual en todos los casos precedentes y el 17 de enero de 1923 el teniente Alejandro Gómez Spencer consiguió el primer vuelo recto y controlado con una aeronave de ala giratoria a una altura de unos 4 m y una longitud de unos 185m. Inmediatamente siguieron otros vuelos similares ante representantes de instituciones aeronáuticas oficiales y, tras el traslado del autogiro a Cuatro Vientos, el día 31 de enero

Gómez Spencer realizó un vuelo de unos 4 km en circuito cerrado a más de 25m de altura y de 3,5 minutos de duración. La posibilidad de vuelo de una aeronave de alas giratorias estaba plenamente demostrada pero no puede decirse que fue un éxito fácil sino, muy al contrario, jalonado por múltiples problemas que sólo la dedicación y el ingenio de un hombre excepcional como Juan de la Cierva pudieron resolver siguiendo un camino en el que era necesaria una gran preparación técnica tanto mecánica como aerodinámica.

EL PERFECCIONAMIENTO DEL AUTOGIRO

DESPUÉS DEL ÉXITO DEL C.4 Juan de la Cierva continuó su tarea de perfeccionamiento del autogiro buscando emular al avión de ala fija, entre el escepticismo de algunos teóricos consagrados de la época y el apoyo de algunos otros, aunque el principal impulsor de los estudios teóricos fue el propio Juan de la Cierva.

Desarrolló el autogiro C.5, con un rotor de 3 palas para conseguir un buen compromiso entre solidez del rotor (relación de área de palas a área del disco barrido) y esbeltez de

la pala (relación del radio a la cuerda) para un rotor autorrotante. Pero tras un fallo de una pala por fatiga en torsión, atribuido a un excesivo desplazamiento del centro de presiones en el perfil con curvatura Gö430, volvió al rotor de 4 palas con perfiles simétricos Gö429 en los sucesivos modelos del autogiro C.6 (fig. 6). Este fue el primer autogiro para el que consiguió una financiación del Gobierno español de 200000 pts (julio de 1925) como ayuda para proseguir el desarrollo, si se exceptúan los fondos concedidos para los ensayos de rotores en el túnel aerodinámico de Cuatro Vientos previos al vuelo del C.4. Fue también el modelo usado para importantes exhibiciones y para dar a conocer el autogiro fuera de España. El modelo C.6D fue el primero en incorporar alas fijas que descargaban algo el rotor en vuelo de avance y mejoraban el rendimiento de los alerones para el mando de balanceo, aunque Juan de la Cierva siempre se opuso a las alas fijas que consideraba innecesarias en sus autogiros.

Ya en su etapa inglesa, el 27 de febrero de 1927 un autogiro C.6C sufrió un accidente en Hamble al partirse una pala por fatiga debida a flexión en el plano de cuerdas. El fenómeno fue identificado como producido por el cambio periódico de sentido de la

Tabla II. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE AUTOGIROS

AUTOGIRO	ROTOR									ALA					Máx. (kg)
	Diám. (m)	Núm Palas Núm Palas	Cuerda (c) (m)	Perfil Perfil	Area (S) (m ²)	Solidez (ρ)	Relación R/c	Régimen SL(rpm)	Vel. punta SR (m/s)	Env. (bw) (m)	Cuerda (cw) (m)	Area (Sw) (m ²)	Alargam. bw/cw	Vacio (ME) (kg)	
C.1	6,0	4	0,400	E101	2x28,3	0,170	7,5	-	-	-	-	-	-	538	35
C.2	11,5	5	-	-	103,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78
C.3	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C.4	8,0	4	0,577	E101	50,3	0,184	6,9	140	58,6	-	-	-	-	400	50
C.5	11,5	3	-	Gö430	103,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C.6	10,0	4	0,282	Gö429	78,5	0,072	17,7	130	68,1	-	-	-	-	655	78
C.6bis	10,5	-	-	-	86,6	-	-	140	77,0	-	-	-	-	-	-
C.6A	11,0	-	-	-	95,0	-	-	160	92,2	-	-	-	-	-	-
C.6C	11,0	4	-	Gö429	95,0	-	-	140	80,6	-	-	-	-	675	109
cc,6D	11,0	4	-	Gö429	95,0	-	-	140	80,6	-	-	-	-	103	86
C.7	12,0	4	-	Gö429	113,1	-	-	120	75,4	-	-	-	-	900	135
C.8V	12,0	4	-	Gö429	113,1	-	-	120	75,4	-	-	-	-	909	125
C.8R	12,0	4	-	Gö429	113,1	-	-	120	75,4	-	-	-	-	724	100
C.8L-I	12,0	4	0,615	Gö429	113,1	0,131	9,8	125	78,5	7,9	1,077	8,51	7,34	748	115
C.8L-II	12,0	4	-	Gö429	113,1	-	-	115	72,3	7,9	-	-	-	793	112
C.8L-III	12,0	4	-	Gö429	113,1	-	-	120	75,4	7,9	-	-	-	793	101
C.8W	12,0	4	-	Gö429	113,1	-	-	120	75,4	8,6	-	-	-	787	112
C.9	9,14	4	0,469	Gö429	65,6	0,131	9,7	-	-	4,9	0,638	3,13	7,68	370	48
C.10	9,14	4	-	Gö429	65,6	-	-	135	64,6	5,2	-	-	-	-	50
C.11	10,75	4	-	Gö429	90,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C.12	12,0	4	-	Gö429	113,1	-	-	120	75,4	-	-	-	-	840	113
C.17Mkl	10,15	4	0,606	Gö429	80,9	0,150	8,4	130	69,1	6,7	0,909	6,09	7,37	440	66
C.17Mkil	10,15	4	-	Gö429	80,9	-	-	130	69,1	-	-	-	-	440	66
C.17Hydro	10,15	4	-	Gö429	80,9	-	-	-	-	-	-	-	-	440	66
C.18	12,0	4	-	Gö429	113,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C.19Mkl	9,14	4	-	Gö429	65,6	-	-	140	67,0	6,24	-	-	-	340	58
C.19Mkil	9,14	4	-	Gö429	65,6	-	-	180	86,1	6,24	-	-	-	385	63
C.19MkIII	10,66	4	0,434	Gö429	89,2	0,104	12,3	125	69,8	6,24	0,982	6,13	6,35	488	70
C.19MkIVP	10,36	3	0,378	RAF34	84,3	0,070	13,7	180	97,6	6,24	-	-	-	488	70
C.19MkIV	10,36	3	-	RAF34	84,3	-	-	180	97,6	6,24	0,821	5,12	7,60	476	70
C.19MkV	10,36	3	-	Gö606	84,3	-	-	180	97,6	-	-	-	-	426	70
C.24	10,36	3	-	RAF34	84,3	-	-	200	108,5	5,94	-	-	-	580	81
C.27	9,8	3	0,283	-	75,4	0,055	17,3	210	107,8	6,24	0,821	5,12	7,60	280	49
C.28	8,53	2	-	Gö606	57,1	-	-	200	89,3	-	-	-	-	27	-
C.29	15,24	3	0,359	Gö606	182,4	0,045	21,2	-	-	-	-	-	-	1461	226
C.30 Prot.	11,28	3	-	Gö606	99,9	-	-	210	124,0	-	-	-	-	572	86
C.30P	11,28	3	-	Gö606	99,9	-	-	180	-	-	-	-	-	544	81
C.30A	11,28	3	0,254	Gö606	99,9	0,043	22,2	210	124,0	-	-	-	-	664	86
C.30MkIIaV	11,28	3	-	Gö606	99,9	-	-	210	124,0	-	-	-	-	-	-
C.30MkV	12,21	3	-	23012	117,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C.31	12,80	3	-	-	128,7	-	-	234	156,8	-	-	-	-	907	136
C.32	10,36	3	0,255	-	84,3	0,047	20,3	270	146,5	-	-	-	-	590	86
C.34	16,50	3	0,324	Gö606	213,8	0,038	25,5	-	-	-	-	-	-	1650	230
C.40	13,41	3	0,207	23012	141,2	0,029	32,4	180	126,4	-	-	-	-	612	88

componente de fuerza en el plano de cuerdas cuando las palas giran. Los vuelos de los autogiros fueron suspendidos y los rotores sometidos a ensayos en una torre situada en Hamble utilizando el viento natural para hacer girar el rotor. Juan de la Cierva se dedicó de nuevo al análisis y solución del problema, siempre de forma simple, introduciendo una nueva articulación perpendicular al plano de cuerdas, la articulación de arrastre, que fue ensayada en España en un autogiro C.7. El rotor del autogiro pasaba así a tener todas las articulaciones de un rotor de helicóptero moderno, excepto la de cambio de paso que en un autogiro no es necesaria ya que la autorrotación se consigue en cada situación con un ángulo de ataque adecuado del rotor. Sin embargo el movimiento de arrastre de las palas tenía que ser amortiguado artificialmente, a diferencia del movimiento de batimiento que tiene un amortiguamiento aerodinámico natural. Sin embargo los rotores con doble articulación demostraron ser mucho más amortiguadores de vibraciones que los rotores precedentes con lo que el vuelo del autogiro se hizo más confortable.

Otra de las mejoras necesarias en el autogiro era la reducción de su carrera de despegue ya que para conseguir un régimen del

rotor que permitiera el vuelo del aparato era necesario acelerarlo en tierra en una carrera de despegue desproporcionada frente a la de aterrizaje que era prácticamente nula. El embalamiento del rotor por medios mecánicos (cable arrollado al eje) con el autogiro parado se abandonó pronto y tampoco tuvo éxito inicialmente el lanzamiento por medio de un sistema mecánico accionado por el motor, probado en el autogiro C. 11 en 1930, debido a su excesivo peso. Juan de la Cierva, siempre buscando la simplicidad, pensó en un lanzamiento aerodinámico utilizando el soplo de la hélice deflectado hacia el rotor por medio del estabilizador horizontal. Los primeros intentos, con una cola monoplane, resultaron poco efectivos por lo cual Juan de la Cierva diseñó una cola biplana (cola de escorpión) que constituía, con las derivas laterales, un cajón deflector que demostró su eficacia en el autogiro C.12. El lanzamiento aerodinámico, aunque ingenioso y simple en su operación, suponía la fabricación de unas superficies aerodinámicas complicadas por lo que fue sustituido pronto por el lanzamiento mecánico por el motor cuando en Estados Unidos el español Heraclio Alfaro desarrolló un lanzador mecánico probado con éxito en uno de los autogiros de Pitcairn.

Otra de las obsesiones constantes de

Juan de la Cierva era conseguir que el autogiro pudiera alcanzar las velocidades de crucero de los aviones de la época con potencia y peso similares. Para ello era necesario reducir todo lo posible la resistencia aerodinámica tanto en el fuselaje como en el rotor. En cuanto al fuselaje Juan de la Cierva pensó en la utilización de fuselajes cerrados, de menor resistencia que los abiertos, y así lo hizo en los autogiros C.24 y C.29. La disminución de resistencia del rotor pasaba por la eliminación de los cables de suspensión de las palas, utilizando rotores con palas cantilever y topes de desplazamiento, y por una adecuada optimización del propio rotor disminuyendo su solidez, lo cual requería una disminución del número de palas y una selección de perfil que permitiera obtener la sustentación requerida con un buen rendimiento aerodinámico. La aplicación de esta filosofía puede seguirse en el autogiro C. 19: el C. 19 Mk II tenía un rotor de 4 palas arriostradas con perfil simétrico G6429; con el motor A.S. Genet Major I de 105 hp alcanzaba una velocidad máxima de 132 km/h. El C. 19 Mk IV con un rotor de 3 palas cantilever con perfiles RAF34 y el mismo motor tenía una velocidad máxima de 164 km/h, lo que representaba una ganancia de un 24% (fig. 7).

CARGAS	MOTOR					VELOCIDADES			OTRAS ACTUAC.			AÑO	OBSERVACIONES	
	Relación E/Mtc	Carg. Discal (Nm ²)	Carga/área palas (Nm ²)	Modelo	Pot máxi (hp)	Relac. M/P (kg/hp)	Vmáx (km/h)	Vmin (km/h)	Relación Vmáx/Vmin	Vasc. (m/s)	Techo (ft)			Alcance (km)
0,683	60,0 74,3	351,5	Le Rhone Le Rhone 9Ja Le Rhone 9C	60 110 80	5,83 7,16		125 12	10,4			14000		1920 1922 1921	Dos rotores coaxiales No voló No voló
0,800	97,5	530,0	Le Rhone 9C Le Rhone 9Ja	80 110	6,25	88	56	1,6					1923 1923	1º autogiro que voló
0,840	97,4	1352,4	Le Rhone 9Ja	110	7,09	100	55	1,8	1,0				1924 1925	Demostración en UK
0,655	112,4 106,4 89,5	Clerget 9Bb	130 Clerget 9Bb	7,93 130	140 6,68	108 24	63 5,8	1,7 5,8	1,3				1925 1926 1926	1º autogiro UK 1º autogiro con pasajero
0,667	117,0		Hs8Fb	300	4,50	180							1926	Prototipo
0,724	108,7		Wolseley Viper	200	6,28	160			1,4				1926	
0,722	86,9		Clerget 9Bb	130	7,72	172							1927	
0,650	99,6	760,3	AS Lynx	180	6,39	109	25	4,4	0,6				1927	
0,708	97,0		AS Lynx IV	210	5,33	170	40	4,3	2,5		410		1928	Autogiro pedido por Weir
0,781	88,0		AS Lynx IV	210	4,84	170	40	4,3	3,8				1928	Autogiro para Italia
0,703	97,0		Wright J-5	220	5,09	180	40	4,5	5,1				1928	
0,761	72,6 74,7	554,2	AS Genet I AS Genet I	70 70	6,94 7,14								1927 1928	Prototipo No voló
0	98,3		ADC Airdisco	120									1928	Prototipo
0,7	79,9	532,7	Wright R-760	225	5,04								1929	Prototipo. Const. Loring
0,667	79,9		ADC Cirrus	90	77,33	145	40	3,6	2,5		337		1928	Prototipo
	79,9		Avro Alpha	100	6,60		40						1929	Prototipo
	79,9		Avro Alpha	100	6,60								1930	1º Autogiro hidro
			Wright R-760	225									1929	1º autogiro Francia
0,7	88,0		As Genet II	80	7,36	153	40	3,8	2,5		450		1929	1º autogiro prod. serie
0,6	94,9		AS Genet Maj.	105	6,05	132	40	3,3	2,5		8000	480	1929	
0,3	77,7	747,1	AS Genet Maj.	105	6,70	132	40	3,3	2,4		13000	280	1930	
0,694	81,7	1167,1	AS Genet Maj.	105	6,70	164	40	4,1	2,3		11200	430	1932	
0,677	81,7		AS Genet Maj.	105	6,70	164	40	4,1	3,2		14000	370	1932	Autogiro con rotor cantilever
0,9	81,7		AS Genet Maj.	105	6,70	160							1932	Rotor control directo
0,711	94,9		DH Gipsy III	120	6,80	177	40	4,4	3,0		9115	560	1931	Prototipo
0,1	63,7	1158,2	Pobjoy Catar.	85	5,76	164	40	4,1	4,0			500	1932	Const. en Francia
0,644	46,6		Douglas Dryad	40	6,80	160							1933	
0,4	121,8	2706,7	AS Panther IIA	550	4,12	260	33	7,9	7,6			450		No voló. Const. Westland
0,667	84,6		AS Genet Maj.	105	8,21	177	25	7,1	3,8		13125	460	1933	1er aut. control directo
0,667	80,0		AS Genet Maj.	140	5,83	193	28	6,9	5,0		15750	480	1933	
0,1	84,5	1965,1	AS Genet Maj.	140	6,15	178	51	3,5	3,8		8000	460	1934	Autogiro serie
			AS Genet Maj.	140									1934	
			Salmson 9Nd	203									1934	Despegue por salto
	103,7		Najer Rapier IV	385	3,54	332	35	9,9			25000		1934	Propuesta
	100,2	2132,2	DH Gipsy Six	200	4,31	290	32	9,1	6,1		16000		1934	Prototipo
0,717	105,4	2774,4	Gnome Rhone	350	6,57	220	45	4,9			14750	750	1934	Prototipo
0,692	61,4	2115,7	Salmson 9Nd	203	4,35	193			5,0			3,20	1939	Ultimo autogiro UK

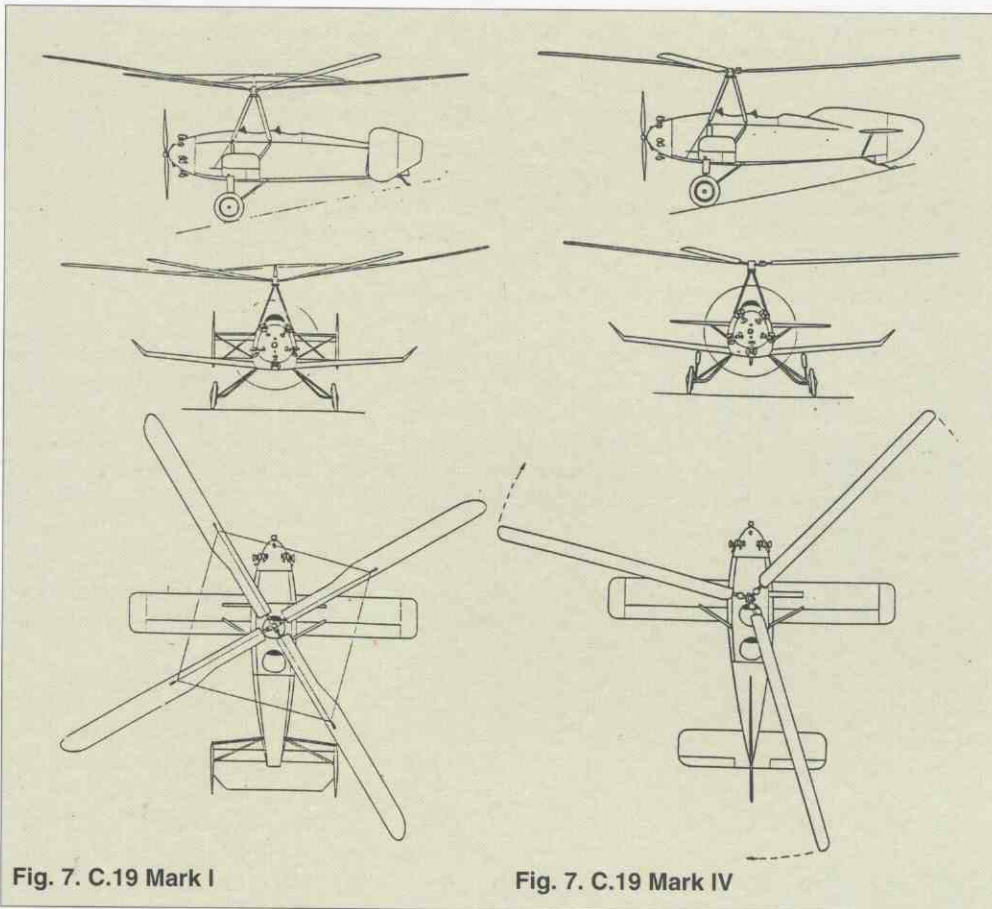


Fig. 7. C.19 Mark I

Fig. 7. C.19 Mark IV

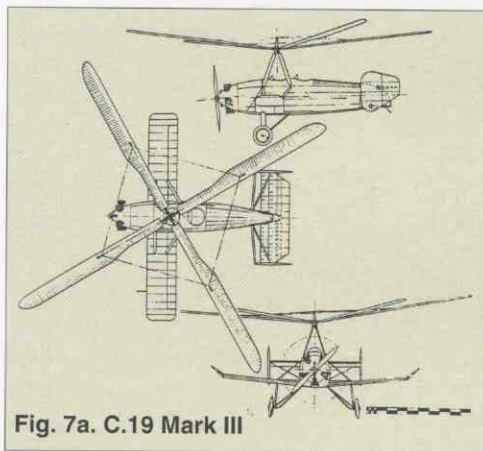


Fig. 7a. C.19 Mark III

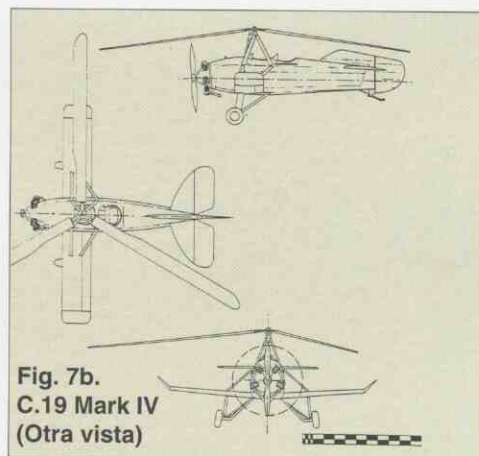


Fig. 7b.
C.19 Mark IV
(Otra vista)

LOS ULTIMOS DESARROLLOS

DESDE LOS PRIMEROS VUELOS del C.4 el control lateral del autogiro había sido confiado a alerones, primero montados sobre una viga transversal y después sobre un ala. Pero Juan de la Cierva, que deseaba eliminar el ala fija del autogiro, siempre pensó que el verdadero sistema de control, tanto longitudinal como lateral, estaba en poder inclinar el plano del rotor respecto al fuselaje, consiguiendo así un mando eficaz e independiente de la velocidad de vuelo. De hecho intentó el control lateral en el C.4 por este procedimiento y parece ser que volvió a intentarlo en los modelos C.10 y C.11 en 1928 sin éxito, debido a las fuerzas excesivas que aparecían en el mando. Sin embargo, Juan de la Cierva continuó buscando una solución que encontró finalmente en una cabeza de rotor montada sobre una articulación universal en el eje, de tal forma que podía inclinarse en cualquier dirección. Sus ensayos se realizaron sobre un C.19 modifica-

do (monoplaza sin alas fijas), designado C.19 Mk V (G-ABPX). Los ensayos se llevaron a cabo en marzo de 1932 y la patente de este nuevo sistema se solicitó en el Reino Unido en diciembre de 1933. Con ello Juan de la Cierva había conseguido un rotor capaz de sustentar y controlar el autogiro sin necesidad de acudir a cambio de paso cíclico ni colectivo en un alarde de ingenio que dio origen al más simple de los rotores sustentadores y controladores que se pueda imaginar.

Este tipo de rotor fue la base del autogiro C.30 (fig. 8), modelo con diversas variantes que incluyen cambios de los perfiles iniciales Gö429 ó RAF34 por el Gö606 y, finalmente por el NACA 23012 buscando reducir las vibraciones producidas por un momento de torsión variable en las palas inherente a los perfiles de gran curvatura. El C.30 ha sido, junto al C.19, el tipo de autogiro más conocido de todos los desarrollados por Juan de la Cierva, ya que entre 1933 y 1939 se llegaron a producir más de 180 ejemplares en el Reino Unido, Francia y Alemania demostrando

su utilidad práctica en vuelos a baja velocidad y próximos a tierra durante la Segunda Guerra Mundial.

Pero el ingenio de Juan de la Cierva seguía en plena actividad e inmediatamente se aplicó a otro problema: la anulación de la carrera de despegue del autogiro mediante el despegue por salto. La idea y la solución, como era habitual en Juan de la Cierva, fueron simples y eficaces. Una articulación de batimiento, situada en el plano de cuerdas de la pala pero inclinada respecto al eje de la misma obliga a que todo movimiento de batimiento vaya acompañado de un cambio de paso de la pala; análogamente una articulación de arrastre, situada en el plano definido por los ejes de la pala y del rotor pero inclinada respecto a ellos (no normal al eje de pala) obliga a que un movimiento de arrastre vaya acompañado de un cambio de paso (fig. 9). Juan de la Cierva aprovechó este último efecto para acelerar el rotor, con el autogiro frenado, hasta una velocidad de rotación superior a la nominal, con las palas apoyadas en el tope posterior de arrastre y con un paso de sustentación nula; al desembragar el motor las palas se separaban de este tope y, en su movimiento de arrastre, aumentaban el paso consiguiendo de este modo la sustentación necesaria para despegar el autogiro en un salto de 4 a 5 m; entre tanto la hélice impulsaba el autogiro para conseguir la velocidad de avance necesaria para mantener la autorrotación del rotor al régimen nominal. El sistema se ensayó en el prototipo del autogiro C.30 (G-ACFI) en agosto de 1933 y requirió diversos perfeccionamientos, debido a los problemas de vibraciones y resonancia en el suelo asociados a un movimiento de arrastre sin amortiguamiento. Sin embargo se hicieron varias demostraciones con éxito, entre ellas la del 23 de julio de 1936 con un autogiro C.30 dotado del rotor denominado autodinámico, pocos meses antes de la muerte en accidente de aviación de Juan de la Cierva, acaecida en Croydon el 9 de diciembre de ese mismo año, cuando el genial inventor seguía en plena actividad creadora.

POSIBILIDADES DEL AUTOGIRO PREVISTAS POR SU INVENTOR

JUAN DE LA CIERVA ERA UN INGENIERO con una profunda formación en ciencias básicas, característica de los Ingenieros de Caminos de aquella época, que se esforzó en aplicar sus conocimientos al desarrollo de una aeronave de su invento muy singular para su tiempo. Una de sus obsesiones fue hacerla competitiva con los aviones de peso y potencia similares, para lo cual preveía la necesidad de reducir la resistencia parásita, utilizando un tren de aterrizaje plegable, superficies de cola cantilever y un pilón soporte del rotor de mínima resistencia. También pensó en la reducción de la solidez del rotor situándola en valores próximos al 5 %, lo que le permitía aumentar la velocidad máxima llegando a valores que podrían superar los 300 km/h. Con una relación de velocidad

des máxima a mínima cercana a 10:1 la utilización de hélices de paso variable, también prevista por Juan de la Cierva, habría mejorado de forma notable las actuaciones del autogiro. En su informe nº 56 para la Compañía "Cierva Autogiro Co." de 9 de abril de 1934, presentaba las estimaciones de características de dos autogiros de tren retráctil, los C.31 y C.32, con motores de 385 hp y 200 hp y masas máximas de 1360 kg y 860 kg respectivamente: las velocidades máximas del autogiro podrían superar los 300 km/h y las ascensionales los 8,5 m/s (500 m/min). Análogas predicciones pueden encontrarse en el libro de Tomás Martín-Barbadillo: "El Autogiro: Ayer, hoy, mañana ...", Espasa-Calpe, 1935, en el que su autor preveía autogiros de hasta 10 plazas, con una carga útil de 1750 kg y motor diesel de 700 hp (tabla I).

La evolución de las características técnicas de los autogiros de Juan de la Cierva puede seguirse en la tabla II. Fue pasando progresivamente desde rotores de palas arriostradas y gran solidez a los de palas cantilever y solidez pequeña, adoptados posteriormente por los helicópteros. Del control por medio de alerones y superficies de cola convencionales, que necesitan una cierta velocidad de avance para ser eficaces, pasó al mando directo por inclinación del eje del rotor, sin necesidad de incorporar el plato oscilante para mando de paso cíclico. Eliminó completamente el ala fija, ahorrando así peso y costes de fabricación. Ideó la forma de acelerar el rotor sin necesidad de obligar al autogiro a rodar sobre el suelo y consiguió hacer "saltar" al autogiro para anular la carrera de despegue.

Cuando se entra ya en un análisis concreto de las cifras puede verse como disminuyó la solidez de sus rotores desde un 18% en el C.4 a cifras próximas al 5%, para reducir la resistencia parásita del rotor, al mismo tiempo que aumentaba la esbeltez de pala y la velocidad de punta colocando a los perfiles en una situación óptima de autorrotación; no obstante las velocidades de punta de pala están lejos de las que se utilizan actualmente en los helicópteros, pero también las cargas discales, que mantuvo siempre entre 75 y 110 N/m², eran inferiores a las habituales en los helicópteros.

Consiguió cifras de relación entre velocidad máxima y mínima en vuelo horizontal que estaban entre 4:1 y 8:1 lo cual es notable para una aeronave con hélice propulsora de paso fijo.

Las velocidades máximas ascensionales no eran muy altas, pero hay que tener en cuenta que siempre utilizó relaciones

peso/potencia bastante más elevadas que las de los aviones.

La relación masa vacío/masa máxima fue siempre alta, del orden de 2/3, pero eran también valores habituales para los aviones con una estructura de tubo de acero soldado recubiertos de tela y con formeros de madera.

Es evidente que de haber continuado la actividad de Juan de la Cierva habría saca-

EPILOGO

LA MUERTE DE JUAN DE LA CIERVA truncó, sin duda, un camino de realizaciones que, sin él, derivó hacia la solución más complicada del rotor del helicóptero, con su reductor y transmisión mecánica de potencia más el control por medio del cambio de paso cíclico y colectivo. A cambio de ello se consiguió el vuelo a punto fijo que el autogiro es incapaz de hacer.

Sin embargo la seguridad del helicóptero en el caso de fallo de motor sigue descansando en la capacidad de sustentación de un rotor en autorrotación demostrado por Juan de la Cierva. Las articulaciones de batimiento y arrastre, reales o ficticias, siguen siendo esenciales para el buen comportamiento estructural y aerodinámico de los rotores.

No hay actualmente ninguna publicación seria sobre aeronaves de alas giratorias que no reconozca el valor de la aportación de Juan de la Cierva al desarrollo de estas aeronaves. En él se dieron una conjunción de características difícilmente repetibles: su excelente formación básica y su capacidad para aplicarla a realizaciones concretas; su tenacidad para proseguir el desarrollo de sus ideas sin desanimarse por las numerosas dificultades que se le fueron presentando; la búsqueda constante de un perfeccionamiento, sin darse por satisfecho con lo conseguido y aplicando siempre el principio de solución más simple para la consecución de los objetivos propuestos.

Juan de la Cierva es, sin duda, el ejemplo más claro de lo que debe ser un ingeniero para aportar su esfuerzo al progreso de la humanidad. ■

REFERENCIAS

Libros

El Autogiro: Ayer, hoy y mañana. Tomás Martín Barbadillo. Espasa-Calpe, 1935

The Autogiro and how to fly it. Reginald Brie. Sir Isaac Pitman & Sons Ltd, 1935

Autogiro: Juan de la Cierva y su obra. Jose Warleta Carrillo. Instituto de España, 1978

Cierva Autogiros: The Development of Rotary-Wing Flight. Peter W. Brooks. Airlife Publishing Ltd., 1988.

Artículos

Juan de la Cierva y su contribución al desarrollo de las aeronaves de alas giratorias. Pedro Blanco Pedraza. I conferencia Juan de la Cierva, 1958.

The Era of the Autogiro. J.A.J. Bennett. First Cierva memorial lecture to the RAeS, 1961.

Siete etapas de la historia del Autogiro. José Warleta Carrillo. XXI conferencia Juan de la Cierva, 1979.

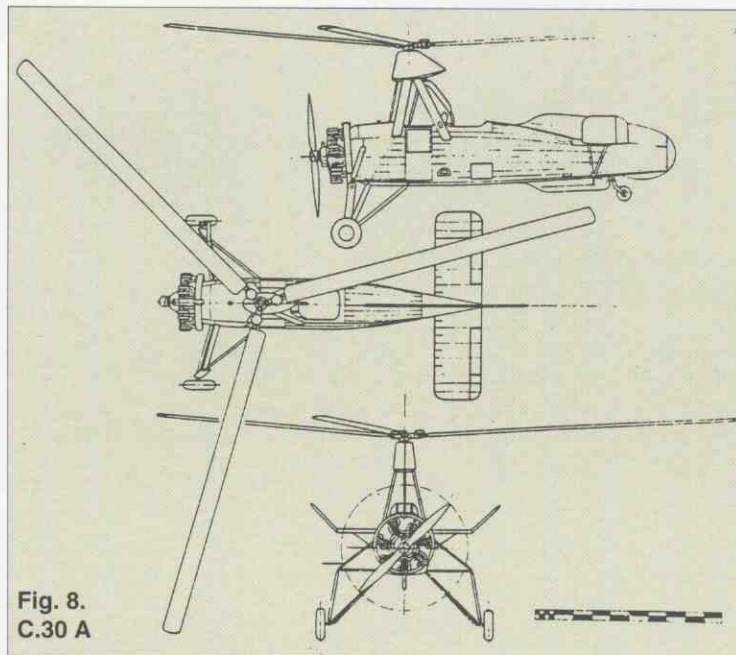
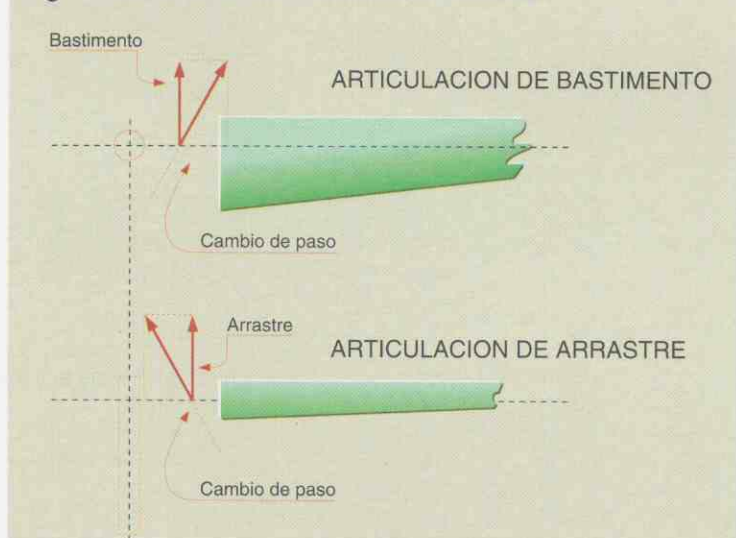


Fig. 9. Efecto de las articulaciones inclinadas



do pleno partido de la mejora de rendimiento propulsivo de las hélices de paso variable, de la disminución de resistencia aerodinámica del tren de aterrizaje retráctil, de la reducción de masa en vacío que permite la construcción de estructuras monocasco de aleación ligera y, más recientemente, de los materiales compuestos, así como de la ganancia en masa de los motores turbohélices más combustible en alcances del orden de 300 a 400 km, típicos del autogiro.

Es muy posible que el autogiro se hubiera consagrado como una aeronave hermana del helicóptero que, sin tener la capacidad de efectuar el vuelo al punto fijo como este último, es más barato, más fácil de volar y más eficiente en muchas misiones.